МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК

Материалы Международной
научно-практической конференции

(*Минск, 5–6 июня 2024 года*)

Минск
БГАТУ
2024

УДК 631.173.4

Современные проблемы и пути развития технического сервиса в АПК : материалы Международной науч.-практ. конф. (Минск, 5–6 июня 2024 года) / редкол.: Л. М. Акулович [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2024. – 328 с. – ISBN 978-985-25-0258-0.

Сборник включает статьи, представленные на международную научно-практическую конференцию «Современные проблемы и пути развития технического сервиса в АПК». Отражены результаты обзора литературных источников, анализа актуальных вопросов и проблем, предложены оригинальные схемы, конструкции различных машин и приборов.

Издание представляет интерес для специалистов агропромышленного комплекса, научных и научно-педагогических работников сельскохозяйственного направления, бакалавров, магистрантов, студентов, аспирантов и руководителей сельскохозяйственных предприятий.

Редакционная коллегия:

Акулович Л. М.	д-р техн. н., профессор, профессор кафедры технологии металлов (гл. редактор).
Члены коллегии:	
Еднач В. Н.	канд. техн. н., доцент, декан факультета «Технический сервис в АПК»;
Тарасенко В. Е.	канд. техн. н., доцент, заведующий кафедрой технологий и организации технического сервиса;
Толочко Н. К.	д-р физ.-мат. н., профессор, профессор кафедры технологий и организации технического сервиса

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

ISBN 978-985-25-0258-0

© БГАТУ, 2024

УДК 631.8

Карпович С.К., кандидат экономических наук, доцент;
Матвейчук А.С., кандидат технических наук;
Бабич Е.М.

Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь

ХОД РЕАЛИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНОГО «ПРОЕКТА БУДУЩЕГО» «ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ»

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы применения систем точного земледелия в условиях Республики Беларусь.

Abstract. The article discusses the application of precision farming systems in the conditions of the Republic of Belarus.

Ключевые слова. точное земледелие, аэрофотосъемка, спутниковая съемка, дистанционный мониторинг почвы, цифровая платформа.

Keywords. precision farming, aerial photography, satellite imagery, remote soil monitoring, digital platform.

Точное земледелие – это система сельскохозяйственного менеджмента, направленная на планирование и ведение хозяйственной деятельности на основе оперативного управления производством продукции растениеводства.

Суть точного земледелия заключается в том, что технология обработки полей выполняется в зависимости от реальных потребностей выращиваемых в данном месте сельскохозяйственных культур. Накопление информации о выполняемых технологических операциях на конкретном участке поля позволяет применять различные виды анализа с целью получения максимума отдачи на каждый вкладываемый в технологию рубль.

Точное земледелие в первую очередь строится на анализе данных, получаемых из различных источников, основные из которых: химический анализ почвы, составление карт урожайности культур, аэрофотосъемка, спутниковая съемка, дистанционный мониторинг почвы и растений при помощи оборудования на сельскохозяйственных машинах, данные об урожайности за предыдущие годы (не менее 5 лет) и др.

Современная концепция точного земледелия является в некотором смысле развитием идей программирования урожайности, основанных на реальных данных, которые получают при помощи различных методов зондирования и обработки информации специальными программами, позволяющими на основе полученных данных планировать работы, рассчитывать себестоимость, прогнозировать урожай.

На современном этапе развития в системе точного земледелия используются: мобильное оборудование для отбора проб почв, оборудование для дистанционного зондирования полей с установленным на них оборудованием для фотосъемки, машины для внесения минеральных удобрений и средств защиты растений, сеялки и посевные агрегаты с автоматизированным приводом регулирующих механизмов, уборочная техника, а также различное вспомогательное оборудование, предназначенное для измерения площадей, картирования полей, управления агрегатами и других операций, использующих сигналы спутниковых навигационных систем.

Отечественными промышленными предприятиями выпускается техника, оснащенная элементами системы точного земледелия.

В частности, тракторы МТЗ с системой параллельного вождения, зерноуборочные комбайны производства ОАО «Гомсельмаш» с системами, позволяющими автоматически обрабатывать показатели урожайности и обеспечивать движение комбайна точно по заданному маршруту, мобильное оборудование для отбора проб почв (ООО «Агромашресурс»), акустические датчики, позволяющие рабочим органам сельскохозяйственных машин копировать рельеф поверхности поля (ОАО «Измеритель»), рассеиватели минеральных удобрений РМУ-8000 (ОАО «Щучинский ремонтный завод»), опрыскиватели РОСА (ООО «Агромашресурс») и ОВС-4224 (ОАО «Лидагропроммаш»), оснащенные системой дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений.

Вместе с тем, система точного земледелия включает в себя не только оснащение сельскохозяйственной техники указанными элементами, но и, в первую очередь, определение фактических размеров полей и их границ, агрохимическое обследование полей, составление карты урожайности; создание на их основе многослойной электронной карты полей, формирование карты-задания для переноса в бортовой компьютер трактора или сельскохозяйственной машины в целях выполнения ими технологических операций в соответствии с картой и текущим положением при помощи системы глобального позиционирования.

В настоящее время уровень развития технологий позволяет выпускать и эксплуатировать «умные» машины и оборудование, способные автоматически отслеживать выполнение технологических операций, например, для отбора проб почвы, дифференцированного внесения удобрений, подготовки почвы, обработки посевов, картирования урожайности.

В то же время наличия таких машин и оборудования недостаточно для реализации системы точного земледелия в целом.

В рамках Цифровой платформы «Точное земледелие» предлагается объединить разрозненные элементы системы точного земледелия в единый программно-аппаратный комплекс.

Таким образом, ключевыми аспектами точного земледелия являются:

- создание цифровой основы предприятия, электронных карт полей и базы данных (определение контуров полей и выделение элементарных участков, проведение агрохимического анализа почв каждого элементарного участка (отбор почвенных образцов с привязкой к координатам, агрохимический анализ почв в соответствии с цифровыми картами неоднородности), создание карты рельефа и продуктивности);
- использование геопространственных данных;
- оснащение техники системами автоматического вождения и применение управления прицепными орудиями;
- контроль и управление основными технологическими операциями от обработки почвы до уборки урожая;
- принятие решений на основе искусственного интеллекта и аналитики баз данных;
- обучение персонала.

В соответствии с Планом мероприятий по реализации комплексного «проекта будущего» «Точное земледелие», утвержденного Правительством, Минсельхозпродом совместно с другими заинтересованными осуществляется поэтапная реализация мероприятия «Создание типовой цифровой платформы «Точное земледелие».

Срок реализации мероприятия: 2021–2025 годы. Заказчики мероприятия: Минсельхозпрод, облисполкомы, Минпром, НАН Беларуси.

Организации-исполнители мероприятия: Минсельхозпрод, Минсвязи, Минпром, НАН Беларуси, Госкомимущество, Минприроды, Госкомвоенпром, облисполкомы, заинтересованные райисполкомы, базовые сельскохозяйственные организации, ООО «Технологии земледелия», ООО «Белорусские облачные технологии», иные организации (определяются в установленном порядке на конкурсной основе).

В 2021–2023 годах Минсельхозпродом совместно с заинтересованными разработана Концепции реализации системы точного земледелия в Республике Беларусь, облисполкомами определены базовые сельскохозяйственные организации (по одной в каждой области республики), утвержден Комплексный проект (план) по реализации системы точного земледелия в Республике Беларусь.

В 2023 году в Минсвязи направлены заявка, паспорт и техническое задание на мероприятие «Создание информационно-аналитической системы «Цифровая платформа точного земледелия» (первая очередь)», проведен комплексный анализ материально-технической базы и производственно-экономических показателей базовых сельскохозяйственных организаций.

Минпромом совместно с Госкомвоенпромом, промышленными предприятиями, Минсельхозпродом ведется работа по определению номенклатуры автоматизированных систем управления (АСУ) и комплектующих, требующих разработки, определению организаций и промышленных пред-

приятий, на которых планируется их производство, оснащению сельскохозяйственной техники, машин и агрегатов АСУ для реализации технологии точного земледелия, обеспечивающими взаимодействие с Цифровой платформой точного земледелия, а также, совместно с облисполкомами, по оснащению базовых сельскохозяйственных организаций указанной техникой.

ОАО «Минский тракторный завод» проведены испытания и согласована конструкторская документация на систему навигационного автоматического управления BELARUS/TTZ Hidro Pro с функцией управления орудиями ISOBUS для тракторов BELARUS серий 1500-5000, а также системы навигационного автоуправления BELARUS/TTZ Hidro Pro без функции ISOBUS.

ОАО «Гомсельмаш» завершены испытания 2-х систем автовождения при уборке злаковых культур и уборке кукурузы на зерно: системы автовождения с управлением через гидроблок на GH810 № 0001 и системы автовождения с электроприводом рулевого колеса на зерноуборочный комбайн GH810 № 0002. По результатам испытаний одобрены к применению на зерно- и кормоуборочных комбайнах системы автоматического вождения TTZ Pro и TTZ G Pro. С целью расширения функциональных возможностей систем в 2024 году планируется продолжить их испытания с управлением через гидроблок со станцией РТК. Также проводятся испытания системы «Картирование урожайности TTZ» для зерноуборочных комбайнов.

ОАО «Лидагропроммаш» проведены испытания и одобрена к применению для самоходного опрыскивателя система навигационного автоматического управления TTZ G Pro.

ООО «Элезер» и ОАО «Лидагропроммаш» ведется разработка системы управления сеялкой с шириной захвата 12 метров.

ОАО «Пеленг» и ОАО «Гомсельмаш» реализуется проект по созданию автоматизированной системы вождения зерноуборочного комбайна и автоматизированной системы контроля качества зерна. Разработаны опытные образцы указанных систем, в период уборочной кампании 2023 года проведены их испытания. В 2024 году планируется продолжение работ в части улучшения конструктивного исполнения и доработки программного обеспечения.

Кроме того, Госкомвоенпромом создан макет автоматической агрометеорологической системы и выражена заинтересованность в разработке других систем для автоматизации сельскохозяйственной техники по техническим требованиям заказчика.

Также ведется работа по оснащению сельскохозяйственных, в том числе базовых организаций областей техникой, машинами и агрегатами с АСУ для реализации технологии точного земледелия».

Неразрывно от разработки и производства указанной техники происходит и процесс обучения специалистов инновационным методам ведения сельского хозяйства.

Важным звеном системы аграрного образования являются профильные классы аграрной направленности (агроклассы) в государственных

учреждениях образования, функционирующие с 2018 года, в которых в 2023/2024 учебном году обучается свыше пяти тысяч учащихся, на повышенном уровне изучающих профильные учебные предметы и дополнительно осваивающих содержание учебной программы факультативных занятий «Введение в аграрные профессии».

С 2023 года в республике реализуется проект АгроНТРИ, который позволяет получить полное представление о цифровизации аграрной отрасли и открывает абсолютно новый мир – мир современного и высокотехнологичного сельского хозяйства.

Теперь любой ученик сельской школы может изучать робототехнику, беспилотные аппараты, космические технологии, цифровые ульи, метеостанции и биотехнологии.

Вовлечение детей, начиная с дошкольного возраста, во внутрипроизводственные процессы позволит расширить кругозор и понимание важности каждого элемента сельского хозяйства, а в дальнейшем обеспечит развитие аграрной отрасли и цифровых решений во всех сегментах АПК за счет подготовки высококвалифицированных специалистов.

УДК 631.171

Годжаев З.А., заместитель директора по инновациям, д.т.н., профессор, член-корр. РАН[1];
Лавров В.А., заведующий лабораторией, к.т.н.[1];
Горгодзе А.Р., руководитель комитета промышленной кооперации, науки и образования Союза промышленников «Прогресс»[2].
[1] ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Россия.
[2] Комитет промышленной кооперации, науки и образования Союза промышленников «Прогресс», Россия.

СИСТЕМА МАШИН, КАК ГЛАВНЫЙ АСПЕКТ НАУЧНО-ОБОСНОВАННОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬХОЗМАШИНОСТРОЕНИЯ СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы разработки системы машин и технологий (СМТ) для комплексной механизации сельскохозяйственного производства до 2035 года и на период до 2050 года.

Abstract. The article discusses the development of a system of machines and technologies (SMT) for the integrated mechanization of agricultural production until 2035 and for the period up to 2050.

Ключевые слова. Системы машин и технологий, параметры машины, сельхозмашиностроение.

Keywords. Systems of machines and technologies, machine parameters, agricultural machinery.

Что есть система машин, и для каких целей её создавали и обновляли? В первую очередь – это комплексный развёрнутый справочник и нормативный документ одновременно.

В основе этого документа всегда стояло понятие «ТИПАЖ», как совокупность научно-обоснованных параметров машин. То есть в типаже может быть множество моделей и марок техники, объединяемых общими показателями назначения.

Таким образом, большой труд, под сокращённым названием «Система машин» являлся документом, определяющим научно-технологическую политику государства.

В СССР система машин разрабатывалась для всех республик и являлась одним из главных документов, определявших техническую политику и перспективы развития с/х машиностроения. Постепенно она утрачивала значение по мере возникающих рыночных отношений.

Система 1995 года, несмотря на привязку технических средств к технологическим системам, также строилась на принципах директивности. В условиях формирования рыночных отношений она не была востребована ни сельскохозяйственной практикой, ни сельхозмашиностроением и практически себя изжила. Следует отметить, что эта система машин вобрала в себя не только технику для сельского хозяйства, но и оборудование для перерабатывающей промышленности, технического сервиса, частично энергетики. Но и это не подняло престиж такого нормативного документа.

К примеру, последняя СМТ в Российской Федерации, 2012 года была востребована Минпромторгом и получила признание в широких кругах научной общественности. При этом надо отметить, что в Республике Беларусь, в настоящее время, утверждена Системы машин для реализации перспективных технологий производства основных видов сельскохозяйственной продукции в Республике Беларусь на 2021-2026 годы и на период 2030 года.

В условиях, когда рыночные отношения в экономике стали определяющими, когда законодательно разграничены функции государства и производства, основанного на частной собственности, новая система машин должна быть построена на сочетании требований государства по технической и экологической безопасности и информированности товаропроизводителей. Она может быть востребована только при наличии к ней интереса со стороны, как государства, так и разнообразных ее потребителей. Это должно служить базой построения СМТ. Она должна служить ориентиром дальнейшего развития с/х машиностроения и агропромышленного производства.

Исторически, необходимость описания типажей машин и систематизации в единый документ сложилась на рубеже 40-50 годов прошлого столетия. Быстро развивающемуся государству требовалось расширение ассортимента потребляемых продуктов, что влекло за собой создание и освоение интенсивных техноло-

гий в сельскохозяйственном секторе. Парк машин был очень разномарочный. Жизненно важно стало создание и освоение собственных агротехнологий, основывающихся на собственных машино-тракторных комплексах, адаптированных ко всем почвенно-климатическим условиям большой страны.

Необходимость документа обусловлена тем, что для научно-обоснованного принятия решений по государственной поддержке тех или иных машин, требуется наличие технико-технологических требований, которым должны соответствовать показатели назначения этих машин, орудий и агрегатов. Так как, на сегодняшний день, например, нормы, предусмотренные Постановлением Правительства РФ №740, опираются на требования стандартов сорокалетней давности и не учитывают требования к таким машинам, как тракторы выше пятого тягового класса.

Функционально СМТ должна стать нормативно-информационным документом, оптимизирующим типаж техники на рынках Беларуси и России, и регулирующим программу разработки машин.

Новая СМТ, представляющая важный блок инженерно-технологической сферы, должна быть главным инструментом стратегии ее развития. В СМТ включатся: перспективные типажи технических средств, которые будут разрабатываться в долгосрочном плане; приоритетные машины, рекомендуемые к государственной поддержке с учетом обязательных и информационных требований по исполнению технологических операций и возможность конкурировать на рынке машин.

Функционально СМТ должна стать нормативно-информационным документом, оптимизирующим типаж техники на рынке Союзного государства и регулирующим программу разработки машин.

Группы требований к технике, включаемой в СМТ, можно подразделить:

- на нормативные, обязательные к исполнению всеми участниками ее разработки (наукой, КБ), производителями машин и их потребителями, посредниками и надзорными органами;
- информационные, рекомендуемые к исполнению.

Обязательными условиями СМТ являются государственные требования по безопасности машин (защита здоровья человека, животного, защита растений, экологические ограничения и т.д.) с гармонизацией параметров безопасности с мировыми требованиями. Исполнение этих условий осуществляется технологическими и техническими факторами.

Основной интерес к этой группе обязательных ограничений, принятых в СМТ, видится со стороны государства. Можно надеяться, что государство выступят в качестве заказчика СМТ, рассматривая её как основной инструмент реализации нормативных актов. В этом плане обязательные ограничения выступают в качестве нормативных регуляторов оптимизации парка машин в сельском хозяйстве.

Как предложение решения выбора формата нового документа, следует рассмотреть введение стандарта, аналогичного техническим регламентам, как, например, стандарт одобрения типа машин в автомобильной промышленности.

Информационная функция СМТ позволит обосновано прогнозировать следующее:

1) складывающаяся в перспективе конъюнктура на рынке машин, какие параметры техники и для каких технологий будут в будущем востребованы;

2) определение параметров машин для реализации достижений научно-технического прогресса, освоения разной группы интенсивности в характеристиках машин с учетом запроса потребителей;

3) «отраслевые» требования по взаимоувязке параметров машин при их агрегатировании; известно, что транснациональные компании в этом плане «саморегулируются», производя полный комплекс машин. В странах Союзного государства при раздробленности производства техники, отсутствии интегрированности предприятий СМТ должна быть своеобразным «сборочным цехом» для оптимального агрегатирования машин при выполнении агротехнологий.

Таким образом, СМТ должна формироваться на принципах исполнения:

- государственных требований безопасности производства, продукции и ландшафтов, а также ценовых ограничений по этапам развития сельского хозяйства для выравнивания индекса цен на продукцию сельского хозяйства и промышленности;

- требований технологий производства сельскохозяйственной продукции;

- потребностей рынка техники с учетом его прогнозных изменений;

- научно-технического прогресса и его гармонизации с мировыми достижениями;

- главное – интересов государства в безопасности аграрной системы, а также интересов сельскохозяйственных потребителей, производителей техники и сферы инженерных услуг в получении прибыли.

С учетом изложенной концепции построения машинно-технологической системы представляется целесообразной следующая структура (форма) СМТ.

1. Наименование машин по разделам (начинать изложение с мобильных энергетических средств с номера по порядку или шифру), технологические операции, технологический адаптер.

2. Типоразмер (мощность двигателя, класс тяги).

3. Требование технического регламента по безопасности – для собственного рынка и с учетом гармонизации с мировыми стандартами.

4. Технический уровень и соответствие мировым показателям (например, соотнесение к принятому поколению техники).

5. Техническая надежность, проектная.

6. Агрозона применения и тип технологии по интенсивности.

7. Новый или модернизированный образец, расчетная потребность.

8. Техника, которая включена в СМТ, имеющая важное значение и рекомендована к государственной поддержке, должна иметь условную марку.

9. В СМТ выделяется специальный раздел цифровизации, в котором будут отражены все разработки в области инновационных перспектив автоматизации и роботизации сельскохозяйственного производства.

Организационно представляется важным обсудить следующие предложения.

Во-первых, было бы целесообразным разрабатывать СМТ на период до 20 лет с возможностью корректировки по пятилеткам.

Во-вторых, она должна быть гармонизирована с типажом машин, производимых транснациональными компаниями сельхозмашиностроения и рекомендованных на рынок стран Союзного государства.

В-третьих, СМТ целесообразно трансформировать в машинно-технологическую систему (СМТ), имея в виду примат технологий в построении системы техники.

В-четвертых, машинно-технологическая система должна соответствовать ландшафтным и экономическим параметрам агрозон, районирование комплекса машин с учетом почвенно-климатических условий. Кроме этого должна быть привязка каждого типа машины к технологической операциям и агрегатирование с определенным тяговым классом трактора. Типажи машин, соответствующие техническим требованиям для каждой агрозоны.

В-пятых, СМТ должна быть отцифрована с таким расчетом, чтобы один-два клика и выводилась вся необходимая информация по отдельным типажам технических средств, включая экономическую и технологическую обоснованность данной позиции.

В-шестых, разработать нормативно-правовую базу и комплекс мер государственной поддержки для сельхозмашиностроительных предприятий, выпускающих технику, включенную в СМТ.

Есть группа вопросов, в решении которых заинтересованы все участники формирования парка машин и их пользователи и которые целесообразно отразить в СМТ. К ней, например, относятся:

- Научно-технологический прогресс. Государство берет на себя формирование новых знаний и их публикацию в открытой печали (Систему технологий в Беларуси и России, требования безопасности, аграрную политику, достижения инженерной науки и т.д.). Сельхозмашиностроители могут брать эту информацию, формируя свою программу действий через развитие собственной исследовательской и проектной базы, обеспечивая конкурентоспособность своей продукции, как это делается за рубежом.

- Пользование услугами посредников – сети проектных, консалтинговых структур, технологического и технического аудита и т.д.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

СМТ будет информационно-нормативным документом, представляющий интересы потребителей и сельхозмашиностроителей в Союзном

государстве. Заказчиком этой работы, по нашему мнению, может выступать Постоянный Комитет Союзного государства.

СМТ станет постоянным источником научно-обоснованных требований, предъявляемым государствами к показателям назначения машин и научной основой для принятия стандарта, аналогичного техническим регламентам, как, например, стандарт одобрения типа машин в автомобильной промышленности.

Новая прогрессивная техника, которая будет попадать на рынок, составит достойную конкуренцию зарубежным машинам. От этого выиграют государства, в том числе товаропроизводители Беларуси и России и, повторимся, главное – совпадение интересов государства в безопасности аграрной системы, а также интересов сельскохозяйственных потребителей, производителей техники и сферы инженерных услуг в получении прибыли.

УДК 631.171/.173

Сайганов А.С., доктор экономических наук, профессор,
главный научный сотрудник;
Русакович А.Н., кандидат экономических наук, доцент,
заведующий сектором кооперации

*ГП «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь*

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИННОВАЦИОННОМУ РАЗВИТИЮ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Аннотация. Рассмотрены особенности осуществления инновационного развития материально-технической базы сельского хозяйства. Представлены современны тренды инновационного развития аграрного сектора экономике. Сгруппированы основные инструменты активизации инновационной деятельности.

Abstract. The features of the implementation of innovative development of the material and technical base of agriculture are considered. Modern trends in innovative development of the agricultural sector of the economy are presented. The main tools for activating innovative activity are grouped.

Ключевые слова. Инновационное развитие, материально-техническая база, сельское хозяйство, агротехнопарки, информационно-консультационная служба, государственно-частное партнерство, коммерциализация.

Keywords. Innovative development, material and technical base, agriculture, agro-technoparks, information and consulting service, public-private partnership, commercialization.

Инновационное развитие материально-технической базы сельского хозяйства подразумевает массовое внедрение в агропромышленное производство современных достижений науки и техники. Значимость инновационного развития заключается в необходимости постоянного совершенствования производства с целью сохранения и наращивания конкурентных преимуществ выпускаемой продукции, выполняемых работ и оказываемых услуг.

Инновационное развитие основывается на непрерывном прохождении этапов соответствующей деятельности, включающей формирование идеи (поисковые научно-исследовательские работы) → фундаментальные и прикладные исследования (создание инноваций) → апробация (испытание инноваций) → продвижение (распространение инноваций) → массовое использование (получение эффекта от использования инноваций).

Существуют различные подходы к реализации инновационного развития, предполагающие разнообразные формы организации данного процесса, отличающиеся количеством участвующих субъектов (научные организации, учреждения образования, сельскохозяйственные и промышленные организации, органы государственного управления), формой их кооперации (мягкая или жесткая), уровнем согласованностью интересов и пр.

Инновационное развитие на основе мягкой формы кооперации предполагает организацию различных сетевых структур (партнерств), из которых наиболее известными и распространенными в мире являются кластеры. Последние представляют собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих предприятий из смежных отраслей, ориентированных на получение эффекта в результате построения взаимовыгодной системы отношений. В данных структурах здоровая конкуренция между участниками стимулирует инновационное развитие, ориентируя на совместное наращивание преимуществ. В кластерах осуществляется обмен информацией и компетенцией между участниками в результате чего они получают положительные эффекты от взаимодействия. В таких формированиях создается инновационная инфраструктура, поддерживающая трансфер современных достижений науки и техники в реальное производство.

В качестве перспективных субъектов инновационной инфраструктуры следует отметить агротехнопарки и сельскохозяйственную информационно-консультационную службу. В рамках кластерных структур агротехнопарки следует создавать по узконаправленным направлениям с целью апробирования инноваций в условиях массового производства для последующей распространения достижений науки и техники, доказавшей свою эффективность. В структуре агротехнопарков необходимо выделять следующие звенья: производственное, научное, образовательное, маркетинговое, управленческое [1]. На базе участников агротехнопарков могут

создаваться специализированные демонстрационные объекты, на которых целесообразно проводить обучающие мероприятия, обеспечивающие агитацию тиражирования эффективных инновационных разработок.

Для Республики Беларусь обоснованным является создание единой сельскохозяйственной информационно-консультационной системы, включающей информационно-консультационные центры республиканского, областного и районных уровней [1]. Деятельность предлагаемой системы должна быть направлена на поддержку, включая информирование и консультирование, агропромышленных товаропроизводителей при внедрении инноваций в реальное производство.

При функционировании жестких кооперативно-интегрированных структур, в том числе транснациональных, зачастую осуществляется инвестирование собственных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, ориентированных на создание инноваций, необходимых для развития объединения. Для осуществления таких НИОКТР могут привлекаться сторонние субъекты (учреждения образования, научные организации). Инвестирование исследовательской деятельности способствует аккумулирование финансовых ресурсов участников кооперативно-интегрированных структур.

Согласно докладу ученых Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» в настоящее время в Российской Федерации одним из трендов является рост развития крупных компаний-интеграторов, берущих под контроль все большие участки продовольственных систем, являющиеся локомотивами внедрения инновационных технологий и формирования глобальных цепочек создания добавленной стоимости [2].

В зарубежных странах отмечается тенденция создания транснациональными корпорациями венчурных фондов, в том числе специализированных, финансирующих инновационные стартап проекты агропромышленной направленности. Так, корпорация Syngenta учредила фонд Syngenta Ventures, Wilbur-Ellis – Cavallo Ventures, Danone – Danone Manifesto Ventures, Kellogg – Eighteen94 Capital, Campbell – Acre Venture Partners и т.д. [3].

Выделяют следующие формы венчурного финансирования:

– стартовые инвестиции – осуществляются на раннем этапе, являются наиболее рисковыми

– замещающее финансирование – привлечение альтернативных источников для замены доли внешних ресурсов;

– спасительное финансирование – финансирование потенциальных банкротств;

– финансирование отдельных операций – единовременный акт выделения средств на небольшой срок под конкретные цели;

– инвестиции в развитие компании – привлекаются на поздних этапах развития, являются альтернативой кредитованию [4].

Кроме того, перспективной формой финансирования инновационных проектов является краудинвестинг, реализация которого может включать следующие этапы:

1. Определение необходимого объема финансирования.

2. Выбор вида вознаграждения вкладчиков в зависимости от форм привлечения ресурсов: спонсорство (компенсация не предусмотрена), предварительная продажа или заказ (вкладчик получает раннюю версию продукта или возможность его приобретения по сниженной цене), кредитование (плата процентов за использование средств), участие в акционерном капитале (инвесторы получают долю в бизнесе).

3. Описание целей проекта и путей их достижения, включая: структуру собственности компании и инвестиций; состав и квалификацию управленческой команды; стадии разработки проекта; анализ рынка и возможностей; финансовый прогноз, в том числе калькуляцию расходов.

4. Экспертиза проекта.

5. Сбор денежных средств, реализуемая по следующим принципам:

– AON (All-Or-Nothing) – средства передаются организации только в случае сбора необходимой суммы в полном объеме, иначе деньги возвращаются вкладчикам;

– KIA (Keep-It-All) – организации передаются все собранные деньги, какую бы часть от изначально заявленной суммы они ни составляли [5].

Для повышения эффективности процесса трансфера технологий важно совершенствовать механизм взаимодействия между участниками – субъектами инновационного процесса, главным образом разработчиками и организациями реального сектора экономики. Достижение значительного роста производительности труда в агропромышленном производстве требует активизации внедрения инновационных процессов, в том числе сокращения сроков коммерциализации результатов научно-технической деятельности путем их широкого внедрения в реальном секторе экономики. Для обеспечения таких результатов разработана модель государственно-частного партнерства (далее – ГЧП), представленная на рисунке.

Роль государства сохраняется – финансирование НИОКТР для получения инновационных разработок в сфере АПК. В качестве представителя государства в модели выступает научная организация, выполняющая за бюджетные ресурсы инновационную разработку и ее коммерциализацию. В свою очередь в число частных партнеров входят организации реального сектора экономики, заинтересованные в использовании инноваций.

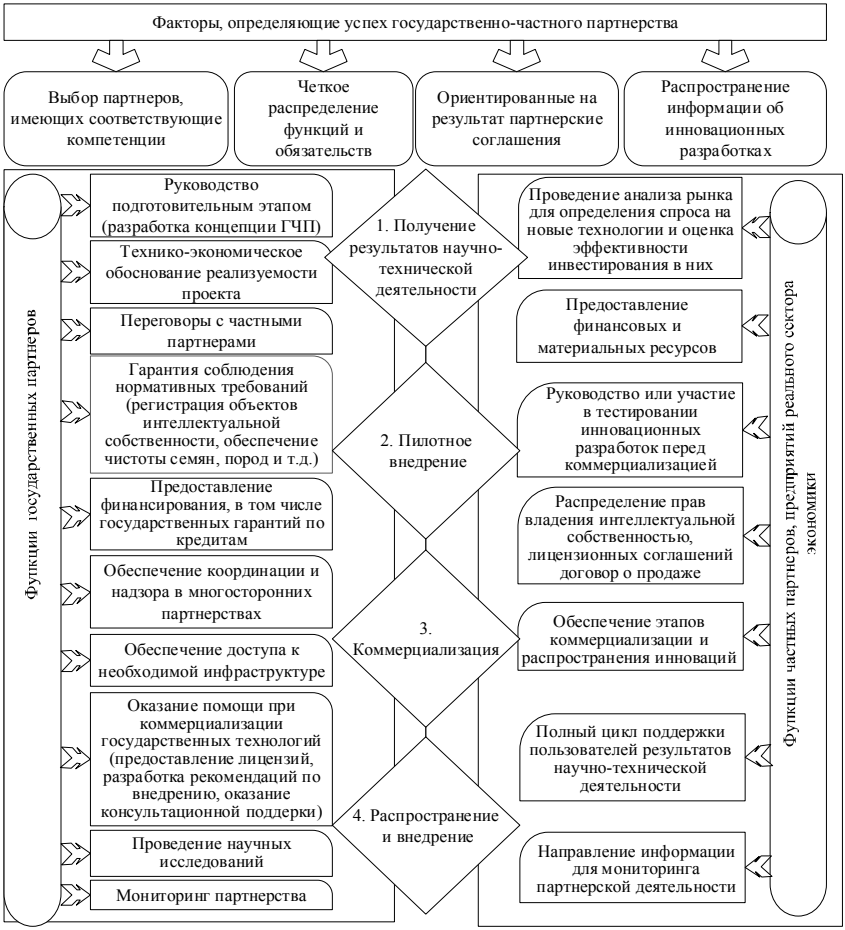


Рисунок – Модель ГЧП при коммерциализации результатов научно-технической деятельности

Примечание – Рисунок составлен по результатам исследований [6]

В современных условиях стимулирование трансфера инновационных технологий в агропромышленном комплексе следует осуществлять с помощью системы различных инструментов, входящие в группы:

– финансовые инструменты (субсидии и гранты на НИОКТР и инновации, налоговые льготы, финансовая поддержка сопутствующих академических результатов, гранты на регистрацию объектов интеллектуальной собственности, поддержка при найме сотрудников со степенями док-

тора и кандидата наук, поддержка привлечения исследователей из реального сектора экономики, государственные закупки, инновационные ваучеры, создание совместных исследовательских лабораторий в рамках ГЧП, системы финансирования на основе результатов деятельности, поддержка инновационной инфраструктуры);

– нормативные правовые инструменты (режимы защиты прав интеллектуальной собственности; регулирование сопутствующих результатов, полученных исследователями и учащимися; карьерные вознаграждения исследователей, реализация схем мобильности; положения об открытом доступе и открытых данных);

– инструменты мягкой силы (информационно-консультационные мероприятия; обучающие программы; сети партнерств; коллективные мероприятия по составлению планов и прогнозов; добровольные руководства, стандарты и кодексы поведения) [7].

Таким образом, в результате проведенных исследований выделены особенности современных подходов к инновационному развитию материально-технической базы сельского хозяйства. Установлено, что активизации исследуемой деятельности способствуют создание и развитие агротехнопарков, информационно-консультационных центров, венчурных фондов, привлечение ресурсов с помощью краудинвестинга, содействие государственно-частному партнерству при коммерциализации результатов научно-технической деятельности посредством предложенной модели.

Список использованной литературы

1. Русакович, А.Н. Формирование и развитие материально-технической базы сельского хозяйства Беларуси / А.Н. Русакович. – Минск : Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2023. – 186 с.

2. Инновационное развитие агропромышленного комплекса в России. Agriculture 4.0 / Н.В. Орлова, Е.В. Серова, Д.В. Николаев [и др.] // докл. к XXI апр. междунар. науч. конф., Москва, 2020 г. – Москва : Изд. дом Высшей школы экономики, 2020. – 128 с.

3. Гусаков, Е. Теория и практика кооперации при проведении научных исследований и коммерциализации их результатов в агропромышленном секторе экономики / Е. Гусаков, А. Русакович, А. Сайганов, Д. Башко // Аграрная экономика. – 2024. – № 5. – С. 3–16.

4. Игнатов, К.С. Особенности венчурного финансирования инноваций в РФ / К.С. Игнатов // Молодой ученый. – 2016. – № 21. – С. 379–383.

5. Панова, Е.А. Краудфандинг как альтернативный инструмент финансирования малого и среднего бизнеса / Е.А. Панова // Финансы и кредит. – 2018. Т. 24. – № 1 (769). – С. 238–250.

6. Rankin, M. Public–private partnerships for agribusiness development. A review of international experiences / M. Rankin, E. Gálvez Nogales, P. Santacoloma [et al.]. – Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016. – 163 p.

7. University-Industry Collaboration: New Evidence and Policy Options. – Paris : OECD Publishing, 2019. – 120 p.

Summary. Modern approaches to innovative development of the material and technical base have been studied, including the formation and development of subjects of innovative infrastructure (agro-technoparks, information and consulting centers, venture funds), attracting financial resources through crowdfunding, commercialization of the results of scientific and technical activities as a result of public-private partnership.

УДК 631 158

Миранович А.В., канд. техн. наук, доцент, первый проректор БГАТУ,
Юркевич С.Б., генеральный директор РО «Белагросервис»,
Еднач В.Н., канд. техн. наук, доцент, декан факультета
«Технический сервис в АПК»,
Тарасенко В.Е., канд. техн. наук, доцент,
заведующий кафедрой технологий и организации технического сервиса

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
Республиканское объединение «Белагросервис»

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ АГРОТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы подготовки высококвалифицированных инженерных кадров агротехнического сервиса учреждениями высшего образования.

Abstract. The article deals with the issues of training highly qualified engineering personnel of agrotechnical services and institutions of higher education.

Ключевые слова. Технический сервис, специалист, качество, модульно-рейтинговая система.

Keywords. Technical service, specialist, quality, modular rating system.

В настоящее время активное внедрение инновационных технологий, появление на мировом рынке новых разнообразных средств технического обеспечения процессов производства сельскохозяйственной продукции, а также перспективная потребность современных товаропроизводителей и организаций системы агротехнического сервиса (агросервиса) в высококвалифицированных специалистах, соответствующих по своим профессиональным качествам требованиям ремонтно-обслуживающего производства республики, ставят перед учреждениями высшего образования (УВО) первоочередные задачи, связанные с подготовкой кадров для агропромышленного комплекса (АПК) с учетом тенденции развития аграрной науки, техники и технологии.

С учетом особенностей, вытекающих из специфики аграрного сектора, возникают повышенные требования к срокам сервисного сопровожде-

ния сельскохозяйственной техники и оборудования, а также материально-технического обеспечения товаропроизводителей. Если в промышленности процесс производства, может быть растянут во времени или перенесен на более поздние сроки (кроме непрерывных производств), то в сельском хозяйстве он практически невозможен, поскольку агротехнические требования выращивания продукции отрасли растениеводства, сезонность, природные и другие факторы, требуют проведения работ в строго определенные сроки. При этом обеспечение высокого уровня работоспособности современной сельскохозяйственной техники и соответственно качества выполняемых механизированных работ в четко установленные агротехнические сроки во многом зависят от развития системы технического сервиса и ее кадрового обеспечения.

Так, мощные тракторы 3-го и 5-го классов (например, «Беларус-2522/2822/3022») производства ОАО «Минский тракторный завод», широкозахватные зерноуборочные и кормоуборочные комбайны, выпускаемые ОАО «Гомсельмаш», автомобили семейства ОАО «Минский автомобильный завод», сельскохозяйственная техника и технологическое оборудование других белорусских машиностроительных предприятий (например, ОАО «Бобруйскагромаш», ОАО «Амкодор», ОАО «Лидаагропроммаш», ОАО «Минскагропроммаш» и др. производителей), машины и оборудование в животноводстве, требуют надлежащего сервисного сопровождения как в гарантийный, так и послегарантийный периоды эксплуатации. В первую очередь это связано с применением современных технических средств диагностики, ремонтно-технологического оборудования и оснастки. Поэтому управлять техническим состоянием этой сложной техникой должны высококвалифицированные специалисты.

Следует отметить, что учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (БГАТУ) является и остается признанным ведущим образовательный, научным и инновационным центром Республики Беларусь по подготовке агроинженерлных кадров благодаря современной материально-технической базе, наличию высококвалифицированного профессорско-преподавательского состава, внедрению в образовательный процесс с опережающим эффектом инновационных методов обучения, а также интеграции науки, образования и производства. При этом ведется непрерывная многоэтапная подготовка практикоориентированных специалистов, конкурентоспособных на рынке труда, компетентных, свободно владеющих своей профессией.

Подготовка специалистов для технического сервиса осуществляется на единственном в республике факультете «Технический сервис в АПК» БГАТУ по двум специальностям I ступени высшего образования (в соответствии с общегосударственным классификатором Республики Беларусь ОК РБ 011-2009 «Специальности и квалификации») 1-74 06 03 Ремонтно-

обслуживающее производство в сельском хозяйстве (1-74 06 03) и 1-74 06 06 Материально-техническое обеспечение АПК (1-74 06 06) и по одной специальности общего высшего образования (в соответствии с общегосударственным классификатором Республики Беларусь ОК РБ 011-2022) 6-05-0812-03 Технический сервис в АПК (6-05-0812-03).

Студенты, обучающиеся по специальности I ступени высшего образования 1-74 06 03 и по специальности общего высшего образования 6-05-0812-03, изучают конструкции современных тракторов, комбайнов, автомобилей, машин и технологического оборудования в животноводстве, осваивают оборудование для диагностики двигателей, топливной аппаратуры, гидравлических, электрических и электронных систем сельскохозяйственной техники, учатся на практике выявлять и устранять неисправности, возникающие в различных системах, агрегатах и узлах, прогнозировать их ресурс.

Студенты, обучающиеся по специальности I ступени высшего образования 1-74 06 06, осваивают управленческие процессы организации и планирования материально-технического обеспечения АПК, сервисные услуги, торгово-закупочные процессы.

В настоящее время инновационная система образовательного процесса БГАТУ, обеспечивающая требуемый уровень качества подготовки кадров по этим специальностям высшего образования обеспечивается посредством

- функционирования модульно-рейтинговой системы обучения и оценивания студентов;
- практической направленности обучения с обучением студентов рабочим профессиям (слесаря по ремонту сельскохозяйственной техники, водителя колесных тракторов, самоходных машин категорий «C», «D» и самоходных машин категории «F»; водителя механических транспортных средств категории B);
- разработки и проведения виртуальных лабораторных работ для общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин;
- 100%-го обеспечения электронными учебно-методическими комплексами (позволяющими эффективно организовать самостоятельную работу студентов);
- тестирования студентов в постоянном режиме посредством системы Moodle в сети Интернет;
- вовлечения с первого курса в научно-исследовательскую работу студентов, в том числе выполняемую в рамках 6 государственных научно-технических программ и 2 международных научных проектов.

Следует также отметить, что студенты факультета старших курсов изучают специальные дисциплины не в учебных аудиториях и лабораториях, а непосредственно в организациях и предприятиях, где можно наблюдать за работой современных образцов новой техники, уникального оборудования и опробовать свои силы в выбранной профессии. Такое обучение студентов в филиалах кафедр на производстве и прохождение

ими учебной и производственной практики в базовых хозяйствах позволили содержательно увязать учебный процесс в университете с современным уровнем технического оснащения сельскохозяйственного производства, а организация преддипломной практики по месту распределения – сократить процесс адаптации выпускника к новым условиям.

Всего в настоящее время на факультете функционирует 6 филиалов кафедр в передовых предприятиях аграрного сектора, организациях, объединениях и научно-практических центрах (НПЦ) НАН Беларуси, например, Республиканского объединения «Белагросервис» и Государственного учреждения «Белорусская МИС». Совместно с Минским областным исполнительным комитетом созданы и функционируют учебно-производственные центры практической подготовки на базе ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский», СПК «Агрокомбинат «Снов», МРУП «Агрокомбинат «Ждановичи».

Так, с 2004 года по инициативе университета и с одобрения руководства РО «Белагросервис» был образован филиал кафедры «Технологии и организация технического сервиса», основной целью которого является современная подготовка практикоориентированных специалистов для агротехнического сервиса в АПК.

С учетом решения следующих задач по

- проведению учебных занятий со студентами и слушателями курсов повышения квалификации по актуальным проблемам организации и технологии производства;
- подготовке будущих специалистов в период производственных практик к практической и организационной работе на производстве;
- разработке вопросов, определяющих содержание и методическое обеспечение учебного процесса, осуществление идейно-воспитательной работы со студентами;
- ориентации курсового и дипломного проектирования на решение конкретных инженерных задач, связанных с запросами производства;
- выполнению научно-исследовательских работ по проблемам совершенствования организации и технологии агротехнического сервиса, внедрение ресурсосберегающих технологий при изготовлении, восстановлении и упрочнении деталей сельскохозяйственных машин и оборудования;
- обеспечению научного руководства магистрантами, аспирантами и соискателями по совместно проводимым научно-исследовательским работам;
- пропаганде научно-технических знаний, проведение профориентационной работы среди молодежи.

В процессе обучения студентов концентрируется внимание на подготовку специалистов, владеющих не только интенсивно адаптированными технологиями современного производства и переработки сельскохозяйственной продукции, но и способных к разработке и реализации маркетинговых стратегий, финансового менеджмента, материально-технического

обеспечения, технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники.

Организованы практические выездные занятия на предприятия технического сервиса, технические обменные пункты и базы материально-технического обеспечения.

Непосредственно практика для студентов факультета в 3 этапа, предусматривающие постепенное накапливание профессиональных компетенций и личностных качеств. При этом общая ее продолжительность (учебных и производственных) практик за весь период обучения составляет 28–30 недель.

Так, на первом этапе, для прохождения учебной практики в университете создан Республиканский учебно-производственный центр практического обучения новым технологиям и освоения комплексов машин и 6 специализированных мастерских. На втором этапе предусматривается прохождение производственной практики в базовых организациях всех областей республики, согласованных с Министерством сельского хозяйства и продовольствия республики, а на третьем – преддипломной практики по месту уже прошедшего распределения специалистов.

В системе РО «Белагросервис» по соглашению с университетом определены базовые предприятия для прохождения производственных практик студентами факультета «Технический сервис в АПК», стажировок и повышения квалификации преподавателей, магистров и аспирантов. Таких предприятий насчитывается более 30. Как правило, это лучшие районные агросервисные организации и ремонтные предприятия, представляющие все регионы республики. Ежегодно на этих предприятиях проходят производственную, в том числе и преддипломную практику, около 100–125 студентов.

В рамках сотрудничества РО «Белагросервис» совместно с БГАТУ в период проведения ежегодных Международных специализированных выставок «Белагро» проводятся научно-практические конференции «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК». По результатам конференций публикуются сборники научных трудов, издаются монографии, учебные пособия и рекомендации.

Как показывает опыт работы филиалов кафедр факультета, в том числе РО «Белагросервис», их деятельность позитивно сказывается на качестве подготовки специалистов.

Так, проведенный опрос удовлетворенности студентов, выпускников факультета и молодых специалистов позволил констатировать, что выбранное направление подготовки практикоориентированных специалистов заслуживает признания и дальнейшего совершенствования. Студенты получили практические знания и навыки, хорошие впечатления от встречи с известными в республике руководителями организаций АПК и передовых предприятий. Позитивно зарекомендовавшие себя выпускники факультета направлены по распределению в организации системы агро-

технического сервиса, в передовые сельскохозяйственные предприятия и другие организации АПК республики.

Вместе с тем, с учетом интенсивного внедрения перспективных технологий сельскохозяйственного производства, роботизации и автоматизации технологических процессов, развития точного земледелия, внедрения принципиально новых конструкционных решений применяемой сельскохозяйственной техники и технологического оборудования, концепции умных «smart-технологий» и искусственного интеллекта возникает необходимость развития образовательного процесса в БГАТУ с целью формирования новых профессиональных, в том числе и цифровых, компетенций у будущих специалистов в сфере агротехнического сервиса.

Поэтому проведенный детальный анализ действующих государственных образовательных стандартов, примерных и учебных планов специальностей факультета ОК РБ 011-2009 и ОК РБ 011-2022, результатов взаимодействия БГАТУ с заинтересованными организациями-заказчиками кадров показывает, что

1. Внесение изменений в учебно-программную документацию в части усиления практической составляющей не требуется.

2. В перспективе на базе специальности общего высшего образования 6-05-0812-03 предусмотрена разработка принципиально новой модели специалиста со следующими профилями подготовки, на которых будут возложены следующие функции:

- для профилизации «Технический сервис машин и оборудования», предполагающего подготовку профессиональных инженеров для предприятий и организаций АПК со знанием современных методов и средств технической диагностики машин и оборудования; способных осуществлять сервисное сопровождение и обосновывать технологии ремонта сельскохозяйственной техники и технологического оборудования, определять оптимальные параметры технологических процессов восстановления изношенных деталей;
- по профилизации «Сервис и инжиниринг сельскохозяйственной техники и технологического оборудования», предполагающего подготовку профессиональных инженеров для сферы сельскохозяйственного машиностроения со знанием современных методов, средств проектирования и изготовления деталей и узлов конструкций технологических машин и оборудования, используемых в АПК; способных осуществлять расчет и компьютерное моделирование (конструирование), сервисное сопровождение сельскохозяйственной техники;
- по профилизации «Логистика технического сервиса в АПК», предполагающего подготовку профессиональных инженеров для предприятий технического сервиса АПК со знанием основ управления материальными ресурсами, финансовыми и информационными потоками продукции (услуг) на всех стадиях их жизненного цикла; способных эффективно применять

приобретенные навыки и компетенции в области логистики, материально-технического снабжения производства продукции и ее сбыта.

3. Изменение содержания образовательных программ с учетом актуализации цифровых компетенций у будущих специалистов, усиления профориетационной работы и повышения престижа специальностей факультета.

Таким образом, подготовка компетентных специалистов требует координации совместных усилий учреждений высшего образования и потенциальных работодателей. Это позволит обеспечить не только новый качественный уровень специалистов, но и разработать оптимальную компетентностную модель специалиста для сферы агротехнического сервиса в АПК.

Список использованной литературы

1. Миранович А.В., Тарасенко В.Е. Быть в курсе достижений ученых аграрных вузов. Агроинженер – 2019. – №8. 28 июня. – С. 3.

2. Романюк Н.Н. Иновационные подходы в подготовке инженерных кадров для агротехнического сервиса в АПК/Н.Н. Романюк, В.П. Миклуш, Н.А. Лабушев//Современные проблемы освоениея новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Международной научно-практической конференции , посвященной 60-летию БГАТУ и памяти первого ректора БИМСХ, доктора технических наук, профессора В.П. Суслова, Минск, 4–6 июня 2014г. В 2 ч. – Минск: БГАТУ, 2014. – С. 305–312.

Summary. The article deals with the issues of training highly qualified engineering personnel of agrotechnical services and institutions of higher education.

THE ROLE OF INFORMATION TECHNOLOGY IN EFFECTIVE MANPOWER MANAGEMENT AND DEVELOPMENT WITH RESPECT TO THE CHALLENGES OF GLOBALIZATION IN NIGERIA'S DEMOCRATIC DISPENSATION

Abubakar Umar Sokoto (PhD)
+2349035967384
E-mail Address: humairaskumar2013@gmail.com
Business Education Department
Shehu Shagari College of Education Sokoto
Aliyu Yusuf (PhD)
+2348061184005
E-mail Address: yufalizam94@gmail.com

Abstract

In. this articles Globalization is viewed as a tool for national development in democratic dispensation that enables the Nigerian nation to meet up with the rest of the world with the emphasis on the effective management of manpower development in Nigeria. The article defined management, an effective man-

agement manpower development and the challenges for globalization in a democratic dispensation. It also views information as the beacon of globalization. The article recognizes that the effective use of information and communication in globalization cannot be down played with the challenges in democratic dispensation. it therefore, reports that an assessment of a new management training elements is required and notes that the organizations that patronize management training institutions do not normally conduct training needs assessment Therefore there is the need in provision of adequate resources both human and capital fir an effective management manpower development to overcome the challenges for globalization in a democratic dispensation. They should also be staffed with the right caliber of' academics that are well paid to instill an effective management manpower development education in institution. Information technology should be n core management course in all the tertiary institutions.

Keywords. Information Technology, Manpower management, Democratic Dispensation.

Introduction

Globalization constitutes a mega trend in global political economy and has assumed a new phase in contemporary international economic relations. Given the emergent socio-political and economic transformation as well as the technological advancement in communication, information, transportation etc, especially when the democratic governments started in Nigeria, the process seems to be irreversible. Nation states have indeed consistently intensified efforts towards engaging in business across national borders and constructing production and distribution networks on a global scale. Thus, the world today is a global village given the unprecedented level of interconnectedness of political, economic, social and technological forces that permeate the contemporary global system.

It is therefore, certainly stating the obvious to say that one of the major problems confronting the Nigerian nation is lack of effective management. This is due to the fact that Nigerian nation fails to adequately develop management manpower, though quite a number of people are put in responsible management positions in Nigeria with little or no formal management education, even at the rudimentary level.

Similarly, Umoru-Onuka (2001), placed emphasis on the need to give adequate management education to those who are either put in management position or who aspire to become managers. Invariably, therefore, the need for well-educated management personnel, in an era of globalization hardly needs being emphasized, unless the economy wants to remain perpetually underdeveloped. It is also noteworthy that management. According to Umoru-Onuka (2001), is largely a communicative profession and is to very large extent information based. Globalization is actually enhanced by information communication technology (ICT).

The paper therefore, examines the phenomenon of globalization and the multidimensionality of its conceptual usages. This is followed by conceptual

definition of management and management manpower education. It also discusses the challenges that the current globalization poses for Nigeria.

Globalization and its Conceptual Usages

The phenomenon of globalization is a multi-dimensional and multifaceted process that encompasses political, economic, social and cultural dimensions that have been variously explained in different terms and contexts due to its multivariate nature. Globalization also does not tend itself to easy conceptualization; and like other concepts in social sciences, it is not amenable to a single simple and straight jacket definition, which perhaps explains its various connotations by scholars of different persuasions as internalization, universation, liberalization, westernization etc.

According to Ibrahim (2002). Globalization is not a single unified phenomenon but rather a syndrome of processes and activities, which embody a set of ideas and a policy framework organized around the global division of labour and power. Kiely (1998); defines globalization as a world in which societies, cultures, polities and economies have in some sense come closer together. Kiely (1998) further states that the concept can be seen as the intensification Of world-wide social relations which link distant localities in such way that local happenings are shaped by events occurring many miles away and vice-versa. The implication of this view is that more and more parts of the world are brought together in a global system and so affected by happenings elsewhere. It is such that all components of life are each brought into the compartment of one single system. Furthermore, implied in the definition of globalization is that no nation or individual can exist apart from others. Each must strive to keep abreast with current development worldwide.

The above notwithstanding, Marfleet (1998), contends that the concept of globalization is a process that brings new social and cultural locations together, stating that globalization has resulted in a situation that deals with crystallization of suppositions about what the world is and would be, and should be. Therefore, if all areas of life are affected by globalization and management one profession I discipline that permeates all facets of life; then it must be responsible to dynamics of its publics because it is a collage resulting from coupling of various disciplines into one such as engineering, sociology, anthropology, mathematics and statistics. Globalization can simply be regarded) universalism of the world system.

Accordingly, Anya (1998) posits that globalization breeds uniformity (which is expanded by ICT) which to him is unfortunate because it may destroy the basis of human differentiation and development, Kwanashie (1999), however, views globalization as a key to democratization not only on the continent of Africa but the world over. Onuka (2003) believes that not all of globalization arose from the west, where largely science and technology, polities and economic aspects of globalization come from. He argues that some form of globalization including certain religious denominations come from Africa.

Globalization refers to as the tremendous revolutionary changes that have affected our planet as a result of changes that have also taken place in informa-

tion and communication technology processes that have, cumulatively led to the villagization of the globe (Umoru-Onuka, 2001b)

Conceptual Definitions of Management

Management is the term that is used to describe the business of initiating planning, organizing, directing implementing, controlling, monitoring and improving a system, an organization or an institution for the overall interest of all its stakeholders. Thus, management occurs in a small human organization such as the family (unit) and in large organizations such as national and international organizations. It is noteworthy that management is an everyday and anyone phenomenon, and cannot be avoided at all.

Similarly, Adigun (2000). Sees management as the process of integrating the effort of a purposeful group or organizations, whose members have at least one common goal. Kwanashie (1999) state that management is an indispensable element in an enterprise or organization. Management is also the process of accomplishing an organization's goal and objectives. It is thus a process of activities that are carried out to enable an organization accomplish its goals and objectives, by employing human and material resources for that purpose. It is, therefore, an approach whereby human, financial, physical and information resources are employed for the attainment of the objectives of the organization (Kwanashie 1999).

Also, Fabunmi (2000) opines that management from the perspective of a field of is viewed as consisting of planning, administration, supervision and evaluation. Fabunmi (2000) further states that the word is seen from two perspectives viz: that of an art or practical exercise requiring no special study or effort and as a result a natural gift; band the other being that it is a science or a technology requiring not only sound theory but also specialized principles and techniques.

The manager can invariably be described as that person in charge of an organization or one of it sub-units. This traditional view portends that he plan, organize, coordinate and control. No one can control without the use of communication hence Umoru-Onuka (2001), states that management is a communicative profession. That is why management must be studied in the context of globalization. The advent of electronic communication has globalized the world which consisted of close units of various kinds. Management as a science interfaces with other sciences viz: engineering, anthropology, economics, sociology, law and computer science, Information management, accounting, mathematics and statistics. In this article, management manpower development is viewed to enable the nation meet with rest of the world in the context of globalization.

Management Manpower Development

If management is a science and profession, then there is no doubt that there is a need for those who practice it to be educated in its principles and practices. More so, since its scope transcends the arts, sciences and the technology, all of which are dynamic areas of human endeavour where changes occur on almost a non-stop (continuous) basis.

A good management manpower development programme can only be evolved if the educational needs of those who constitute the management or prospective management manpower of a nation or organization or institution are known Vis-a viz the corporate need of a nation or organization.

Education (training) needs according to Umoru-Onuka (2001) are made up of the gap between what exists in society (organization) and what is required to attain certain level of productivity as well as the individual's needs. It is the gap between the activities, skills and knowledge of the individual manager and what is required of him to attain for certain level of productivity.

Umoru-Onuka (2001), defines management (manpower) development as the process of the continuing education of the manager to keep him abreast of every new management development (education or training). It is a cycle that begins with planning and ends up with feedback with organization, implementation and evaluation in between. In view of the fact that globalization affects every aspects of life and the fact that management deals with every area of life, this study determined how management manpower development programmes can be made to meet the dynamics of globalization.

The Challenges for Nigeria in a Democratic Dispensation

Historically Nigeria was largely a producer and net exporter of primary products (at independence in 1960). The six (6) major agricultural products then were cocoa, rubber, palm oil, groundnut, cotton and palm kernel. Although there existed mining and quarrying activities, these were negligible and never counted for the economy as a whole. In other words, agricultural produce and raw materials constituted the sole foreign exchange earner for the country.

The challenges posed by globalization for Nigeria therefore are multifurious First, for the country to be fully integrated into the world economy and in order to harness the benefits of such integration it must embark on serious technological revolution and effective and efficient manpower educational development (Abubakar, 2000). Abubakar, (2000) further, stated that in order to ensure technological revolution. The country's technological base must be developed. Science and technology should be made a formidable part of the key strategic area of its developmental effort. The need to fundamentally transform the nation's educational, health, agriculture and industrial development has therefore become an imperative demand for all Nigerians. As such due attention must equally be focused on information technology and communication. In contemporary global economy, information technology and the ability to use it are very critical. While computers and other electronic gadgets are already in place and do not need to be re-invented, there is the need to ensure that the enabling environment for their uses is provided. Hence adequate basic infrastructures such as power supply and telecommunication must exist regularly and uninterruptedly. Similarly, industrialization, including manufacturing and fabrication should be re-invigorated while agriculture should be repositioned with mechanized farming fully embraced to enhance agricultural productivity in the country.

The second challenge relates to economic liberalization policy. This entails liberalizing the economy, internationalizing of capital, opening new markets and attracting new investments. This poses a great challenge to Nigeria. That is the Nigerian economy must not only be diversified, but also built on sound economic policies including those that will necessarily ensure increased domestic saving, continued reform of the domestic financial sector; opening up to foreign capital inflows, while simultaneously protecting the country from the huge destabilizing effects of short-term speculative capital inflows; and together with other developing countries; continue to champion the necessity for the reform of the global financial system that ensures shared prosperity and a greater inducement to the development of the weaker countries (Onyekpe, 2001).

Democracy constitute the third challenge that globalization poses for Nigeria. Democracy has become an acceptable form of governance in the world system today. Indeed, no authoritarian or dictatorial regime is fashionable any longer in the global environment. Nigeria regained its civil rule in 1999 after about fifteen years of uninterrupted military dictatorship. The persuasive lack of democratic system of government for several years had significantly deteriorated the development pace of the country. Following the restoration of civilian government therefore, there is the need for democracy to be fully entrenched and sustained. The presence of a strong and vibrant civil society, good governance, effective dynamic relationship between people and the government is a bedrock for a durable democracy in Nigeria (Madunagu, 1999).

Democracy also is an egalitarian form of government in which all the citizens of a nation determine public policy, the laws and the actions of their state, requiring that all citizens (meeting certain qualification) have an equal opportunity to express their opinion (Anya 1998). Besides, democracy by those that clearly coined the term is government of the people by the people for the people. Onyekpe (2001), viewed democracy as a concepts that must be juxtaposed with Nigeria's needs and cultural norms and beliefs which are clearly faced by challenges. Some of these challenges include:

1. Unwillingness to create a strategy for smooth succession transition from one administration to another;
2. Inability to recognize that Nigeria is the most populous nation in Africa with lots of intellectual capital which when harnessed can lead to success, technological breakthrough and capturing of the nation's evasive glory
3. Lack of readiness to redefine or re-establish, if not already done, Nigeria's National Interest. It cannot continue to build the psyche of foreigners at the expense of citizens.
4. Inability to deal with making Nigeria a secular state because there are too many religions in Nigeria to make one of them dominant. Moreover, religion encompasses fundamental believes, and cultural norms of a society. The religion should only play the role in our body politics for building the moral conscience.

5. Inability to consider diversification from oil base economy to agricultural productions for the nation building.

6. Inability to invest in Nigerians instead of building foreign reserves that can lead to or set subsequent administration to the path of corruption in which many administrations have been working to reduce to manageable level etc.

Therefore in democratic dispensation a good leadership is all about willingness and ability to control and manage the wealth of the nation efficiently and effectively with full dedication and commitment to the nation (Nigeria) and its people. That is. Nigeria needs a competent, reliable, trust, honest patriotic, integrated and vigilant citizens in executing democracy with concrete efforts to vote and be voted for free and fair election in a democratic dispensation. Nigerians are now charged well in articulated national interest and for real measureable change in many areas particularly areas like improved communication and technology, constant supply of electricity, good drinking water, education, health agriculture etc. The decision is ours lets go out and move forward with courage to make a difference.

Conclusion

In this article, it has been demonstrated that globalization as a phenomenon has assumed a new phase in contemporary global political economy and that Nigeria must equip and prepare itself effectively to confront its challenges for national development.

The article critically examined the three forces that propelled globalization namely technological revolution, economic liberation and democratic governmental system. It submits that the new threat of globalization make it imperative for nation states to understand the intricacies of the phenomenon so as to enable them devise strategic ways to harness its advantages. The management, management manpower development were also examined. The challenges globalization must be faced by developing nations for them to be relevant in the global scheme of things For Nigeria in particular, the challenges are enormous but not insurmountable. Nigeria cannot afford to remain aloof and be completely isolated from the global economic interplay. The country should make conscious effort to transform the economy so as to harness the benefits of globalization. The critical sectors of the economy that constitute the basis-for sustainable national growth and development e.g. agriculture, education, health4 mining, industry and energy should be the core concern of economic policy and hence properly harnessed for the country's development.

Recommendations

It is therefore suggested that the following measures if managed efficiently and effectively will improve the national development. As management is affected by globalization the country must keep abreast with trends in globalization and put modern management development programme in place; then, the quest for development as a nation becomes achievable. It is here suggested that universities, which constitute the primary place for the training of high level

manpower, which makes up the management crop of the nation, should be well equipped and properly funded with annual budgetary provision by each sector of the economy. They should also be staffed with the right caliber of academics that are well paid to instill the right type of management education in the prospective managers. Information technology should be a core management course in all the tertiary institutions. Globalization which serves as a tool for development which affects every part of the world is mainly characterized by constant change. This indicates that the roles of electronic media and other information technology and communication development cannot be over emphasized and the challenges for globalization in Nigeria democratic dispensation. Nigeria therefore, must be prepared to adapt to modern management technological development by creating the right management training environment.

References

Abubakar, D. (2001). Globalization, Social Sciences and Nigeria in Ike 210 century, The Nigerian Social Scientist, 4 1.

Adigun, A. G. (2000): Management by Objectives (MB 0) in the Professional Manager Journal of The Management Students Association, Faculty of Business Administration, University of Lagos, Akoka, Nigeria.

Anya, A.0. (1998): Knowledge and Experience: Biology and Evaluation of a new paradigm for Africa's sustainable Development in Oladipo, 0 (Ed) Remaking Africa — Challenge of the Twenty-first Century. Ibadan: Hope Publications.

Fabunmi, M. (2000): Management and Motivation, Ibadan: ODUPRINTS.

Ibrahim, J. (2002). Notes on globalization and the marginalization of Africa. CODESRIA Bulletin, 3 and 4.

Keily, R. (1998). The crisis of Globalization (post-) modernity and the Third World in Keily, K and Marfleet, P. (eds) Globalisation and the Third World. London Routledge.

Kwanashie M. (1999). Concepts and dimensions of globalization, in Nigerian Economic Society, Globalization and Nigeria's economic development, Ibadan: NES.

Madunagu, E. (1999, July 26). Globalization and its victims, The Guardian. Lagos

Marfleet, P. (1998). Migration and the Refugee Experience in Keilv, R. & Marfleet Phil (eds) Globalization and the Third World. London Routledge.

Onvekpe, N.J. (2001). Globalization and liberalization of the world economy: Concepts, historical development and implications for the less developed countries and labour movement in Sylvester Odion-Akhaine (ed), Globalization, United Nations and the fringe players, Lagos: CENCOD.

Onuka, A. O. U (2003). Nigerian management manpower development in the context of globalization. In the proceedings of the conference of Social Studies Association of Nigeria, April, 2003.

Umoru-Onuka, A .O. U (2001a). Language as a means of educational accountability. In Mansarary A and Osokoya I.O. (eds) Curriculum Development at the Turn of the Century: Nigerian Experience in Honour of Prof. Ebo Ubahakwe. 51-62. Lagos CENCOD.

Umoru-Onuka, A. O. (2001b). Language: an effective Tool of Management. In African Journal for Educational Management. 9 (2) 175–183.

THE IMPACT OF THE DEVELOPMENT OF FEMINISM IN THE PRESENT DAY NIGERIAN SOCIETY: A SOCIOLOGICAL APPROACH

Dr. Ibrahim Muhammad Yabo
FACULTY OF EDUCATION
DEPARTMENT OF EDUCATIONAL MANAGEMENT
SHEHU SHAGARI UNIVERSITY OF EDUCATION, SOKOTO
Email: ibrayab31@gmail.com

Abstract

The development of the struggles and liberation of women differs from nation to nation across the globe. The basic issues feminism combats are gender inequality and the oppression of women. The issues of gender equality and women liberation have garnered momentum around the world including Nigeria. Many countries across the world including Nigeria have developed policies aimed at promoting gender equality. Some manifestation of the policies featured among employers that practiced non-discriminatory employment relationships among workers. Women are strongly encouraged to apply for certain employments, grants and a host of other opportunities to give them equal standing with men. The implementation of such related policies has been the main focus of women's movement in many countries. The paper critically examine the sociological approaches to the impacts of the development of feminism in the present day Nigerian society. The paper submits that, while many Nigerian women from north to south and east to west are resolute, strong and impactful, others are weak and wasting away in traditional bigotry and cowardice. The paper concludes that, certain factors such as religious misconception, cultural dogmatism, and patriarchy may need to be jettisoned to deal with the oppression of women and gender inequality in Nigeria.

Keywords. Feminism, Sociological Approach, Nigerian Society, Dogmatism.

Introduction

Feminism is the movement for the emancipation of women. In the 18th Century Europe, unmarried women had little protection under the law while married women lost their legal identity. Women were disenfranchised, and when they are out of a marriage, the rights over their children were almost denied. They were lagging in property ownership, signing of contracts and in retaining lawyers. This condition was given stronger impetus by William Blackstone (1758).

The historical circumstance that subjugates women under men is the bedrock for gender disparity in employment, politics, education, and human rights in general. It is also the ground for the modern day quest for gender equality which has its development way back to the 19th century. The issue of gender equality has today garnered momentum around the world more than ever making it more frequent with clearly identified regency.

Feminism is a rejection of women oppression, and a commitment to women's liberation from all forms of oppression. The oppressions sometimes come in different shapes and sizes. There are internal as well as external oppressions: psychological, emotional, socio-economic, and political as well as philosophical oppressions (Mama and Salo, 2021). Mama and Salo submission corroborates with UN General Assembly definition of violence against women that considers any act of gender-based violence that results in, or is likely to result in, physical, sexual or psychological harm or suffering to women, including threats of such acts, coercion or arbitrary deprivation of liberty, whether occurring in public or in private life is violence against women (Declaration on the Elimination of Violence Against Women, 2014).

Conceptual Clarification of Feminism

Two key terms according to Ruiz (2002) that are central to the feminist discussion are 'gender' and 'patriarchy'. In the feminist context, gender is not a replacement word for sex or biological difference between a man and woman. Instead, it refers merely to the power relations between men and women, how the relations have socially and habitually been implemented, and how the power is deployed. Patriarchy, on the other hand, refers to the system where female is subordinate to the male (in power and status terms). Feminism according to Hawkesworth (2016) is a range of political movements, ideologies, and social movements that share a common goal: to define, establish, and achieve political, economic, personal, and social equality of sexes. The words "féminisme" ("feminism") and "féminist" ("feminist") first appeared in France and the Netherlands in 1872, Great Britain in the 1890s, and the United States of America in 1910, and the Oxford English Dictionary lists 1852 as the year of the first appearance of "feminist" and 1895 for "feminism". Depending on the historical antecedents, culture and country, feminists around the world have had different causes and goals. Most western feminist historians contend that all movements working to obtain women's rights should be considered feminist movements, even when they did not (or do not) apply the term to themselves.

Freedman (2016) refers feminism as a belief that although women and men are inherently of equal worth, most societies privileged men as a group instead of Women. As a result, social movements are necessary to achieve political equality between women and men, with the understanding that gender always intersects with other social hierarchies.

Smith (2019) looks at feminism as the political theory and practice aimed to free all women: women of colour, working-class women, poor women, physically challenged women, old women – as well as white economically privileged heterosexual women. "Anything less than this", according to Smith "is not feminism, but merely female self-aggrandizement".

The Development of Feminism in Nigeria

In 1947, a National Women's Union was formed in response to several anti-colonial resistance activities by Nigeria women. Prior to the Nigeria colonial pe-

riod, many Nigerian women in the southern region participated actively in public life and had independent access to resources different from what it was in the 18th century Europe. Women collectively had social and political influence through their associations and representatives. This was not, however, the case with women of the northern region of Nigeria especially the Hausa-Fulani where Islamic religion restrained their commercial as well as political activities.

During the colonial era, women in the southern region of Nigeria played outstanding roles in social roles involving politics both collectively and individually. There were community gatherings where market women expressed their feelings and agitate for some rights.

However, in 1929, what could be known as the official launching of the movement for the emancipation of women in Nigeria erupted. There was women's war in Aba called 'Aba women's riot' which protested against British tax policies. There were several women attempts to resist the colonial policies that were not in tandem with their long-lived mannerisms. A National Women's Union was formed which is considered the brain-child of the anti-colonial resistance in 1947.

In 1948, additional further development were recorded when women protested against excessive taxation in Abeokuta. However, the women's struggle for the emancipation of the female folks intensified and the post-colonial period ushered in the Federation of Nigeria Women's Societies (FNWS) were successfully initiated.

Sociological Approach of Feminism in Nigeria

Since the 19th century, women's struggle in Nigeria against discrimination and gender-based violence has been on the limelight especially during the fight for national independence and improving the quality of lives. The Nigerian women did not fare well during military rule in Nigeria, given that no woman ascended to the zenith in the Nigerian army.

During Nigeria's Second Republic (1983 – 1999), all Nigerian women were enfranchised to participate in the electoral process; women in most parts of northern Nigeria did not participate in the elections. Many of them were disenfranchised by the electoral requirements and irregularities. For instance, tax receipt presentation as a qualification to participate (Shettima, 2015) was one basic feature for segregation. At the wake of Babangida regime, an association of 'Women in Nigeria' (WIN) was commissioned to give input on the perspectives of women. It recorded great achievements.

Sociologists approach to feminism in Nigeria encompasses the analysis of gender relations, cultural norms, social structures, and the impact of colonial and post-colonial history on the status of women. Sociological Analysis of some key aspects are presented bellow for more comprehension.

Historical Context

1. Colonial Influence: Colonialism significantly altered traditional gender roles in Nigeria. Pre-colonial Nigerian societies often had more fluid and complementary gender roles, with women playing significant roles in trade, politics,

and community leadership. Colonial rule introduced Western patriarchal norms that marginalized women's roles and relegated them to domestic spheres.

2. Post-Colonial Changes: The post-colonial period saw efforts to reassert women's roles in public life. However, these efforts were often hampered by persistent patriarchal attitudes and socio-economic challenges.

Key Themes in Nigerian Feminism

1. Intersectionality: Nigerian feminism in the present day considers the intersections of gender with other social categories such as ethnicity, class, religion, and age. This approach acknowledges that Nigerian women face diverse challenges depending on their socio-economic and cultural backgrounds.

2. Cultural Specificity: Feminism in Nigeria often emphasizes the need to be rooted in local cultural contexts rather than adopting Western feminist frameworks non-critically. This approach seeks to balance respect for cultural traditions with the need for gender equality.

3. Economic Empowerment: Economic independence is a major focus. Curtain programs and policies aimed at improving women's access to education, financial resources, and entrepreneurial opportunities are crucial for empowering Nigerian women.

4. Political Participation: Efforts to increase women's representation in political and decision-making processes are central to Nigerian feminism. This includes advocating for policies that support women's rights and address gender disparities.

Sociological Perspectives

1. Structural Functionalism: This perspective examines how traditional gender roles and family structures maintain social stability. Feminist sociologists critique this view point between opposite sexes by highlighting how these structures can perpetuate gender inequality and limit women's opportunities.

2. Conflict Theory: From this viewpoint, gender inequality is seen as a result of power imbalances and social conflicts. Feminist theorists argue that patriarchal structures benefit men at the expense of women, leading to systemic inequality and oppression.

3. Symbolic Interactionism: This approach focuses on the everyday interactions and socialization processes that reinforce gender roles. Feminist sociologists with this view point analyse how language, media, and social practices shape and perpetuate gender norms in Nigeria

Feminist Movements and Activism

1. Women’s Movements: Organizations such as the Women's Rights Advancement and Protection Alternative (WRAPA) and the Nigerian Women Trust Fund (NWTF) play a crucial role in advocating for women's rights and gender equality. These movements address issues like domestic violence, reproductive rights, and political participation.

2. Grassroots Activism: Local and community-based activism is vital in addressing specific issues faced by women in different regions of Nigeria. Grassroots organizations often focus on education, healthcare, and economic initiatives tailored to the needs of their communities.

In summary therefore, the sociological approach to feminism in Nigeria involves a multifaceted analysis of historical, cultural, and social factors. It requires balancing respect for cultural traditions with the pursuit of gender equality and leveraging both local and global resources to address the unique challenges faced by Nigerian women.

The Difficulty in women liberation in Nigeria

The impacts of the development of feminism in the present day Nigerian society have been very significant. However, the point still remains that there are still encumbrances to feminism's task of liberating women in Nigeria. For instance, culture and tradition, misconception of religion regarding women's role, human physiology, and poverty/unemployment have constituted serious difficulty in women liberation in many ways.

Culture and Tradition: Culture plays an extensive role in traditional African societies like Nigeria. It embodies the summation of the way of life of people in a given society. Culture and tradition as it were, have been the justification and refuge for inhuman treatments against women. It is a culture that has imprisoned women and denied them the realization of being

Treated inhumanly in Nigeria. Feminists must thrive to combat the long-standing cultural and traditional statuesque limiting the full emancipation of women.

Patriarchy: According to (Mama, 2015). Most women are trapped in the daily business of securing the survival of themselves, their homes and localities but this is a portrayal of staunch patriarchal power and all the social, political and economic injustices meted out to Africans and Nigerian Women in particular.

Religion: Religion and religious institutions have been described as the driving force responsible for the reproduction of gender ideologies that oppress and subjugate women; and asserting the superiority of men (Mama in Adamu, 2018). It should be stressed however here that, misconception in religion made some people to think that women oppression is religiously inclined. And religiously rooted. Far from that. Religion basically plays a dominant role in private and public life in most developing countries and has lead series of Women emancipation movement that supports women development.

The Milestones of Feminism in Nigeria

Historically, several women have stood out for the liberation of women. Queen Amina of Zazzau and Queen Kambassa of Bonny were classic examples demonstrating the feminine might in the military in Nigeria. While queen Amina led troops, fought wars, and forced emirates like Katsina and Kano to pay tributes to her State, queen Kambassa pioneered the militarization of the Bonny Kingdom (Awe, 1992). The duo legends demonstrate the possibility of winning the fight for women liberation in the Nigerian military and in the world at large. The Iyoba Idia of Benin showcased her ability in Benin City upon the death of her husband. She fought for the right of Obaship for her son, Esigie, and repositioned the political structure of the Benin Kingdom.

There are organizations that have hitherto made it possible for feminism to thrive in Nigeria. The Women's Aid Collective (WACOL) provides one example of a successful contextualized feminist effort to promote women's rights through Sharia. It provides legal education and assistance to women and girls in northern Nigeria. It has initiated legal aid, women's rights and access to justice projects in many northern States. Another organization is Women in Nigeria. (WIN). It organized workshops all over Nigeria helping women to fight for their rights.

The Way Forward for Feminism in Nigeria

From the foregoing, it is apparent that feminism in Nigeria is yet to garner momentum like in European and some other African countries. Feminism in those countries has been a success largely because of the availability of employment and educational opportunities for women. Unemployment, abject poverty and other effects of underdevelopment pose a great danger to women aspirations to attain greater hieghts. Most parents are unable to train their children in school partly due to unequal opportunity access that and a discriminatory sponsorship favors the male child while the girl child is sent off early to marry, hawk, and in extreme cases prostitute. Some of the girls are certainly abused and exploited sexually; some end up being psychologically battered and also infected with deadly sexually transmitted diseases. The Federated Muslim Women Organization in Nigeria (FOMWAN) is an Islamic group that fought for Women's right according to Islam. This group built schools in many town and communities across the Northern Nigeria where they offered Women sensitization on the rights of Women including and not limited to providing scholarships to indigent girls to enrol and participate in formal schooling from Primary to secondary levels. This initiative has liberated many girls from vulnerability to modern slavery and sexual exploitation. Beneficiaries of this initiative have transited to tertiary education levels and are currently gainfully employed in many areas of human endeavour.

Conclusion

In conclusion, there is no reason why women should not raise their voices to combat all the atrocities against them. Gender discrimination hampers economic development. Poverty has caused incidences of insecurity, violence, kidnapping, promiscuity and prostitution. Feminists in Nigeria may need to continue striving for women empowerment in the society. This will reduced poverty. Inherited unproductive and visionless customs and tradition which discriminates and subjugates women to the lowest level. Parents should raise children on the basis of equality. Faith groups and movements should eschew the parochial view of women as inferior. Women advocacy groups and institutions are expected to be forthcoming in their campaigns for justice and the issue of inequality. Finally, women are created equal and not inferior to men. If gender equality is harnessed, Nigerian Women have the potential to contribute to Nigeria's transformation conspicuously.

References

1. (2018). Gender, hisba and the enforcement of morality in northern Nigeria. Journal of the International African Institute 78(1), 136-152.

2. Awe, B. (1992). Nigerian women in historical perspectives. Ibadan: Sankore/Bookcraft.

3. Freedman, E. (2016) Some Definitions of Feminism. The Feminist Resource Website.

4. Hawkesworth, J. (2016): The History of Feminism. Accessed and retrieved via Wikipedia Encyclopedia.

5. Mama, A. &, Salo, E. (2021). Talking about feminism in Africa. Agenda: Empowering Women for Gender Equality 50, 58-63.

6. Mama, A. (2015). Feminism or femocracy? State feminism and democratization in Nigeria.

7. Pittin, R. (2010). Selective education: Issues of gender, class and ideology in northern Nigeria. Review of African Political Economy 17(48), 7-25.

8. Shettima, A. (2015). Engendering Nigeria's third republic. African Studies Review 38(3), 61–98.

9. Smith, B. (2019) Some Definitions of Feminism. The Feminist Reource Website.

10.United Nations General Assembly Resolution 48/104 Containing the Declaration on the Elimination of Violence against Women (2014). International Legal Matters 33(4), 1049–1054.

УДК 338.1

Кузнецова А.Р., доктор экономических наук, профессор;
Жолдоякова Г.Е., старший преподаватель

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, Российская Федерация
Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина, г. Астана, Казахстан

УРОВЕНЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ОСНАЩЕННОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В ОТРАСЛИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Аннотация. Республика Башкортостан всегда была и является развитым аграрным регионом. За период с 2015 по 2022 гг. валовая продукция сельского хозяйства возросла на 72%, составив 258 млрд.руб. В регионе активно вводятся производственные мощности, общее потребление электрической энергии в отрасли сельского хозяйства Республики Башкортостан возросло в 4 раза. Урожайность зерновых за анализируемый период в среднем возросла на 60%. Численность работников, занятых в отрасли, в анализируемой динамике сократилась на 48%. Уровень производительности труда в анализируемой динамике возрос в 3,3 раза, составив 2,4 млн. руб. на одного работника в 2022 г.

Abstract. The Republic of Bashkortostan has always been and is a developed agricultural region. For the period from 2015 to 2022. gross agricultural output increased by 72%, amounting to 258 billion rubles. Production capacities are being actively introduced in the region, the total consumption of electrical energy in the agricultural sector of the Republic of Bashkortostan has increased 4 times. Grain yields over the analyzed period increased by an average of 60%. The number of workers employed in the industry decreased by 48% in the analyzed dynamics. The level of labor productivity in the analyzed dynamics increased 3.3 times, amounting to 2.4 million rubles. per employee in 2022

Ключевые слова. Техника, обеспеченность, сельское хозяйство, урожайность, производительность труда, валовая продукция, трудовые ресурсы.

Keywords. Technology, security, agriculture, productivity, labor productivity, gross output, labor resources.

Республика Башкортостан всегда была и является развитым аграрным регионом и в настоящее время занимает восьмое место в Российской Федерации по валовой продукции сельского хозяйства с удельным весом 3%. В Приволжском федеральном округе по данному показателю регион занимает третье место с удельным весом 12,7%. За период с 2015 по 2022 гг. валовая продукция сельского хозяйства возросла со 150 до 258,3 млрд.руб., темп роста составил 72,2%. За период с 2015 по 2022 гг. в Республике Башкортостан увеличилось производство зерна – на 66,5%, составив 5003,9 тыс.тонн; подсолнечника – на 85,5%, составив 448,7 тыс.тонн. Поголовье свиней увеличилось на 28,3%, составив 573,6 тыс.гол. Производство скота и птицы на убой увеличилось на 7,9%, составив 423,2 тыс.тонн; производство яиц возросло на 25,6%, составив 1120,7 млн.шт. Исследованию тенденций развития рынка труда в Республике Башкортостан посвящены работы Ахметьяновой А,И., Кузнецова А.И.[1, 7], Саитовой Р.З., Ахметьяновой А.И., Колевид Г.Р. [9], вопросам повышения производительности труда в регионе посвящены работы Дегтярева А.Н., Кузнецовой [2, 3, 4, 8] и других ученых.

Результаты исследования. Согласно данным официальной статистики Башкортостанстата, количество тракторов за последние восемь лет сократилось на 40%, тракторных прицепов – на 38,2%, плугов – на 40,8%, культиваторов – на 44,4%, сеялок – на 46,9%, пресс-подборщиков – на 30%, зерноуборочных комбайнов – на 36,3%, картофелеуборочных – на 48,6%. Количество дождевальных и поливных машин увеличилось на 12,8%. Возросла нагрузка пашни на один трактор – с 301 до 477 га. Положительно то, что на 1000 га посевов стало приходиться вместо 18 уже 46 картофелеуборочных комбайнов, т.е. в 2,6 раза больше (таблица 1).

Таблица 1 – Обеспеченность сельскохозяйственных организаций Республики Башкортостан тракторами и комбайнами [5]

Показатели	2015	2018	2019	2020	2021	2022	2022 в% к 2015
Приходится тракторов на 1000 га пашни, шт.	3	2	2	2	2	2	66,7
Нагрузка пашни на 1 трактор, га	301	469	497	457	484	477	158,5
Приходится комбайнов на 1000 га посевов (посадки) соответствующих культур, шт.:							
зерноуборочных	2	2	2	2	2	2	100,0
картофелеуборочных	18	21	27	42	49	46	в 2,6 раза
свеклоуборочных машин	3	3	3	4	3	3	100,0
Приходится посевов (посадки) соответствующих культур на 1 комбайн, га:							
зерноуборочный	418	505	494	492	493	481	115,1
картофелеуборочный	56	47	37	24	20	22	39,3
свеклоуборочную машину	289	348	382	261	330	368	127,3
Приходится на 100 тракторов, шт.:							
плугов	29	28	28	27	28	29	100,0
культиваторов	40	39	38	37	39	38	95,0
сеялок	46	43	43	43	42	41	89,1
грабель	8	8	9	7	8	8	100,0
косилок	13	14	14	14	14	14	107,7

Количество тракторов на 1000 га пашни уменьшилось на 33%, на один трактор стало приходиться на 58,5% пашни больше (477 га в 2022 г). Количество зерноуборочных и свеклоуборочных комбайнов на 1000 га посевов не изменилось, составив, по 2 и 3 соответствующих типов комбайнов на 1000 га посевов; число картофелеуборочных комбайнов возросло в 2,6 раза (46 комбайнов на 1000 га посевов). Размеры посевов на один зерноуборочный комбайн увеличилось на 15%, составив 481 га; на свеклоуборочную машину – на 27,3%, составив 368 га. При этом нагрузка на картофелеуборочный комбайн уменьшилась на 60%, составив 22 га на одну машину. Количество косилок увеличилось на 7,7%, культиваторов – на 5%, сеялок – на 11%. Количество плугов и грабель на 100 тракторов в отрасли не изменилось.

За период с 2015 по 2022 гг. в АПК республики активно вводятся производственные мощности, в т.ч. построено помещений для крупного

рогатого скота на 24,7 тыс. мест; для свиней – на 308,9 тыс. мест; для овец – на 0,5 тыс. мест; для кроликов – на 1,6 тыс. мест; помещений для птицы – на 35,1%. Кроме того, было построено теплиц под стеклом – на 45,3 тыс. кв. м; пленочных теплиц – на 1,4 тыс.кв. м; стационарных зерносушилок – на 581,1 тонн в час; зернохранилищ – на 66,8 тыс. тонн. Общее потребление электрической энергии возросло в 4 раза.

За период с 2015 по 2022 гг. урожайность практически всех видов растениеводческих культур возросла (таблица 2).

Таблица 2 – Уровень урожайность сельскохозяйственных культур в Республике Башкортостан (центнеров с одного гектара убранной площади) [5]

Показатели	2015	2018	2019	2020	2021	2022	2022 в% к 2015
Зерно (в весе после доработки)	17,8	18,6	19,8	22,0	14,0	28,5	160,1
рожь озимая	17,4	20,4	19,6	24,5	15,7	26,4	151,7
пшеница	18,1	19,6	20,2	23,1	14,4	30,1	166,3
ячмень	19,2	18,9	21,2	20,7	14,4	30,7	159,9
тритикале	16,2	19,0	18,5	23,5	12,7	27,8	171,6
овес	16,7	16,4	17,3	17,9	11,2	24,2	144,9
просо	11,9	14,0	12,4	14,1	8,2	15,2	127,7
гречиха	11,7	9,7	11,2	11,9	7,1	11,1	94,9
зернобобовые	15,8	15,2	17,3	20,2	11,1	23,1	146,2
Кукуруза на зерно	36,0	34,6	48,7	55,7	29,0	41,0	113,9
Семена подсолнечника	11,9	14,5	14,3	13,9	12,3	15,5	130,3
Картофель	126,5	166,4	176,1	157,4	111,8	131,0	103,6
Овощи	189,2	226,4	218,6	220,7	219,2	228,5	120,8
Кукуруза на силос, зеленый корм и сенаж	210,0	200,8	230,9	235,5	145,7	194,7	92,7
Кормовые корнеплоды	187,6	209,9	211,4	221,3	211,2	206,1	109,9
Сено многолетних трав	17,2	18,2	17,3	20,3	13,0	23,0	133,7
Сено однолетних трав	17,3	17,2	18,0	20,5	14,8	23,0	132,9
Сено естественных сенокосов	10,3	10,1	9,5	10,2	8,7	10,2	99,0

Урожайность зерновых за анализируемый период возросла в среднем на 60%, составив 28,5 ц/га; ржи озимой – на 51,7%, составив 26,4 ц/га; пшеницы – на 66,3%, составив 30 ц/га; ячменя – на 60%, составив 30,7 ц/га; тритикале – на 72%, составив 72%, составив почти 28 ц/га; овса – на 45%, составив 24 ц/га; просо – на 28%, составив 15 ц/га; зернобобовых – на 46%, составив 23 ц/га. Среди зерновых уровень урожайности гречихи в 2022 г. в сравнении с 2015 г. уменьшился на 5%. Уровень уро-

жайности кукурузы на зерно увеличился на 14%, составив 41 ц/га; уровень урожайности подсолнечника – возрос на 30%, составив 15,5 ц/га; вровень урожайности картофеля увеличился на 3,6%, составив 131 ц/га; овощей – на 20,8%, составив 228,5 ц/га; кормовых корнеплодов – на 9,9%, составив 206 ц/га; сена многолетних и однолетних трав – на 33%, составив по 23 ц/га. Уровень урожайности в 2022 г. в сравнении с 2015 г. уменьшился по кукурузе на силос – на 7,3%, состав около 195 ц/га.

Из года в год растет и уровень производительности труда (рисунок 1).

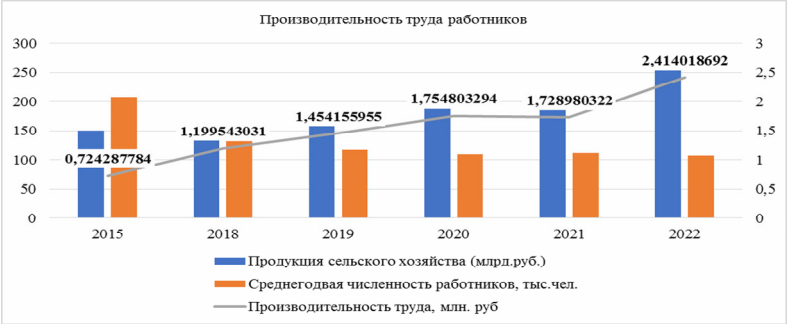


Рисунок 1 – Производительность труда в сельском хозяйстве Республики Башкортостан [5, 6]

Согласно официальным данным статистики, размер валовой продукции сельского хозяйства за период с 2015 по 2022 гг. в Республике Башкортостан возрос на 72,2%, при этом численность работников сократилась на 48%. Уровень производительности труда в анализируемой динамике возрос в 3,3 раза, составив 2,4 млн. руб. на одного работника в 2022 г. Если в 2015 г. производительность труда в расчете на одного работника была равной 720 тыс. руб. на одного работника, то к 2022 г. уровень производительности труда в отрасли сельского хозяйства возрос до 2,4 млн. руб. в расчете на одного официально занятого работника.

Список использованной литературы

1. Ахметьянова, А. И. Взаимодействие торговли и рынка труда в Республике Башкортостан / А. И. Ахметьянова, А. И. Кузнецов // Уфимский гуманитарный научный форум. – 2023. – № 3(15). – С. 246–254. – DOI 10.47309/2713-2358-2023-3-246-254. – EDN TNUBWD.

2. Дегтярев, А. Н. Производительность труда и трудовые ресурсы в промышленности Республики Башкортостан / А. Н. Дегтярев, А. Р. Кузнецова // Уфимский гуманитарный научный форум. – 2024. – № 1(17). – С. 13-37. – DOI 10.47309/2713-2358-2024-1-13-37. – EDN QJUQER.

3. Кузнецова, А. Р. Производительность труда в сельском хозяйстве Свердловской и Курганской областей / А. Р. Кузнецова, С. Г. Головина, Е. М. Кот // Уфимский гуманитарный научный форум. – 2024. – № 1(17). – С. 123-141. – DOI 10.47309/2713-2358-2024-1-123-141. – EDN ZGJOTK.

4. Кузнецова, А. Р. Производительность труда и трудовые ресурсы в строительстве Республики Башкортостан / А. Р. Кузнецова, А. Н. Дегтярев // Уфимский гуманитарный научный форум. – 2024. – № 1(17). – С. 106–122. – DOI 10.47309/2713-2358-2024-1-106-122. – EDN RUQGQO.

5. Сельское хозяйство Республики Башкортостан: статистический сборник – Уфа: Башкортостанстат, 2023 г. – 172 с.

6. Труд и занятость в Республике Башкортостан: Статистический сборник/ Башкортостанстат – Уфа, 2023 – 126 с.

7. Akhmetyanova, A. Improving employee motivation system to work in the "Luch"Ltd. of Baltachevski district / A. Akhmetyanova, Z. R. Zagirova // Foreign Language In Professional Communication-9 : материалы IX Всероссийской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов, Уфа, 22 апреля – 14 2019 года / Пешкова Н.П., ответственный редактор. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2019. – P. 382–383. – EDN RUDXZC.

8. Differentiation of the level of labour productivity and pay as the basis for changing the labor market / A. Makhmutov, G. Kolevid, A. Kostyaev [et al.] // The 13th international days of statistics and economics : Conference Proceedings, Prague, 05–07 сентября 2019 года. – Prague: Libuše Macáková, 2019. – P. 1022–1032. – DOI 10.18267/pr.2019.los.186.102. – EDN FFDBSF.

9. Саитова, Р. З. Проблемы воспроизводства трудовых ресурсов / Р. З. Саитова, А. И. Ахметьянова, Г. Р. Колевид // Фундаментальные исследования. – 2018. – № 2. – С. 152–157. – EDN YSEXJN.

УДК 62-192(07)

Круглый П.Е., кандидат технических наук, доцент;
Василевский П.Н., старший преподаватель;
Шукан М.М., аспирант;
Круглый П.С., инженер

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПОТОКОВ ВОССТАНОВЛЕНИЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Аннотация. Приведена методика исследования потоков восстановлений работоспособности кормоуборочных комбайнов при их техническом сервисе. Выполнен анализ потоков восстановлений кормоуборочных комбайнов.

Abstract. The method of studying the flows of restoring the operability of forage harvesters during their technical service is given. The analysis of the recovery flows of forage harvesters has been performed.

Ключевые слова. Работоспособность, поток восстановлений, согласованность теоретического и экспериментального распределений, критерии согласия.

Keywords. Efficiency, recovery flow, consistency of theoretical and experimental distributions, criteria of agreement.

Исследование ремонтопригодности и в частности изучение и анализ потоков восстановлений работоспособности кормоуборочных комбайнов при организации их технического сервиса имеет большое значение [1–4]. От приспособленности конструкции машины к работам, предусмотренным системой технического обслуживания и ремонта, зависит ущерб, возникающий из-за пребывания машины в неработоспособном состоянии в связи с проведением этих работ. Ремонтопригодность кормоуборочных комбайнов – важнейшее эксплуатационно-техническое свойство.

На основе экспериментальных данных выполнен статистический анализ ремонтопригодности кормоуборочных комбайнов, т.е. установлен характер распределения времени восстановления их работоспособности.

На основании статистической совокупности времени восстановления построены статистические вариационные ряды. Установленные значения продолжительности времени восстановления комбайнов находились в пределах 0,07...8,00 ч [5–7].

При построении ряда потока времени восстановления работоспособности число интервалов определяется по формуле [5–7]

$$k_{max} \approx 1 + 3,3 \ln W, \tag{1}$$

где W – общее число отказов, зарегистрированных при экспериментальных исследованиях.

Количество интервалов, полученных из зависимости (1), может быть уменьшено до 7 или увеличено до 17.

Продолжительность интервала определяется из соотношения

$$\Delta t = \frac{t_{max} - t_{min}}{k_{max}}, \tag{2}$$

где t_{max}, t_{min} – максимальное и минимальное значения времени восстановления из полученной статистической совокупности.

Исходя из вида гистограмм и теоретического анализа выдвигается гипотеза о приемлемости для описания времени восстановления работоспособности кормоуборочных комбайнов экспоненциального закона. Указанный закон является однопараметрическим, зависящим от параметра μ. Параметр μ для эмпирического распределения в нашем случае есть не что иное, как величина обратная среднему времени восстановления $t_{ср}$.

По статистическим данным значение $t_{ср}$ определяется из зависимости

$$t_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{k_{max}} t_i W_i}{\sum_{i=1}^{k_{max}} W_i}, \quad (3)$$

где t_i – середина i-го интервала вариационного статистического ряда; W_i – количество отказов зафиксированных в i-ом интервале.

Среднее время восстановления работоспособности кормоуборочных комбайнов, рассчитанное по формуле (3), составило: для всех групп сложности 1,35 ч, для первой группы сложности 0,24 ч и для второй и третьей групп сложности 2,26 ч.

Статистическую проверку согласованности эмпирического распределения теоретическому чаще проводят с помощью критериев К. Пирсона (кси-квадрат) и А.Н. Колмогорова.

Принцип использования критериев согласия состоит в следующем. На основании экспериментальных данных необходимо проверить статистическую гипотезу H_o, заключающуюся в том, что случайная величина X подчиняется выбранному теоретическому закону распределения.

С целью принятия или опровержения гипотезы $\boldsymbol{H_o}$ рассматривают величину $\boldsymbol{U}$, которая характеризует степень расхождения статистического и эмпирического распределений. Эта величина может быть определена различными способами. Выбранная тем или иным способом величина $\boldsymbol{U}$ есть величина случайная, закон распределения которой зависит от распределения величины $\boldsymbol{X}$.

В случае если гипотеза $\boldsymbol{H_o}$ верна, то закон распределения величины $\boldsymbol{X}$ определяется законом распределения величины $\boldsymbol{U}$ и числом опытов. Допустим, что выбранная мера расхождения $\boldsymbol{U}$ приняла некоторое значение $\boldsymbol{u}$. В предположении, что гипотеза $\boldsymbol{H_o}$ верна, определим вероятность события $\boldsymbol{U \geq u}$, то есть вероятность того, что за счет случайных причин, обусловленных ограниченным объемом экспериментального материала, мера расхождения $\boldsymbol{U}$ будет не меньше опытного значения $\boldsymbol{u}$.

Если эта вероятность мала, то статистическая гипотеза $\boldsymbol{H_o}$ отвергается. В противном случае нужно признать, что опытные данные не противоречат принятой гипотезе $\boldsymbol{H_o}$.

Таким образом, возникает вопрос о способе выбора меры расхождения $\boldsymbol{U}$. При некоторых способах выбора закон ее распределения не зависит от закона распределения случайной величины $\boldsymbol{X}$. Например, при определении степени согласованности теоретического и экспериментального распределений по критерию Пирсона за меру расхождения принимается сумма квадратов отклонений, взятых с некоторыми коэффициентами ξ_k теоретических вероятностей P_k от соответствующих частостей ω_k

$$U = \sum_{k=0}^{k_{max}} \xi_k (\omega_k - P_k)^2. \quad (4)$$

Если принять

$$\xi_k = \frac{T}{P_k}, \tag{5}$$

то закон распределения случайной величины U не зависит от закона распределения величины X, а зависит от числа интервалов k_{max} и приближается к распределению кси-квадрат с плотностью

$$f(\chi^2; l) = \frac{1}{2^{l/2}\Gamma(\frac{l}{2})} (\chi^2)^{\frac{l}{2}-1} e^{-\frac{\chi^2}{2}}; \quad 0 \le \chi^2 \le \infty, \tag{6}$$

где $\Gamma(\alpha)=\int_0^\infty t^{\alpha-1}e^{-t}dt$ – гамма-функция.

Таким образом, при вышеуказанном способе выбора коэффициентов ξ_k мера расхождения (обычно обозначаемая χ^2) примет вид

$$\chi^2 = T \sum_{k=0}^{k_{max}} \frac{(\omega_k - P_k)^2}{P_k}. \tag{7}$$

Тогда, вводя T (для уборочно-транспортного комплекса T – период уборки в сутках) под знак суммы и, учитывая, что $\omega_k = T_k / T$, имеем

$$\chi^2 = \sum_{k=0}^{k_{max}} \frac{(T_k - TP_k)^2}{TP_k}, \tag{8}$$

где T_k – статистическая частота поступления требований на обслуживание машин (число суток, в которое поступило k требований); TP_k – теоретическая частота поступления требований на обслуживание.

Распределение кси-квадрат зависит от параметра l, названного числом степеней свободы и определяемого по формуле

$$l = k_{max} - q - 1, \tag{9}$$

где q+1 – число связей, наложенных на частости ω_k (q – количество параметров проверяемого теоретического закона, определенных с помощью экспериментальных данных).

Распределение кси-квадрат дает возможность оценить степень согласованности теоретического и статистического законов распределений. Если вероятность p (вероятность того, что за счет случайных причин, обусловленных ограниченным статистическим материалом, мера расхождения эмпирического и теоретического распределений (зависимость 8) будет не меньше, чем фактически полученное при эксперименте $\chi^2_{выч.}$) относительно велика, что можно констатировать, что гипотеза H_o не противоречит опытным данным. Если же вероятность p настолько мала, что

событие с такой вероятностью считается практически невозможным, то гипотеза H_o отбрасывается.

Нужно отметить, что критерий Пирсона является наиболее состоятельным при большом числе наблюдений. Этот критерий обеспечивает минимальную ошибку по сравнению с другими. Его можно использовать как для непрерывных, так и для дискретных случайных величин. Он применим и в случае определения параметров теоретического распределения по опытным данным, что учитывается коррекцией q (зависимость (3.9)). Критерий Пирсона является наиболее исчерпывающим при проверке характера функции параметра потока отказов. Заметим, что прежде чем проводить вычисления по критерию кси-квадрат, необходимо объединить частоты, встречаемость которых менее 5. При определении числа степеней свободы объединенные частоты на концах принимают за одну.

Таким образом, применение критерия Пирсона сводится к следующей схеме:

1) определяется мера расхождения $\chi^2_{выч.}$ (зависимость (7));

2) подсчитывается число степеней свободы (формула (8));

3) по $\chi^2_{выч.}$ и l определяется вероятность p (вероятность того, что величина, имеющая распределение χ^2 с l степенями свободы, окажется не меньше значения $\chi^2_{выч.}$**).** Если p ($\chi^2 \geq \chi^2_{выч.}$) ≥ 0,05, то выдвинутая гипотеза не противоречит экспериментальным данным.

Критерий Колмогорова проще критерия кси-квадрат, но его можно применять только для непрерывных случайных величин и при условии, что параметры проверяемого теоретического распределения заранее известны. Применение же этого критерия в случаях, когда параметры теоретического закона определяются по статистическим данным, приводит к риску принятия гипотезы, плохо согласующейся с экспериментальным материалом.

В нашем случае согласованность статистического распределения с теоретическим проверялась по критерию Пирсона, аналогично, как и при установлении согласованности потоков отказов [4], с той лишь разницей, что теоретическая вероятность i-го интервала определялась по формуле

$$P_j = \frac{\Delta t}{t_{ср}} e^{-t_i / t_{ср}}, \qquad (10)$$

Вероятности согласия p изменяются в пределах 0,10...0,80, что выше нижнего доверительного уровня, принятого равным 0,05.

Отсюда следует, что выдвинутая гипотеза о распределении времени восстановления работоспособности кормоуборочных комбайнов по экспоненциальному закону не противоречит полученному экспериментальному материалу.

Построение 90% доверительных границ для функции распределения времени восстановления также подтвердило сделанный выше вывод. При

построении доверительных границ доверительный интервал для $t_{ср}$ определялся зависимостями:

$$t_{ср}^{в} = t_{ср} \times r_1; \qquad t_{ср}^{н} = t_{ср} \times r_3, \tag{11}$$

где r_1 и r_3 – коэффициенты, определяемые по таблицам [7].

Показатели потоков восстановлений работоспособности комбайнов кормоуборочного комплекса приведены в таблице. Как видно из таблицы, параметр потока восстановлений комбайнов кормоуборочного комплекса составил: для отказов всех групп сложности 0,741 1/ч; для отказов первой группы сложности 4,219 1/ч; для отказов второй и третьей групп сложности 0,443 1/ч.

Таблица – Показатели потоков восстановлений работоспособности комбайнов кормоуборочного комплекса

Группа сложности отказов	Среднее время восстановления, ч	Параметр потока восстановлений, 1/ч
Первая-третья	1,35	0,741
Первая	0,24	4,219
Вторая, третья	2,26	0,443

Таким образом, результаты обработки статистической информации и проведенный анализ дает возможным считать приемлемым для описания распределения времени восстановления работоспособности кормоуборочных комбайнов экспоненциальный закон. Определены показатели потоков восстановлений работоспособности кормоуборочных комбайнов. Установлен параметр потоков восстановлений, который составил: для кормоуборочных комбайнов 0,741 1/ч. Полученные показатели потоков восстановлений работоспособности кормоуборочных комбайнов могут быть использованы для обоснования состава ремонтной службы и ее производительности.

Список использованной литературы

1. Тарасенко В.Е., Миклуш В.П., Жешко А.А. Надежность технических систем. – Минск: БГАТУ, 2015. – 204 с.

2. Анискович Г.И., Круглый П.Е., Кашко В.М. Надежность и ремонт сельскохозяйственной техники. – Минск: БГАТУ, 2010. – 44 с.

3. Круглый П.Е., Кашко В.М., Мисун А.Л. и др. Исследование и анализ ремонтопригодности кормоуборочных комбайнов при организации их технического сервиса. В сб. Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : материалы Междунар. научно-практ. конф., Минск, 24–25 октября 2019 г. – Минск: БГАТУ, 2019. – С. 111–113.

4. Ивашко В.С., Круглый П.Е., Кашко В.М. и др. Исследование и анализ потоков требований на обслуживание технических систем. – Изобретатель № 9 (213), 2017. – С. 33–37.

5. Юдин М.И. Техника применения математического аппарата теории вероятностей в надежности машин / М.И. Юдин, И.В. Карасев, Р.А. Титов и др. – Краснодар : Кубанский ГАУ, 2006. – 255 с.

6. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Задачи и упражнения по теории вероятностей. – М. : Высш. шк., 2002. – 448 с.

7. Кобзарь А.И. Прикладная математика. Для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.

Summary. The method of studying the flows of restoring the operability of forage harvesters during their technical service is given. The analysis of the recovery flows of forage harvesters has been performed.

УДК 621.432, 631.372

Тарасенко В.Е., кандидат технических наук, доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация. Представлены результаты анализа методов функционального диагностирования автотракторных двигателей, описаны современные приемы контроля износа трущихся деталей в режиме реального времени и виброакустические методы, позволяющие в совокупности обеспечить индивидуализацию оценки состояния двигателя в течение срока эксплуатации. Приведены характерные фазы проявления дефектов для 4-х тактного двигателя, а также спектральные области проявления дефектов.

Abstract. The results of an analysis of methods for functional diagnostics of automobile and tractor engines are presented, modern techniques for monitoring the wear of rubbing parts in real time and vibroacoustic methods are described, which together make it possible to individualize the assessment of the condition of the engine during its service life. The characteristic phases of the manifestation of defects for a 4-stroke engine are given, as well as the spectral regions of the manifestation of defects.

Ключевые слова. Диагностирование, двигатель, метод, износ, датчик, сигнал, вибрация, спектр.

Keywords. Diagnosis, engine, method, wear, sensor, signal, vibration, spectrum.

В мировой практике создания и эксплуатации машин актуальными остаются проблемы обеспечения надежности их работы, безразборного контроля и прогнозирования технического состояния. Увеличение ресурса и повышение надежности машин и механизмов предполагают переход на эксплуатацию технических объектов по фактическому состоянию, а это возможно только при наличии эффективных методов и средств диагностирования [1].

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что внедрение современных средств диагностирования является одним из важнейших факторов повышения экономической эффективности использования машин и механизмов в народном хозяйстве [1].

Достаточно полная классификация методов диагностирования автотракторных двигателей изложена в работах Мигаля В.Д. [2, 3], где рассмотрены интеллектуальные и инструментальные методы. Наибольший интерес в виду высокой степени достоверности данных представляют группы методов контроля износа трущихся деталей и смазки, виброакустические, энергетические и гидрогазоаэродинамические методы.

Известна малогабаритная система встроенного контроля "АИДА" [4, 5] для определения степени износа кривошипно-шатунного механизма (КШМ) и цилиндропоршневой группы (ЦПГ) ДВС в режиме реального времени и прогнозирования их остаточного ресурса. Диагностическими признаками в данном случае являются концентрация, размер и материал продуктов износа. Они позволяют определить возможные места и стадии износа, а изменение концентрации показывает интенсивность развития неисправностей. При этом происходит осаждение из масла продуктов износа (Fe, Pb, Sn) в рабочий объем датчика с определением их состава и массы электронным блоком. Данная система имеет высокую чувствительность (около 0,0001 г. массы частиц износа в рабочем объеме датчика), большой диапазон регистрации металлов и сплавов и высокую надёжность.

Новые комбинированные пьезоэлектрические датчики (на основе монокристаллического кварца) и алгоритмы оценки состояния масла (ОСА) способны определять его состояние на основе параметров, которые непосредственно измеряются в масле (динамическая вязкость, удельная плотность, диэлектрическая проницаемость, проводимость, уровень масла и его температура) [18]. В отличие от общепринятых концепций и алгоритмов оценки состояния масла, в настоящее время можно за счет интеграции всей системы аппаратного и программного обеспечения управления состоянием масла мобильных машин более конкретно и точно адаптировать интервалы технического обслуживания и замены масла к двигателю соответствующего мобильного средства и режиму его эксплуатации.

Исследования многих отечественных и зарубежных ученых позволяют утверждать о том, что вибрации являются носителями уникальной информации о тончайших нюансах поведения конструкции и действующих в ней рабочих процессов. По быстроте реакции на любые изменения состояния вибрациям нет равных среди других сопровождающих физических явлений. Структуры вибраций указывают на свое происхождение, т.е. демаскируют дефект. После устранения дефекта вибрации существенно ослабевают [6].

Вибросигналами оценивают зазоры и некоторые дефекты сопряжений. Но и один механизм эмиссирует широкий спектр реверберирующих сигналов от десятка Гц до сотен кГц и МГц, т.е. образуется широкополосный виброакустический фон, в котором полезный сигнал скрыт. В нем выделить нужный сигнал затруднительно, отношение полезного вибросигнала к фону порой не велико, добротность диагностики порой не высока [7].

При виброконтроле получают разнообразные, порой трудно понимаемые спектры, осциллограммы и другие характеристики сигналов, хотя некоторые из них имеют информативные качественные признаки и количественные характеристики. Поэтому чтобы из вибрационного фона выделить сигнал от одного механизма при работе в агрегате нескольких требуются установка самого информативного режима работы объекта контроля, специальная установка вибродатчиков, частотная и временная селекция сигналов в виброаппаратуре [7].

Анализ литературных источников [1, 6, 8-11, 14-17] позволил установить характерные фазы проявления дефектов для 4-х тактного двигателя (рисунок 1), а также спектральные области проявления дефектов (рисунок 2).

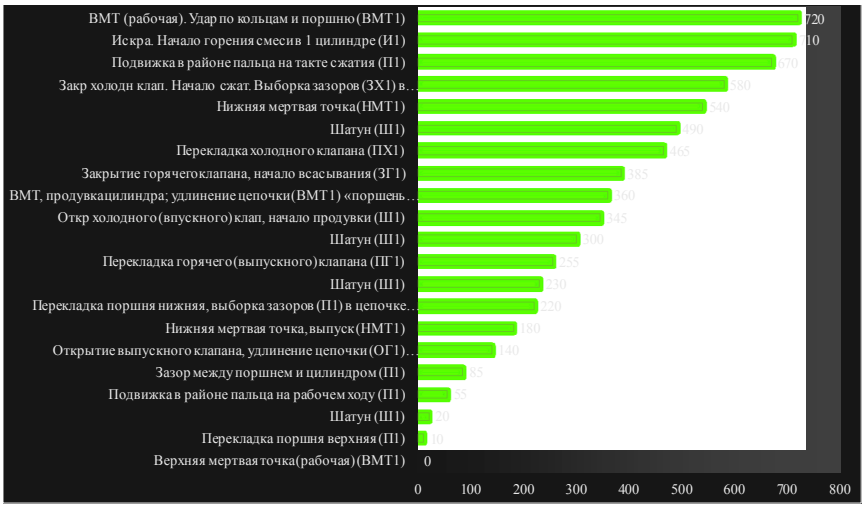


Рисунок 1 – Характерные фазы проявления дефектов для 4-х тактного двигателя (по углу поворота коленчатого вала двигателя)

В рамках гранта Президента Республики Беларусь в сфере науки в лаборатории технического сервиса топливной аппаратуры и агрегатов гидросистем БГАТУ выполнен комплекс работ по испытанию форсунок CRIN2 автотракторных дизелей различной наработки (в том числе и новой форсунки) и последующему анализу их вибрационных характеристик.

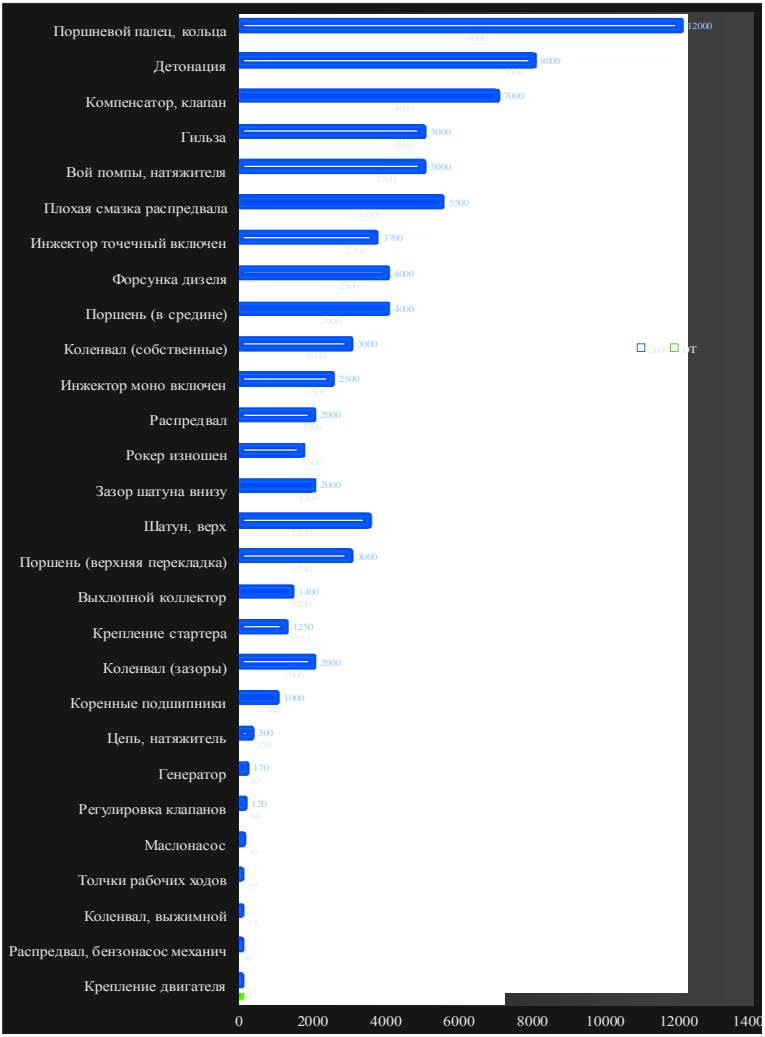


Рисунок 2 – Характерные спектральные области проявления дефектов

На стенде CR-jet 4E (Dieselland) с использованием разработанной многоканальной измерительной системы с гибкой структурой испытаны форсунки CRIN2 Bosch (типовые номера 0445120141 и 0445120074) при давлении впрыска в них 158, 500 и 1600 бар [7, 12]. При этом вибродатчики MPU9150 крепили на форсунках, а для акустики использовали цифровой миниатюрный MEMS-микрофон INMP621. Разработанный прибор

отображает в режиме реального времени вибросигналы относительно системы координат *xyz*, создает АЧХ быстрым преобразованием Фурье. Прибор сохраняет сигналы для их последующей вейвлет-обработки. Изначально они записывались в бинарные файлы с расширением bin, а позднее – в wav-файлы с фиксацией момента перехода на следующий тест-план. Фиксировали температуру форсунок, а их шум записывали в wav-файл [7].

Разложение исходного сигнала на уровни и регистрация амплитуд колебаний, характерных определенным уровням разложения, позволяет составить характерные частоты колебания элементов форсунки. Изучение виброакустических характеристик рассматриваемых форсунок (как новых, так и с наработкой) и регистрация изменения характерных частот в зависимости от наработки, позволяет диагностировать техническое состояние каждой рассматриваемой форсунки и прогнозировать ее ресурс. Методами обработки сигнала могут служить как спектральный анализ, так и вейвлет-преобразование.

В настоящее время осуществима регистрация процесса индицирования двигателя в режиме реального времени, связанного с записью быстроизменяющихся давлений в его цилиндрах и внутренних полостях. Это позволяет с наибольшей достоверностью определять среднее индикаторное давление и индикаторную мощность двигателя, оценивать особенности отдельных рабочих процессов, механические потери на трение, показатели политроп сжатия и расширения, жесткость работы двигателя и иные закономерности.

В связи с этим упомянутая выше многоканальная измерительная система дополняется функциональными возможностями по регистрации и оценке процесса индицирования.

Также проводятся работы по оценке достаточно нового метода контроля давлений в цилиндрах двигателя и внутренних полостях с помощью свечей накаливания с датчиками давления в цилиндре. Для экспериментальных работ приняты высокотехнологичные свечи BERU 0103010907, серийно устанавливаемые на автомобили OPEL.

Таким образом, при оценке состояния систем и механизмов двигателя наиболее результативным и достоверным является комплексный подход, когда данные, к примеру, виброакустических наблюдений дополняются и сопоставляются с данными методов контроля износа конкретных трущихся деталей и результатами индицирования. За счет управления состоянием масла мобильных машин в режиме реального времени стало возможным точно адаптировать интервалы замены масла в соответствии с его фактическим состоянием к соответствующему мобильному средству и режиму его эксплуатации.

Методами обработки сигнала могут служить как спектральный анализ, так и вейвлет-преобразование. В последующих исследованиях целесообразно сочетание разработанного и известных методов диагностирования автотракторных двигателей.

Список использованной литературы

1. Балицкий, Ф.Я. Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов / Ф.Я. Балицкий, М.А. Иванова, А.Г. Соколова [и др.]. – М.: Наука, 1984. – 119 с.

2. Мигаль В.Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учебное пособие в 3-х томах. Т.1. Объекты и методы диагностирования / В.Д. Мигаль. – Харьков: Майдан, 2014. – 459 с.

3. Мигаль В.Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учебное пособие в 3-х томах. Т.2. Неисправности, параметры и средства диагностики / В.Д. Мигаль. – Харьков: Майдан, 2014. – 403 с.

4. Матвеевский, Б.Р. Метод контроля износа узлов трения / Б.Р. Матвеевский, В.Р. Матвеевский // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2011, № 1. С. 14-16.

5. Устройство для контроля износа пар трения: пат. РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ, МПК (2006.01) G01N 3/56 / Б.Р. Матвеевский, В.Р. Матвеевский. – № 77 438 U1; заявл. 30.04.2008; опубл. 20.10.2008.

6. Коновалов, А.И. Диагностируем на «Дельфине». Методическое пособие / А.И. Коновалов, О.Н. Лукьяненко // Луганск. – 2006. – 100 с.

7. Жешко, А.А. Диагностирование многоканальной измерительной системой с гибкой структурой форсунок фирмы BOSCH / А.А. Жешко, В.Е. Тарасенко, О.Ч. Ролич, А.В. Дунаев // Технический сервис машин. – 2021. – Т.59. № 1 (142). – С. 55–64.

8. Мордасов, В.И. Лазерная виброакустическая диагностика дефектов многослойных конструкций : учеб. пособие / В.И. Мордасов, Н.А. Сазонникова, С.А. Сорокина [и др.]. – Самара: Изд-во Самар, гос. аэрокосм, ун-та, 2008. – 80 с.

9. Герике, П.Б. Анализ виброакустических характеристик двигателей внутреннего сгорания / П.Б. Герике // Горные машины и оборудование. – 2014. – №2. – С. 15–18.

10. Щеглов, В.А. О возможности диагностики цилиндро-поршневой группы ДВС методом частотно-амплитудного анализа сигнала вибрации с использованием вейвлет-анализа / В.А. Щеглов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2015. – Т.1. № 3. – С. 1–8.

11. Ширман, А.Р. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования / А.Р. Ширман, А.Б. Соловьев. – М.: 1996. – 276 с.

12. Тарасенко, В.Е. Результаты диагностирования форсунки CRIN2 дизеля трактора «Беларус-3522.5» / В.Е. Тарасенко, О.О. Мухля, М.Д. Бобриков, Д.Д. Попека // Проблемы и перспективы развития инженерной науки в АПК : материалы Международной науч.-практич. конф., посвящённой 65-летию работы кафедры эксплуатации и ремонта машин инженерного факультета и 90-летию д.т.н., профессора, почётного работника высшего профессионального образования Российской Федерации Зорина Александра Ивановича (Ижевск, 13–15 февраля 2024 года). – Ижевск : УдГАУ, 2024. – С. 47–53.

13. Тарасенко, В.Е. Анализ вибрационных характеристик форсунок CRIN2 автотракторных дизелей / В.Е. Тарасенко // Аграрное образование и наука для агропромышленного комплекса : материалы республиканской научно-практической конференции. Белорусская агропромышленная неделя БЕЛАГРО-2024 / редкол.: В.А. Самсонович (гл. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2024. – С. 254–257.

14. Jorge Duarte-Forero. Failure analysis in single-cylinder diesel engine SK-MDF300 through acoustic emissions / Duarte-Forero Jorge, Sergio Andrés Ramón-Ramón, Guillermo

Valencia-Ochoa // Respuestas, Journal of Engineering Sciences. – 2020. – 25(2) May-August. – pp. 83–90.

15. Elamin, Fathi. Fault Detection and Diagnosis in Heavy Duty Diesel Engines Using Acoustic Emission / Fathi Hassen Elamin // Doctoral thesis, University of Huddersfield. – November 2013. – 265 p.

16. B. Ribbens, William. Incipient failure detection in bus engine components / William B. Ribbens, Mitra Naaseh // Center for Transit Research and Management Development University of Michigan Transportation Research Institute. – MARCH, 1987. – 71 p.

17. Chaitidis, G.D. Vibration Analysis of a Common Rail Diesel Engine using Biodiesel: A Case Study / G.D. Chaitidis, T.S. Karakatsanis, V. Kanakaris [and others] // Journal of Engineering Science and Technology Review. – 12 (5). – 2019. – pp. 167–175.

18. Dobrinski, H. Micro-sensors for automotive liquid properties monitoring (D5.4) / Heiko Dobrinski, Torsten Eggers, Jörg Stürmann [and others] // SENSOR + TEST Conferences. – 2011, SENSOR Proceedings. – pp. 612–617.

Summary. When assessing the condition of engine systems and mechanisms, the most effective and reliable is an integrated approach, when data, for example, from vibroacoustic observations are supplemented and compared with data from methods for monitoring wear of specific rubbing parts and indexing results. By managing the oil condition of mobile vehicles in real time, it is possible to precisely adapt the oil change intervals in accordance with its actual condition to the corresponding mobile vehicle and its operating mode. Signal processing methods can include both spectral analysis and wavelet transform. In subsequent studies, it is advisable to combine the developed and known methods for diagnosing automobile and tractor engines.

УДК 621.432, 631.372

Тарасенко В.Е., кандидат технических наук, доцент;
Василюк М.В., студент;
Жешко А.А., кандидат технических наук, доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРАЦИИ ДВИГАТЕЛЯ ТРАКТОРА «БЕЛАРУС-3022ДЦ.1»

Аннотация. Изложены результаты исследования вибрации двигателя трактора «БЕЛАРУС-3022ДЦ.1» с использованием многоканальной измерительной системы. Выполнен анализ данных, определены пиковые виброускорения для спектра вибрации двигателя, а также зависимости автокорреляции от задержки для спектра вибрации с шагом 200 Гц.

Abstract. The results of a study of engine vibration of the tractor "BELARUS-3022DC.1" using a multi-channel measuring system are presented. Data analysis was performed, peak vibration accelerations were determined for the engine vibration spectrum, as well as the dependence of autocorrelation on delay for the vibration spectrum with a step of 200 Hz.

Ключевые слова. Двигатель, диагностика, вибрация, датчик, сигнал, частота, спектр, ускорение.

Keywords. Engine, diagnostics, vibration, sensor, signal, frequency, spectrum, acceleration.

Основной методикой виброакустического диагностирования дизельных двигателей является построение упрощенных моделей колебаний в системе двигателя и проведение значительного количества виброакустических исследований узлов и деталей с целью сбора статистической информации о вибрационных характеристиках на различных режимах работы. Построение прогнозов о состоянии и остаточном ресурсе представляется возможным путем сопоставления статистических данных исправного и неисправного узла двигателя.

Для обработки данных виброакустических исследований используются различные методики. Основным методом исследования является спектральный анализ, который позволяет качественно и количественно изучить информацию, предоставляемую виброакустическим сигналом. В рамках спектрального анализа целесообразно провести анализ пиков в спектре, определить их шаг. Также важным этапом обработки сигнала является определение его периодичности с помощью автокорреляции.

С использованием многоканальной измерительной системы с гибкой структурой [1] выполнены измерения вибрации двигателя Deutz BF06M1013FC трактора «Беларус-3022ДЦ.1» при частоте вращения коленчатого вала двигателя 900 мин$^{-1}$.

Этапы предварительной обработки сигнала, нахождения и анализа его пиков состояли в следующем. Для нахождения пиков спектра вибрации двигателя трактора «Беларус-3022ДЦ.1» использовали функцию

$$[pks, locs] = findpeask[data], \quad (1)$$

где pks – вектор содержащий значения локальных максимумов сигнала; $locs$ – вектор со значениями частот, соответствующих найденным локальным максимумам; $data$ – вектор со значениями виброускорений.

Для нахождения пиков в спектре вибрации дизеля Deutz $data1$, вычисляли значения pks по функции (1). Результат вычисления пиков представлен на рисунке 1. Анализ данных показывает, что некоторые пиковые значения

виброускорений неравномерно распределены по спектру частот. Это можно объяснить наличием посторонних шумов при проведении виброакустических испытаний дизеля. Для равномерного распределения частот введен в функцию (1) дополнительный параметр, равный шагу расположения пиков.

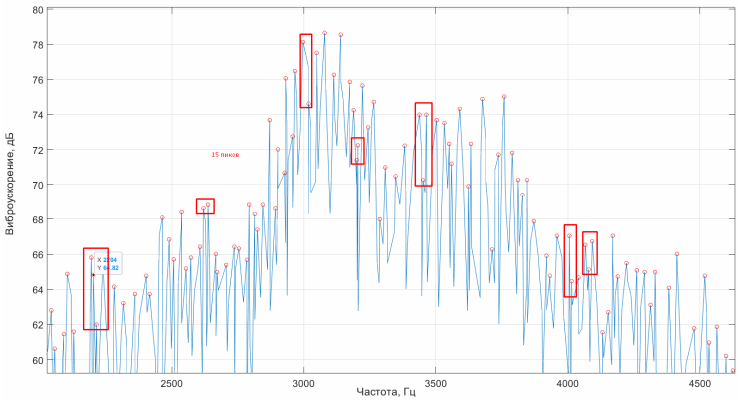


Рисунок 1 – Результаты вычисления пиковых виброускорений для спектра вибрации дизеля

Расчеты показывают, что в рассматриваемом спектре вибрации на 1000 Гц приходится по 5 пиковых значений виброускорений. Поэтому для вектора данных *data*l повторно применяли функцию (1) с шагом для поиска максимумов равным 200 Гц. Результаты отображены на рисунке 2.

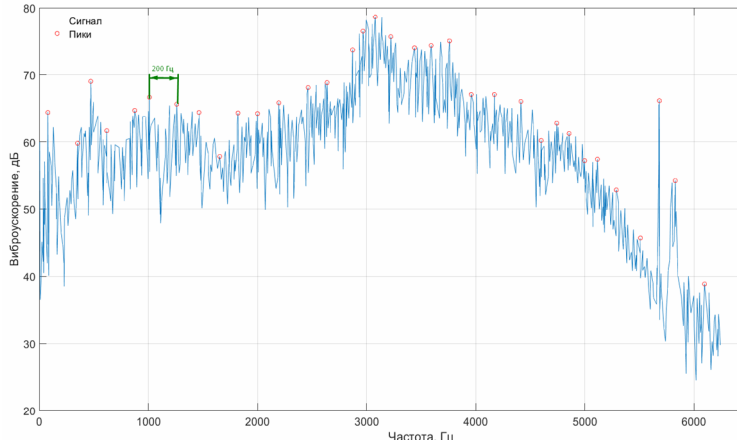


Рисунок 2 – Результаты вычисления пиковых виброускорений для спектра вибрации дизеля с шагом 200 Гц

Приведенные расчеты позволили упорядочить распределение пиков по спектру вибрации, что позволит сопоставлять полученные данные с аналогичными измерениями в процессе эксплуатации двигателя. За счет нахождения закономерностей изменения пиковых характеристик виброускорений становится возможным построение статистических регрессионных моделей зависимостей для прогнозирования остаточного ресурса элементов двигателя.

Результаты определения ширины пиковых участков представлены на рисунке 3. Расчеты показывают, что ширина пиковых участков изменяется в пределах 17,6–70,4 Гц. Среднее значение составляет 30,8 Гц. Заметное увеличение ширины пиковых участков наблюдается на частоте 2200 – 2600 Гц. Максимальное – 5900–6150 Гц.

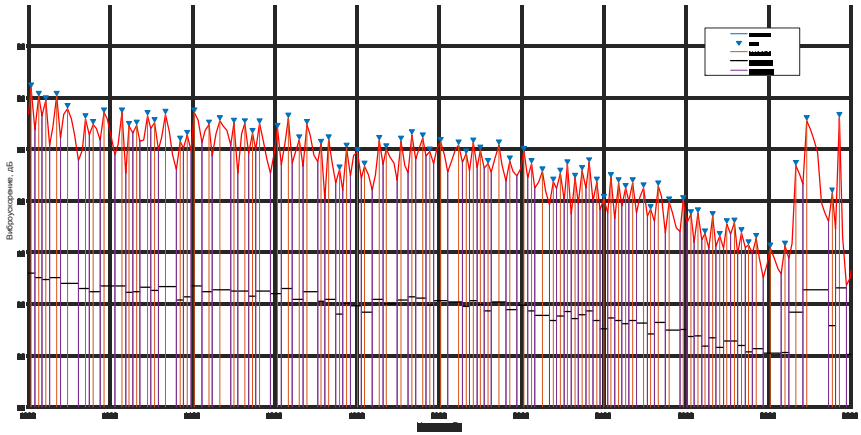


Рисунок 3 – Графическая интерпретация определения ширины пиковых участков виброускорений для спектра вибрации дизеля Deutz с шагом 200 Гц

При проведении виброакустической диагностики двигателя неизбежно возникают шумы, которые препятствуют выявлению сигналов, подтверждающих неисправности двигателя или износ элементов. Поэтому важным этапом анализа данных виброакустической диагностики является подавление сопутствующих шумов. Избавиться от шумов можно путем получения образца шумового сигнала, установив дополнительные датчики при проведении виброакустической диагностики. При этом следует учитывать, что полученный источник шума не получится просто вычесть из общего сигнала, поскольку он получен от разных датчиков и претерпевает различные искажения. Для поиска закономерностей и построения алгоритмов обработки сигналов необходимо опираться на существующие статистические модели сигналов.

Определение периодичности сигнала с использованием автокорреляции

Наличие шума затрудняет обнаружение периодичности изучаемого сигнала. Для вычисления периода использовали инструмент автокорреля-

ции. Учитывая, что автокорреляционная последовательность квазипериодического сигнала соответствует по циклическим характеристикам самому сигналу, осуществили проверку в сигнале наличия циклов и определяли их продолжительность.

Из рисунков 2 и 3 прослеживаются колебания в различных частотах, однако длительность циклов не определена. Вычисляли автокорреляцию так, чтобы ее значение соответствовало единице при задержке равной нулю. На рисунке 4 представлены результаты определения зависимости автокорреляции от задержки для спектра вибрации дизеля Deutz с шагом 200 Гц.

Для полученной на рисунке 4 зависимости определяли длинные и короткие периоды, путем нахождения пиков и определения разницы во времени между ними. Для нахождения пиков использовали функцию (1). Для нахождения периодов использовали следующую функцию

$$P_s = mean(diff(locs))/fs\,, \qquad (2)$$

где $locs$ – вектор значений задержек локальных пиков; $diff$ – функция вычисления конечных разностей и приближенного дифференцирования;

$mean$ – функция определения средних значений элементов массива.

Расчеты, выполненные по функции (2) показывают, что для спектра вибрации дизеля Deutz с шагом 200 Гц короткие периоды составляют $5{,}64 \cdot 10^{-04}$, а длинные периоды отсутствуют. Таким образом, согласно проведенным расчетам, полученный сигнал не является периодическим.

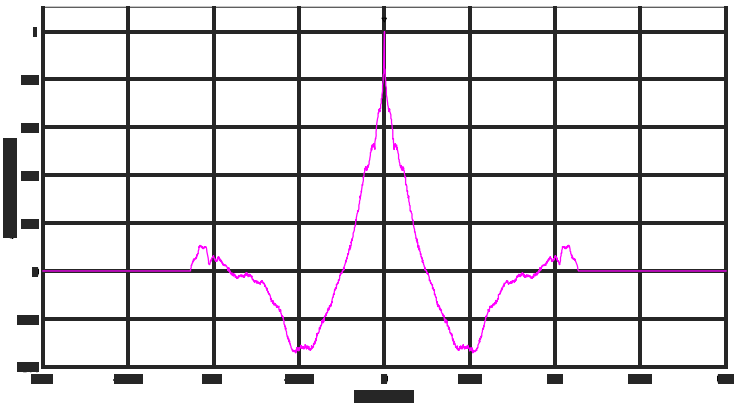


Рисунок 4 – Зависимость автокорреляции от задержки для спектра вибрации в ВМТ цилиндра №1 с шагом 200 Гц

Согласно [2] спектр непериодического сигнала – сплошной и определяется на всей оси частот, что подтверждается результатами виброакустических исследований двигателя (рисунок 1).

Полученные в результате исследования вибрации дизельного двигателя Deutz трактора «Беларус-3022ДЦ.1» данные являются теоретическими предпосылками для разработки методики виброакустического диагностирования дизельных двигателей.

Список использованной литературы

1. Ролич О.Ч., Тарасенко В.Е. Многоканальная интегрированная система виброакустической и тепловой диагностики дизельных двигателей. Агропанорама. – 2019. N 5. – С. 42-45.

2. Основы цифровой обработки сигналов: учеб. пособие / В.Г . Коберниченко ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 150 с.

Summary. The data obtained as a result of studying the vibration of the Deutz diesel engine of the «Belarus-3022DC.1» tractor are theoretical prerequisites for the development of a technique for vibroacoustic diagnostics of diesel engines.

УДК 629.3

Жданко Д.А., кандидат технических наук, доцент;
Непарко Т.А., кандидат технических наук, доцент

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. Статья посвящена анализу проблем технического обслуживания машинно-тракторного парка в сельскохозяйственных организациях (предприятиях) Республики Беларусь.

Abstract. The article is devoted to the analysis of the problems of maintenance of the machine and tractor fleet in agricultural organizations (enterprises) of the Republic of Belarus.

Ключевые слова. Техническое обслуживание, стандарт, фактор, топливо, контроль, машинно-тракторный парк, ремонтно-обслуживающая база.

Keywords. Key words: maintenance, standard, factor, fuel, control, machine and tractor fleet, repair and service base.

В структуре себестоимости сельскохозяйственной продукции около 50 % – затраты на эксплуатацию машинно-тракторного парка (МТП), из которых до 40 % приходится на техническое обслуживание (ТО) и хранение техники.

Следовательно, обеспечение работоспособности МТП при минимальных затратах труда, материально-денежных средств и энергоресурсов является актуальной задачей. Опыт эксплуатации машинно-тракторного парка, накопленный за последние годы, показывает, что система технического обслуживания машин в сельском хозяйстве нуждается в совершенствовании. Эффективное использование машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия во многом обеспечивается технической готовностью тракторов, используемых в составе машинно-тракторных агрегатов. Увеличение нагрузки энергонасыщенных тракторов в условиях выполнения полевых механизированных работ, дефицит мастеров-наладчиков и штата центральных ремонтных мастерских сельскохозяйственных предприятий зачастую приводит к тому, что не всегда соблюдается периодичность технического обслуживания, что вызывает простои тракторов при устранении отказов. Проблему поддержания работоспособности тракторов можно решить уточнением периодичности ТО-1, регламентированной 125 часами, и перечня операций очередного технического обслуживания [1]. На кафедре эксплуатации машинно-тракторного парка и агротехнологий учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» ведется исследовательская работа по совершенствованию планирования и организации технического обслуживания тракторов сельскохозяйственных предприятий [2-4].

Известны шесть обобщенных факторов, характеризующих уровень технического сервиса машин. Это качество проведения технического обслуживания и ремонта МТП, квалификация механизаторов, качество топливно-смазочных материалов, уровень применения диагностирования, уровень ремонтно-обслуживающей базы и качество хранения техники [5]. Установлено, что первый из указанных факторов является самым значимым. Основные положения по организации технического обслуживания изложены в межгосударственном стандарте ГОСТ 20793-2009 «Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание», который устанавливает виды, периодичность и основные требования к проведению ТО тракторов, самоходных и рабочих машин. При этом для тракторов и самоходных машин периодичность проведения обслуживаний установлена в мото-часах, а для рабочих сельхозмашин – в часах работы. Однако в современных отечественных и импортных тракторах счетчики мото-часов не устанавливают. Поэтому в качестве объективных единиц учета наработки тракторов и самоходных машин и периодичности обслуживания, поддающихся инструментальному контролю, следует принять часы работы и израсходованное топливо. Авторы полностью согласны с другими исследователями [6] в том, что при оптимизации периодичности ТО целесообразно учитывать инструкции заводов-изготовителей. Не совсем корректно рекомендовать единую периодичность ТО для машин с резко различающимся техническим состоянием и различными условиями эксплуа-

тации. Оптимальную периодичность владелец машин должен определить самостоятельно, исходя из технического состояния и скорости его изменения, условий эксплуатации, напряженности работ, качества топливно-смазочных материалов и погодных условий.

Организация технического обслуживания машинно-тракторного парка требует точной системы планирования, учета и контроля проведения технического обслуживания. Структура ремонтно-обслуживающих работ, их чередование и периодичность представляют в часах работы единая для всех тракторов, однако в килограммах израсходованного топлива – разная и зависит от часового расхода топлива двигателем.

Проанализируем планирование технического обслуживания трактора «Беларус-3522» с нормативной годовой загрузкой равной 1000 часов по двум видам учета – часам работы и израсходованному топливу (таблица 1).

Таблица 1 – Объем работ и расход топлива при пооперационном использовании технических средств на базе трактора «Беларус-3522»

Машинно-тракторный агрегат	Нормативная годовая загрузка сельскохозяйственной машины	Объем работ, га		Расход топлива, кг	
		при минимальной производительности	при максимальной производительности	при минимальной производительности	при максимальной производительности
«Беларус-3522»+ЛД-9	180	1260	1620	4410	4050
«Беларус-3522»+ППРО-12-01	150	585	675	10530	10800
«Беларус-3522»+Дископак-6-01	100	360	600	5040	3084
«Беларус-3522»+БПТД-7	150	870	1140	6960	6840
«Беларус-3522»+БЗШ-22	120	1584	3168	7920	15840
«Беларус-3522»+КШМ-10	100	800	1200	4400	6600
«Беларус-3522»+АКМ-6	100	420	600	4200	4800
«Беларус-3522»+СПШ-12	50	290	430	1450	2150
«Беларус-3522»+АПП-6Г	50	240	400	1920	2960
Всего:	1000	6409	9833	46830	57124

При неукоснительном выполнении инструкции по эксплуатации тракторов бывает так, что проведение ТО-1 и ТО-2 необходимо в напряженный период работ, что, приводит к вынужденным простоям техники, а в дальнейшем к снижению урожайности и других экономических показателей. С другой стороны планирование технического обслуживания тракто-

ров по часам работы не всегда совпадает с планированием по израсходованному топливу (таблица 2). Анализируя данную проблему, мы пришли к выводу, что необходимо усовершенствовать планово-предупредительную систему технического обслуживания [5], изменив периодичность ТО до того момента, когда будет удобно его проводить.

Таблица 2 – Периодичность проведения технического обслуживания трактора «Беларус-3522»

Вид ТО или ремонта	Периодичность технического обслуживания	
	в часах работы	в килограммах израсходованного топлива
ТО-1 (1)	125	4641
ТО-1 (2)	250	9282
ТО-1 (3)	375	13923
Расход топлива, соответствующий *800 часам* работы машинно-тракторного агрегата на внесении органических удобрений		**16 896**
ТО-2 (1)	500	18564
ТО-1 (4)	625	23205
ТО-1 (5)	750	27846
ТО-1 (6)	875	32487
ТО-3 (1)	**1000**	37128
ТО-1 (7)	1125	41769
ТО-1 (8)	1250	46410
Расход топлива, соответствующий *1000 часам* работы при минимальной производительности машинно-тракторных агрегатов		**46830**
ТО-1 (9)	1375	51051
ТО-2 (2)	1500	55692
Расход топлива, соответствующий *1000 часам* работы при максимальной производительности машинно-тракторных агрегатов		**57124**
ТО-1 (10)	1625	60333

Анализируя работу транспортно-технологического агрегата, например, полуприцепа специального сельскохозяйственного ПСС-25, предназначенного для круглогодичной эксплуатации на полях и дорогах сельскохозяйственных предприятий Республики Беларусь, с трактором «Беларус-3522» получаем аналогичный диссонанс планирования технического обслуживания по часам работы и израсходованному топливу (см. таблицу 2).

Например, при выполнении операции внесения органических удобрений (доза внесения 40 т/га, расстояние перевозки 1,5 км) годовой объем работы машинно-тракторного агрегата «Беларус-3522»+ПСС-25 составит:

$$W_{\text{сез}_{\text{"Беларус-3522"+ПСС-25}}} = 96 \cdot 800 = 76800 \text{ т},$$

где $W_{\text{ч}_i}$ = 96 т/ч – часовая производительность агрегата; $T_{\text{г}_j}$ = 800 ч – нормативная годовая загрузка прицепа, участвующего в производстве работ.

Расход топлива на весь объем работы составит:

$$Q_{\text{"Беларус-3522"+ПСС-25}} = 0,22 \cdot 76800 = 16896 \text{ кг},$$

где Θ = 0,22 кг/т – удельный расход топлива на внесение органических удобрений.

Перевооружение сельского хозяйства новой высокопроизводительной энергонасыщенной техникой привело к значительному усложнению конструкций тракторов, комбайнов и других сложных сельскохозяйственных машин с целью облегчения управления ими в процессе работы. Вместе с тем совершенствование эксплуатационной технологичности машин значительно увеличило трудоемкость их технического обслуживания, при большом количестве и низких значениях периодичности операций ТО.

Для исправления данной ситуации необходим научно обоснованный подход, качественное распределение операций технического обслуживания, проведение необходимых исследований и подтверждение на практике предлагаемого подхода к планово-предупредительной системе технического обслуживания. Для агрегатов и узлов трактора с увеличенной периодичностью обслуживания необходимы разработка и применение средств постоянного контроля их технического состояния.

Заключение

1. Устранение отказов энергонасыщенной техники, вызванных усложнением конструкций, а также увеличением трудоемкости проведения ТО, при большом их количестве и низких значениях периодичности операций, может быть достигнуто научно обоснованным распределением операций технического обслуживания, проведением необходимых исследований и подтверждением на практике предлагаемого подхода к планово-предупредительной системе технического обслуживания.

2. На кафедре эксплуатации машинно-тракторного парка и агротехнологий ведется исследовательская работа по совершенствованию планирования и организации технического обслуживания тракторов при сотрудничестве с Республиканским учебно-производственным центром в п. Боровляны в рамках реализации мероприятий по договору о сотрудничестве от 07.10. 2013 между учреждением образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» и производственным районным унитарным предприятием «Экспериментальная база имени Котовского» Узденского района.

3. Внедрение результатов исследования позволит снизить время простоя тракторов в напряженные периоды работ, что, в свою очередь, приведет к увеличению производительности техники и улучшит экономические показатели сельскохозяйственного предприятия.

Список использованной литературы

1. БЕЛАРУС-3222/3522 : руководство по эксплуатации. – Мн.: РУП «Минский тракторный завод», 2010.– 377 с.

2. Непарко Т.А., Жданко Д.А. Техническое обслуживание машинно-тракторного парка в сельскохозяйственных предприятиях: проблемы и решение // Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. – Минск : БГАТУ, 2020.– С. 336–340.

3. Непарко, Т.А. Пути совершенствования технического обслуживания машинно-тракторного парка в сельскохозяйственных предприятиях / Т.А. Непарко, Д.А. Жданко // Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі : матеріали III Міжнародної науково-практичної інтернет-коференції, Мелітополь, 01–26 листопада 2012 р. – Мелітополь : ТДАТУ, 2021.– С. 546–549.

4. Тимошенко, В.Я. Совершенствование планирования и организации технического обслуживания тракторов сельскохозяйственных предприятий [Текст] / В.Я. Тимошенко, Д.А. Жданко, Е.С. Некрашевич // Агропанорама. – 2017. – № 1. – С. 36–39.

5. Диагностика и техническое обслуживание машин [Текст] / А.В. Новиков и др.; под ред. А.В. Новикова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 340 с.

6. Дунаев, А.В. Совершенствование нормативно-технической документации на техническое обслуживание машинно-тракторного парка [Текст] / А.В. Дунаев, И.Д. Гафуров, Н.У. Вахитов // Тракторы и сельхозмашины. 2014, № 8, С. 40–42.

Summary. The implementation of the research results will reduce the downtime of tractors during busy periods of work, which, in turn, will lead to an increase in the productivity of machinery and improve the economic performance of an agricultural enterprise.

УДК 631.3:658.5(075.8)

Рустамов Р.М., доктор технических наук, профессор;
Ибрагимов Д., докторант;
Анискович Г.И., кандидат технических наук, доцент

Наманганский инженерно-строительный институт,
г. Наманган, Республика Узбекистан
Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЙ ОДНОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Аннотация. Установлено, что в систему ФТС от неисправных зерноуборочных комбайнов поступает пуассоновский и стационарный поток требований; с ростом выработки комбайнов до 2000–2500 мото-часов и больше требуется дополнительная передвижная мастерская.

Abstract. It is Installed that in system FTS from faulty grain harvest combine enters poisson and stationary flow of the requirements; with growing of

the production combine before 2000-2500 is paved-hours and is more required additional mobile workshop.

Ключевые слова. Зерноуборочный комбайн, система фирменного технического сервиса, передвижная мастерская, среднее число требований, время ожидания, время нахождения одного требования в системе.

Keywords. Grain harvest combine, system of the branded technical service, mobile workshop, average number requirements, rotational latency, time of the finding of one requirement in system.

Для организации фирменного технического сервиса (ФТС) зерноуборочных комбайнов Claas в Узбекистане создано ООО «UzClaasServise» с региональными сервисными центрами. Центры снабжены передвижными мастерскими (приборами обслуживания), выполняющими работы по сервису в том числе по устранению неисправностей комбайнов.

Как правило, Наманганском области в сезоне уборки зерновых 35–45 комбайнов обслуживаются одной мастерской, т.е. формируется одноканальная система ФТС (рисунок 1). Нами установлено, что от комбайнов в систему поступает пуассоновский и стационарный поток требований с интенсивностью λ, и они обслуживаются механиком мастерской со средней интенсивностью μ. Когда комбайны имели выработку 500-1500 мото-часов были обнаружены такие вероятности состояний данной системы: состояние S_0 – в момент t не было ни одного требования и за время Δt они не поступили, т.е. все N комбайны исправны и прибор свободен; состояние S_1 – в момент t поступило одно требование (число работающих комбайнов N-1), за время Δt оно было обслужено прибором и больше не поступили.

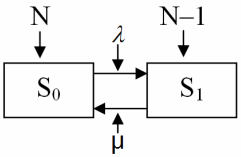


Рисунок 1 – Граф состояний одноканальной системы ФТС без очереди

Вероятность нахождения в системе одного (K = 1) требования [1].

$$q_1 = q_0\psi = (1-\psi)\psi,$$

где $\psi = \lambda / \mu$ – коэффициент загрузки прибора; $q_0 = 1-\psi$ – вероятность незанятости системы.

Когда выработка комбайнов достигла 2000-2500 мото-часов в систему начала поступать требования с числом $K(K > 1)$ и вероятностью $q_k = (1-\psi)\psi^k$, что привело к изменению состояния системы.

При этом среднее число требований в системе [2,3]

$$L = \frac{\psi}{1-\psi} \cdot \tag{1}$$

Среднее число требований, находящихся в очереди

$$L_q = \frac{\psi^2}{1-\psi} \cdot \tag{2}$$

Среднее время ожидания одного требования

$$W_q = \frac{\psi}{(1-\psi)\mu} \cdot \tag{3}$$

Если к времени ожидания прибавить среднее время обслуживания $t_{об} = 1/\mu$, то получим среднее время нахождения одного требования в системе

$$W = \frac{1}{\mu(1-\psi)} \cdot \tag{4}$$

Как следует из анализа (1)-(4), при $\psi = 0$ или $\lambda = 0$, т.е. когда интенсивность требований равна нулю (все машины исправны)

$$L = L_q = W_q = 0;\ W = \frac{1}{\mu} = t_{об} \cdot$$

При $t_{об} = 2{,}16$ *час*; $\lambda = 0{,}3$ требование/час; $\mu = 0{,}462$ обслуживание/час получим: $\psi = 0{,}649$; $L = 1{,}85 \approx 2{,}0$; $L_q = 1{,}19 \approx 1{,}0$; $W_q = 4$ часа; $W = 6$ часов. Отсюда видно, что $W > W_q > t_{обс}$. Следовательно, для нормального функционирования системы ФТС требуется увеличение числа передвижных мастерских.

Список использованной литературы

1. Рустамов Р.М., Ибрагимов Д.Х., Холмирзаев И.А. Совершенствование фирменного технического сервиса современных селскохозяйственных машин в Узбекистане – международной научно-практической конференции. г. Рязань 2022. – 448 с.

2. Рустамов Р.М., Ибрагимов Д.Х., Холмирзаев И.А. Наманган вилоятидаги «UzClaasService» МЧЖ томонидан «Claas» компанияси техникаларига кўрсатилаётган фирмавий техник сервиснинг ҳолати. Mexanika va texnologiya ilmiy jurnal. Наманган 2022. 31 с.

3. Акулиничев В.М., Кудрявцев В.А., Корешков А.Н. Математические методы в эксплуатации железных дорог. – М.: Транспорт, 1981. – 223 с.

4. Ивченко Г.И., Каштанов В.А., Коваленко И.Н. Теория массового обслуживания: Учеб.пособие для вузов. – М.: Высш.школа, 1982. – 256 с.

5. Общетехнический справочник. – М.: Машиностроение, 1971. – 464 с.

Summary. For the normal functioning of the branded technical service system, an increase in the number of mobile workshops is required.

УДК 629.4.027

Основин В.Н., кандидат технических наук, доцент;
Агейчик А.А., кандидат технических наук, доцент;
Основин С.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ АГРОСЕРВИСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. Статья подготовлена по материалам патента на изобретение «Устройство для хранения инструмента». Содержит описание устройства для хранения и выдачи инструмента и принцип его работы в производственных условиях. Предложенное устройство позволяет снизить эксплуатационные затраты на его обслуживание, а также уровень требований к квалификации персонала, где оно обслуживается.

Abstract. The article is prepared according to the materials of the patent for invention “Device for tool storage”. It contains a description of the device for storing and issuing tools and the principle of its operation in production conditions. The proposed device makes it possible to reduce operating costs for its maintenance, as well as the level of requirements to the qualification of personnel where it is maintained.

Ключевые слова. Технологическая оснастка, устройство для хранения инструмента, принцип работы, премущества.

Keywords. Technological tooling, device for tool storage, principle of operation, advantages.

Высокая эффективность использования сельскохозяйственной техники достигается необходимостью своевременного применения целого комплекса ремонтно-обслуживающих воздействий, которые поддерживают или восстанавливают работоспособность машин. Комплекс воздействий эффективен в том случае, если воздействия проводятся на основе применения современных актуальных технологий и прогрессивных средств технологического оснащения [1].

В соответствии с определением по ГОСТ 3.1109-82 средства технологического оснащения представляют собой совокупность ремонтно-технологического оборудования и технологической оснастки, необходи-

мых для осуществления технологических процессов технического обслуживания и ремонта машин [2].

Технологическая оснастка – это специальные приспособления, конструкции, используемые для выполнения операций производственного, складского, логистического и других циклов с целью оптимизации затрат рабочего времени и повышения качества и количества выполняемых работ [3].

Одним из специальных приспособлений для выполнения комплекса ремонтно-обслуживающих воздействий на предприятиях агросервиса является шкаф для хранения и выдачи инструментов, совершенствование которого оформлено соответствующим патентом на изобретение «Устройство для хранения инструмента» [4].

Изобретение относится к технологической оснастке для проведения технического обслуживания и ремонта автомобилей, тракторов и сельскохозяйственной техники, а именно к шкафам для хранения и выдачи инструмента.

Задача, которую решает изобретение, заключается в снижении стоимости оборудования, эксплуатационных затрат на его обслуживание и уровня требований к квалификации обслуживающего персонала, температуре, влажности, электроснабжению производственного помещения, в котором оно расположено и эксплуатируется.

Поставленная задача достигается устройством для хранения инструмента, содержащего основание и емкость с ящиками для инструмента в виде металлических полых прямых тонкостенных цилиндров. Причем упомянутая емкость выполнена в виде полого прямого усеченного кругового конуса, установленного с возможностью вращения на стойках, смонтированных на упомянутом основании. Меньшее и большее основание упомянутого конуса выполнены в виде вертикально расположенных полых цилиндров малой высоты, закрепленных посредством радиально расположенных соответственно меньших и больших планок на втулках. Втулки установлены с возможностью вращения на закрепленной упомянутых опорах цилиндрической трубы, горизонтальная ось симметрии которой совпадает с осью симметрии упомянутого конуса. Боковая решетчатая поверхность конуса образована равномерно расположенными и жестко закрепленными на меньшем и большем основаниях боковыми стержнями, ось симметрии каждого из которых расположена под углом 15° к оси симметрии упомянутого конуса. На каждом боковом стержне установлены с возможностью вращения втулки, к которым прикреплен соответствующий ящик для инструмента, который со стороны большего основания упомянутого конуса имеет сплошное дно, а со стороны меньшего основания – крышку в виде диска. Дно и крышка выполнены из прозрачного органического стекла толщиной 5-8 мм и имеют указательные надписи марки хранящегося инструмента, а упомянутые цилиндрические ящики выполнены с наружными диаметрами, обеспечивающими условие несоприкосновения их друг с другом при вращении упомянутого конуса.

На рисунке 1 показано устройство для хранения инструмента, вид сбоку в разрезе вертикальной плоскостью; на рисунке 2 – разрез А-А на рисунке 1.

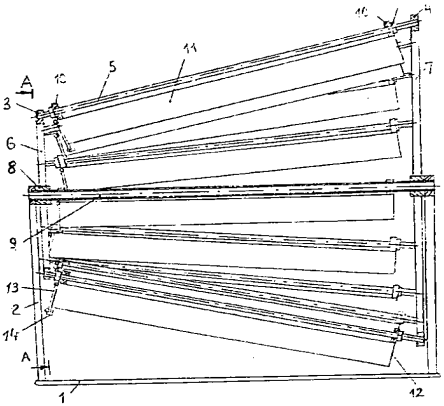


Рисунок 1 – Устройство для хранения инструмента
в разрезе вертикальной плоскоски (вид сбоку).

Устройство для хранения инструмента содержит основание 1, установленную на нем на опорах 2 емкостью с горизонтальной осью симметрии и вращения, выполненную в виде решетчатого полого прямого усеченного кругового конуса. Круговой конус образован малым 3 и большим 4 основаниями в виде вертикально расположенных полых дисков (полых цилиндров малой высоты [5]). Боковая решетчатая поверхность конуса образована равномерно расположенными на ней на одинаковом расстоянии друг от друга и жестко закрепленными на малом 3 и большом 4 основаниях боковыми стержнями 5.

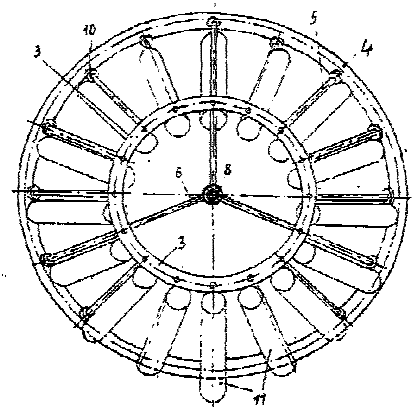


Рисунок 2 – Разрез А-А устройства для хранения инструмента

Оси симметрии стержней образуют с осью симметрии решетчатого полого прямого усеченного кругового конуса угол 15° и лежат у каждого из них в одной плоскости с ней. При этом малое 3 и большее 4 основания закреплены с помощью радиально расположенных малых 6 и больших 7 пластинок на больших втулках 8. Они установлены с возможностью вращения на закрепленной на опорах 2 цилиндрической трубе 9 с горизонтальной осью симметрии, совпадающей с осью симметрии решетчатого полого прямого усеченного кругового конуса. На боковых стержнях 5 установлены с возможностью вращения малые втулки 10, к которым прикреплены своими внешними боковыми цилиндрическими поверхностями ящики 11 для хранения инструмента. Ящики выполнены в виде металлических полых на прямых тонкостенных цилиндров, при этом оси симметрии каждого бокового стержня 5 и прикрепленного к нему с помощью малых втулок 10 цилиндрического ящика 11 лежат в одной плоскости и параллельны друг другу. Малые втулки 10 фиксируются на боковых стержнях 5 от смещения вдоль оси симметрии с помощью дисковых упоров 15. Со стороны большого основания 4 решетчатого полого усеченного кругового конуса ящики 11 имеют глухое сплошное основание цилиндра в виде дна 12, со стороны малого основания 3 – шарнирно присоединенную к полому тонкостенному цилиндру с возможностью открытия и закрытия крышку 13 в виде диска, фиксируемую в закрытом положении защелкой 14. Дно 12 и крышка 13 (в закрытом положении) перпендикулярны оси симметрии цилиндрического ящика 11 в виде прямого полого тонкостенного цилиндра и имеют надписи с указанием марки инструмента, хранящегося в ящике. Наружные диаметры ящиков 11, выполненных в виде металлических прямых полых тонкостенных цилиндров, приняты с таким расчетом, что при вращении полого прямого усеченного кругового конуса, образованного малым 3 и большим 4 основаниями, они, одновременно вращаясь вокруг осей симметрии своих боковых стержне 5, не соприкасаются друг с другом.

Устройство для хранения инструмента работает следующим образом. Рабочий инструмент в соответствии со своей маркировкой помещается в соответствующие цилиндрические ящики 11 согласно надписям на выполненных из прозрачного органического стекла дна 12 и крышки 13 с указанием марки инструмента, хранящегося в ящике. Жестко закрепленные на малом 3 и большом 4 основаниях боковые стержни 5 своими осями симметрии образуют с горизонтальной осью симметрии полого прямого усеченного кругового конуса угол 15°, который больше угла трения покоя и соответствует коэффициенту трения покоя 0,27, то при нижнем расположении соответствующих цилиндрических ящиков 11 инструмент беспрепятственно под действием составляющей своей силы тяжести опуска-

ется во внутреннюю полость цилиндрического ящика 11, крышка 13 закрывается, ее положение в таком виде фиксируется защелкой 14.

При необходимости достать инструмент для ремонта конкретного узла или машины ящик 11 с соответствующей маркировкой в виде надписи на дне 12 или крышки 13 можно путем поворота рабочим вручную малого 3 или большого 4 основания полого решетчатого прямого усеченного кругового конуса поместить его в верхнее (или близкое к нему) положение. После освобождения блокировки защелкой 14 открывается его крышка 13, и необходимая деталь под действием своего веса, преодолевая сопротивление сил трения скольжения о внутреннюю цилиндрическую металлическую поверхность ящика 11, поступает в руки рабочего, после чего крышка 13 снова закрывается, и ее положение в таком виде фиксируется защелкой 14. При этом составляющая силы тяжести инструмента, направленная вдоль оси цилиндрического ящика 11, меняется в зависимости от его положения, например, в горизонтальном положении цилиндрического ящика 11 она равна нулю, что позволяет рабочему ради своего удобства варьировать процесс изъятия инструмента из него в зависимости от конкретного объекта. Прозрачные дно 12 и крышка 13 ящика позволяют рабочему быстро визуально определить наличие инструмента в цилиндрическом ящике 11 и положение его в нем.

Предложенное устройство позволяет добиться по сравнению с прототипом многократного снижения стоимости оборудования, эксплуатационных затрат на его обслуживание и уровня требований к квалификации обслуживающего персонала, температуре, влажности, электроснабжению производственного помещения, в котором оно расположено и эксплуатируется, что особенно важно в условиях рядовых хозяйств сельскохозяйственного производства.

Список использованной литературы

1. Пучин, Е. А. Средства технологического оснащения в системе технического сервиса в АПК / Е. А. Пучин, О. Н. Дидманидзе, В. М. Корнеев // ООО «Издательство «Триада» – М, 2009. – 99с.

2. Дорохов, А. С. Технический сервис в системе инженерно-технического обеспечения АПК // А. С. Дорохов, В. М. Корнеев, Ю. В. Каптаев // Сельский механизатор, 2016. -№8. – С. 2–5.

3. ГОСТ 31.0000.01-90. Технологическая оснастка. Основные положения. Дата актуализации: 01.01.2021.

4. Устройство для хранения инструмента: пат. BY 24100 / В. Н. Основин, С. Н. Драгун, В. А. Агейчик. – Опубл. 30.10.2023.

5. Рывкин, А. А. Справочник по математике /А. А. Рывкин, А. Э. Рывкин, Л. С. Хренов// Издательство: М.: Высшая школа. Издание 4-е, перераб. и доп. 1987. – 481с.

Summary. The proposed device allows to achieve, in comparison with the prototype, a multiple reduction in the cost of equipment, operating costs for its maintenance and the level of requirements for the qualification of service personnel, temperature, humidity, power supply of the production room in which it is located and operated, which is especially important in the conditions of ordinary farms of agricultural production.

УДК 631.3: 621

Алушкин Т.Е., кандидат технических наук, доцент;
Мещеряков М.Ю.

Томский сельскохозяйственный институт – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Новосибирский государственный аграрный университет", г. Томск, Российская Федерация
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Российская Федерация

ОСНАЩЕННОСТЬ ТРАКТОРНЫМ ПАРКОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ ПО СОСТОЯНИЮ НА 2024 ГОД

Аннотация. Представлены данные по составу парка тракторов, использующихся предприятиями агропромышленного комплекса Томской области. Проведен анализ парка по количеству единиц и их доли в тяговых классах. Выявлено, что подавляющее большинство тракторов относяться к продукции Минского тракторного завода, а более 60% продолжают относиться к легким колесным тракторам тягового класса 1,4.

Abstract. Data on the composition of the tractor fleet used in the agro-industrial complex of the Tomsk region. The analysis was carried out by units and their fractions by traction classes. The vast majority of tractors belong to the products of the Minsk Tractor Plant, and more than 60% belong to light wheeled tractors of traction class 1.4.

Ключевые слова. Статистические данные, трактор, тяговый класс.
Keywords. Statistical data, tractor, traction class.

Одна из целей производственной эксплуатации машинно-тракторного парка (МТП) заключается в обеспечении требуемой производительности различных сельскохозяйственных агрегатов. Производственная эксплуа-

тация МТП показывает низкую безотказность и долговечность сельскохозяйственных агрегатов [1, 2]. В работах [3, 4] установлена прямая связь показателей безотказности техники с ее производительностью.

Предыдущие исследования авторов указывают на значительное влияние факторов технического состояния МТП на ее производительность. Вместе с организационно-технологическими факторами, включающими в себя качество организации труда, проведения наладок и регулировок, а также рациональная производственная эксплуатация машин, доля влияния на производительность составляет свыше 53% [5].

По данным департамента по социально-экономическому развитию села Томской области на территории области в сельскохозяйственных организациях имеется 1110 тракторов, 407 зерноуборочных и 63 кормоуборочных комбайнов. Более подробные данные по составу парка тракторов представлены в виде диаграммы (рисунок 1).

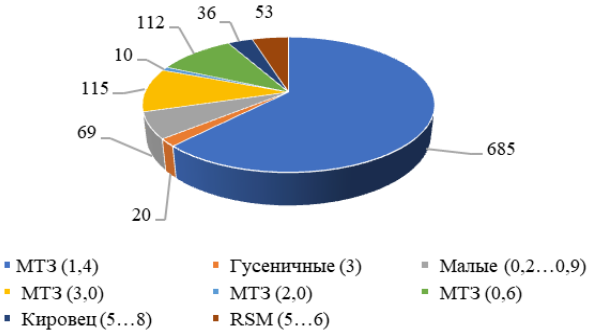


Рисунок 1 – Распределение тракторов в организациях АПК Томской области по тяговым классам и предприятиям-изготовителям (в скобках указаны тяговые классы)

Из диаграммы видно, что лидирующие позиции занимают тракторы производства Минского тракторного завода, тракторы тягового класса 1,4 составляют около 62% от всего парка (МТЗ-82, МТЗ-1025 различных модификаций). Далее с большим отставанием (10,5%) следуют тракторы производства Санкт-Петербургского тракторного завода («Кировцы», тяговых классов 5 и 6). Отметим, что на территории области фактически отсутствуют тракторы серии К-5. Почти в два раза меньшую долю с «Кировцами» занимают тракторы завода «Ростсельмаш», преимущественно модели РСМ-2375 и РСМ-2400 – 4,8%. В целом распределение тракторов по тяговым классам в независимости от типа движителя представлено на рисунке 2.

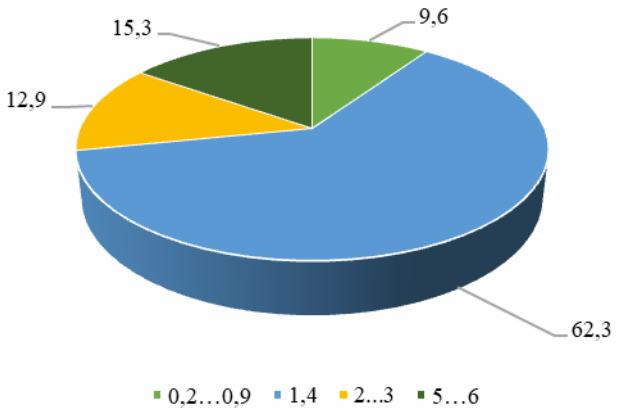


Рисунок 2 – Доля тракторного парка на территории Томской области в организациях АПК по классам

Из диаграммы виден значительный «перекос» по доле тягового класса 1,4. Это объясняется как особенностями природно-климатического характера Томской области (мелкоконтурные поля с большим количеством околков) так и тем фактом, что тракторы тягового класса 1,4 являются универсально-пропашными, т.е. задействованы весь период работ по механизации процессов в растениеводстве и животноводстве и имеют значительно меньшее удельное давление на грунт, по сравнению даже с тракторами 3 и 4 классов.

Возможно, сложившийся дисбаланс может быть исправлен за счет внедрения на производство гусеничных машин, использующих резиноармированные гусеничные цепи. Например, к таким машинам относят МТЗ-2103 (тяговый класс 4,0) и Агромаш-Руслан (6,0).

Список использованной литературы

1. Субочев, С.В. Оценка эффективности зерноуборочных комбайнов по основным показателям надежности в условиях Сибири. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Новосибирск, 2015 – 23 с.

2. Докин, Б.Д. Эффективное использование сельскохозяйственной техники при производстве зерна в Сибири // Техника и оборудование для села – №8 (146), 2009. – С. 7–11.

3. Основы теоретического обоснования технического оснащения растениеводства аграрного предприятия / Пирожков Д.Н., Беляев В.И., Завора В.А. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (137). – С. 166–169.

4. Алушкин, Т.Е. Повышение эффективности использования машинно-тракторных агрегатов путем применения топлива с модификатором: дис. … канд. техн. наук 05.20.01; Томск, 2018. 157 с.

5. Модель определения эксплуатационных затрат машинно-тракторных агрегатов на посев с учетом продолжительности работ и размеров площадей / Старцев А.В., Алушкин Т.Е., Романов С.В., Сторожев И.И. // Тракторы и сельхозмашины . 2020. № 1. С. 82–87.

Summary. The fleet of agricultural tractors is quite diverse. It includes tractors from various manufacturers and traction classes. The advantage was gained by wheeled tractors of traction class 1,4, Minsk Tractor Plant. This trend has been going on for a long time. The widespread use of light wheeled tractors is explained by the small size of fields in the Tomsk region and unfavorable natural conditions.

УДК 631.3.004.67

Круглый П.Е., кандидат технических наук, доцент;
Мисун А.Л., кандидат технических наук, доцент;
Василевский П.Н., старший преподаватель;
Паулич А.В., инженер

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

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИНТЕРАКТИВНОГО ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация. Приведены некоторые аспекты интерактивного процесса проектирования программ технического сервиса сельскохозяйственной техники. Установлено, что основным интегральным показателем, характеризующим эффективность технического сервиса, является функционал, оценивающий такие свойства, как безопасность, безотказность, готовность и эффективность эксплуатации техники.

Abstract. Some aspects of the interactive process of designing programs for technical service of agricultural machinery are presented. It is established that the main integral indicator characterizing the effectiveness of technical service is a functional that evaluates such properties as safety, reliability, readiness and efficiency of equipment operation.

Ключевые слова. Интерактивный процесс, проектирование программ технического сервиса, интегральный показатель, эффективность технического сервиса.

Keywords. Interactive process, design of technical service programs, integral indicator, efficiency of technical service.

Интерактивный процесс проектирования программ технического сервиса предполагает достижение конкурентного преимущества предприятия сервиса. Обычно при решении этой задачи выделяют три основных способа.

Первый способ достижения конкурентного преимущества – более высокий уровень обслуживания клиентов – заключается в правильной разработке и реализации требований к процессам сервиса.

Второй способ – предоставление услуг с параметрами, лучшими, чем у аналогов, – тесно связан с первым способом и предусматривает проведение довольно сложных исследований. Это объясняется в основном двумя особенностями: 1) в реальной среде многие виды услуг (с организационных и технологических позиций) достаточно сложны и обладают множеством характеристик, которые часто невозможно сравнить между собой; 2) обычно нет полной ясности в том, какую индивидуальную характеристику услуги предпочтет клиент, т.е. неясно, как характеристика продукции трансформируется в ее конкурентное преимущество.

Третий способ предусматривает улучшение качества услуг. Здесь основным является определение как самих уровней качества, которые необходимо достигнуть, так и методов обеспечения, контроля и управления качеством. Этот способ заключается в достижении лучших значений функционалов $\Phi_{эф}$ и $\Phi_{св}$.

Основным интегральным показателем, характеризующим эффективность технического сервиса, является функционал, оценивающий такие свойства, как безопасность и безотказность, готовность, эффективность эксплуатации техники

$$\Phi_{эф} = f(t_{ТО}, t_{О}, T_{ТО}, T_{о}, t_{р}, K_{г}, Y_{с}, \ldots), \quad (1)$$

где $t_{ТО}$ – периодичность ТО; $t_{О}$ – наработка на отказ; $T_{ТО}$ – время выполнения ТО; $T_{о}$ – время устранения отказа; $t_{р}$ – ресурс объекта сервиса (машины); $K_{г}$ – требуемый уровень готовности; $Y_{с}$ – требуемый уровень сервиса.

Другой важнейшей характеристикой технического сервиса является функционал стоимости владения

$$\Phi_{св} = f(C_{а}, C_{ТО}, C_{р}, C_{пр}, C_{кп}, \ldots), \quad (2)$$

где $C_{а}$ – стоимость приобретения машины; $C_{ТО}$ – стоимость ТО; $C_{р}$ – стоимость ремонта; $C_{пр}$ – ущерб из-за простоев машины при выполнении ТО и ремонта; $C_{кп}$ – стоимость компенсации ущерба из-за неустранимых в эксплуатации изменений технического состояния, например, зазоров и люфтов в кинематических парах и силовых цепях, повышение расхода топлива, масла, снижение КПД и производительности и др.

Примерами характеристик качества технического сервиса с позиции системы обслуживания могут являться: доля продукции (услуг), признанной негодной или выполненной ниже установленных стандартов; уровень устранения недостатков; средняя длительность выполнения заказа; средняя наработка до отказа объекта сервиса (послеремонтная надежность); расходы на выполнение гарантийных обязательств; параметры методов обеспечения контроля и управления качеством (например, степень участия персонала, новизна производственных процессов) и др.

В создании конкурентного преимущества иногда дополнительно выделяют четвертый способ – разработку индивидуального бренд-имиджа. Этот способ является чисто маркетинговым и состоит обычно в анализе влияния конкуренции на имидж и оценке реакции клиентов на имидж.

Выбор оптимального объема сервисных продуктов, стратегии и тактики их внедрения – весьма сложная задача, уникальная для каждой системы обслуживания. В общем случае при расширении спектра сервисных предложений система обслуживания повышает свою привлекательность в глазах клиентов (маркетинговая составляющая деятельности) и повышает доходность (коммерческая составляющая деятельности). Здесь можно выделить два основных подхода системы обслуживания, которые желательно реализовывать параллельно: 1) увеличение клиентской базы; 2) предоставление новых услуг, за которые клиенты готовы платить.

Многие системы обслуживания отдают предпочтение развитию клиентской базы (первый подход). С одной стороны, большее число клиентов открывает для системы обслуживания новые, нетривиальные источники доходов, а с другой – чем больше потенциальных потребителей в конкретном регионе, тем привлекательнее для системы обслуживания предоставление новых сервисных продуктов. Для системы, рассчитывающей на обслуживание небольшого числа потребителей, целесообразно сосредоточиваться на продвижении новых технологий услуг. Так как при этом неизбежно придется столкнуться с конкурентами, то для системы обслуживания имеет смысл остановиться на тех услугах, аналоги которых на рынке региона либо имеют невысокое качество, либо неполностью доступны для потребителей.

При выборе второго подхода развития (внедрение новых услуг с добавленной стоимостью) следует установить, с какой целью система обслуживания собирается их внедрять: для увеличения числа клиентов или для повышения степени их удовлетворенности. Так, технический сервис машин почти всегда нуждается в информационном наполнении, например, в части автоматизированного ведения «истории» всех выполненных воздействий по каждому объекту сервиса (машины) за весь его жизненный цикл.

Таким образом, руководство системы обслуживания должно критично оценить, возможно ли выполнение конкретной услуги с надлежащим качеством с помощью существующей инфраструктуры сервиса.

Список использованной литературы

1. Ивашко В.С., Круглый П.Е., Кашко В.М. и др. Исследование и анализ потоков восстановления работоспособности технических систем. Изобретатель №8–9 (224–225), 2018. – С. 37–41.

2. Прикладная математика. Для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.

3. Технический сервис транспортных машин и оборудования / С.Ф. Головин. – М.: Альфа-М: ИНФРА, 2014. – 228 с.

Summary. Some aspects of the interactive process of designing programs for technical service of agricultural machinery are presented. It is established that the main integral indicator characterizing the effectiveness of technical service is a functional that evaluates such properties as safety, reliability, readiness and efficiency of equipment operation.

УДК 629.113

Щурин К.В., доктор технических наук, профессор;
Карлюк А.П., ассистент

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОМЕНКЛАТУРЫ И КОЛИЧЕСТВА РЕЗЕРВНЫХ ЧАСТЕЙ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Аннотация. При производстве, импорте и целевой эксплуатации транспортных и технологических мобильных машин возрастает значимость показателей их ремонтопригодности, с которой связаны другие показатели надежности, в первую очередь, безотказности и долговечности. Показатели ремонтной технологичности в большой степени зависят от назначенных в процессе проектирования номенклатуры и количества запасных частей, которые определяют параметры оптимизации основных технико-экономических показателей машины.

Abstract. In the production, import and use of transport and technological mobile machines, indicators of their maintainability, which are directly related to other reliability indicators, such as reliability and durability, are becoming increasingly important. Indicators of repair manufacturability largely depend on the choice and quantity of spare parts determined during the design process,

which in turn affect the optimization parameters of the main technical and economic indicators of the machine.

Ключевые слова. Потенциал работоспособности, показатели надежности, ремонтопригодность, экономическая эффективность.

Keywords. Performance potential, reliability indicators, maintainability, economic efficiency.

В современной международной политико-экономической среде "страны коллективного Запада" часто применяют неправомерные экономические санкции в отношении независимых стран, которые реализуют собственную политику. Эти санкции основным образом нацелены на разрушение установленных ранее внешнеэкономических связей этих стран, которые функционируют в рамках международной системы деления труда. В такой ситуации для обеспечения экономической безопасности стран, таких как Российская Федерация, Республика Беларусь и другие, необходимы изменения в государственной технической политике, основной целью которых является корректировка приоритетов в формировании показателей технического уровня машин при их производстве и импорте.

В сфере создания и технической эксплуатации транспортно-технологических мобильных машин (ММ) особую актуальность приобретает проблема повышения показателей их ремонтопригодности, решение которой позволит существенным образом улучшить или восстановить ключевые комплексные показатели надёжности – безотказность и долговечность [1, 2, 3, 4].

Методика исследования: Состояние машины в процессе эксплуатации, прежде всего, определяется ее работоспособностью. Для оценки возможной работоспособности машины в любой момент времени используется показатель, называемый потенциалом работоспособности (ПР). Этот показатель отражает состояние машины и говорит о ее способности работать в определенный момент времени, учитывая затраты на производство и последующие ремонты. Поддержание ПР на приемлемом уровне достигается применением целевых технологий эксплуатации и ремонта [5], включая замену деталей, узлов и агрегатов на исправные. Количество таких замен должно определяться по принципу "необходимо и достаточно".

Общий ПР машины можно представить в виде следующих трех составных частей: активной, резервной и пассивной [1, 2].

Активная часть потенциала P_a изменяется в процессе эксплуатации машины, поддерживается и восстанавливается в результате проведения технического обслуживания и текущего ремонта. Комплекс работ, который выполняется для поддержания машины в работоспособном состоянии, называют техническим обслуживанием (ТО). Текущий ремонт (ТР) осуществляется для восстановления гарантированной работоспособности

машины и состоит в том, что некоторые её элементы, узлы и агрегаты заменяются, восстанавливаются, а затем проводится их регулировка.

Резервная часть потенциала P_p необходима для предупреждения наступления предельного состояния машины при эксплуатации. Размер зоны P_p определяется величинами различных коэффициентов запаса (прочности, износостойкости и др.). Вход в зону P_p для ПР нежелателен.

Пассивная часть потенциала P_n представляет собой незаменяемую часть машины в течение срока службы материализуется в виде конструкции, материала деталей и трудовых затрат на сборку, окраску и т.п. Пассивная часть ПР изменяется при замене базовых узлов и агрегатов.

С учетом изложенного, ПР изменяется в виде, приведенном на рисунке 1. Начальный потенциал работоспособности P машины определяется как $P_{макс}$.

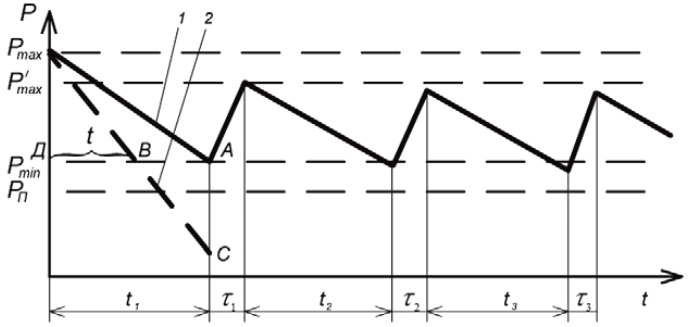


Рисунок 1 – Модель изменения и восстановления потенциала работоспособности мобильной машины: t_i – *i-е* периоды эксплуатации; τ_i – периоды времени, занятые *i-м* ремонтом; 1 – нормальная эксплуатация; 2 – эксплуатация в экстремальном режиме

В результате действия большого количества детерминированных и случайных факторов процесс изменения и восстановления ПР носит случайный характер. Поэтому для множества «одинаковых» машин этот процесс в общем виде можно рассматривать как случайный процесс с перемешиванием его реализаций, и на рисунке 1 представлен его частный случай.

Используя положения теории случайных процессов, можно рекомендовать выборочную функцию математического ожидания изменения работоспособности машин для текущего момента времени, представленную в формуле (1)

$$\widetilde{m}_p(t) = P_{\max} \cdot e^{-\nu t}, \quad (1)$$

и функцию выборочной дисперсии, представленную в формуле (2):

$$\widetilde{D}_p(t) = t(\alpha_1 + \alpha_2 \cdot t), \quad (2)$$

где $\upsilon, \alpha_1, \alpha_2$ – показатель степени и коэффициенты, определяемые экспериментально.

Выбор номенклатуры и нормирование показателей надежности (ПН) и критериев отказов и предельных состояний (КОПС) осуществляется с учетом классификационных признаков, частично представленных в таблице 1. [3]

Таблица 1 – Классификация технических систем для нормирования ПН и КОПС

Признак классификации	**Детализация признака классификации**	**Номенклатура и нормы ПН и КОПС**
1	2	3
1 Вид объекта		
1.1 Деталь	Подсистема, изготовленная из однородного материала, без применения сборочных операций	ПН и КОПС могут устанавливаться в НТД (технических регламентах, стандартах, ТУ, КД и др.)
1.2 Сборочная единица	Подсистема, составные части которой подлежат соединению между собой	ПН и КОПС устанавливают в НТД
1.3 Комплекс	Система (подсистема), состоящая из двух и более специфицированных подсистем, не соединенных сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных функций	ПН устанавливают в НТД в соответствии с иерархической ступенью подсистемы
1.4 Комплект	Подсистема, состоящая из двух и более подсистем, не соединенных сборочными операциями и предназначенных для выполнения вспомогательных функций	ПН устанавливают на входящие подсистемы по необходимости
2 Связь с ресурсом системы		
2.1 Ресурсная	Подсистема, исчерпание ресурса которой приводит к исчерпанию ресурса системы, составной частью которой она является	ПН должны соответствовать заданным требованиям на систему. КОПС являются критериями предельного состояния системы
2.2 Нересурсная	Подсистеме, ресурс которой исчерпывается одновременно с исчерпыванием ресурса системы, составной частью которой она является	Долговечность и ремонтопригодность подсистемы должны обеспечивать долговечность подсистемы, соответствующую ресурсу системы

Окончание таблицы 1

1	2	3
3 Резервирование		
3.1 Резервируемая подсистема	Подсистема, на случай отказа которой предусмотрен резерв	ПН устанавливают с учетом наличия резерва
3.2 Основная подсистема	Подсистема, выполняющая функции назначения при отсутствии в ней отказов	ПН устанавливают с учетом требований к ПН системы
3.3 Резервная подсистема	Подсистема, выполняющая функции назначения при отказе основной	То же
4 Ремонтопригодность		
4.1 Ремонтируемая подсистема	Подсистема, ремонт которой предусмотрен в НТД или КД	Показатели ремонтопригодности и комплексные ПН устанавливают по согласованию с заказчиком
4.2 Неремонтируемая подсистема	Подсистема, ремонт которой не предусмотрен в НТД или КД	Показатели ремонтопригодности не устанавливаются
4.3 Восстанавливаемая подсистема	Подсистема, восстановление которой предусмотрено в НТД и КД	Показатели ремонтопригодности и комплексные ПН устанавливают по согласованию с заказчиком
4.4 Невосстанавливаемая подсистема	Подсистема, восстановление которой не предусмотрено в НТД и КД	Показатели ремонтопригодности не устанавливаются
4.5 Обслуживаемая подсистема	Подсистема, обслуживание которой предусмотрено в НТД и КД	Показатели продолжительности (трудоемкости) ТО устанавливаются в НТД и КД по согласованию с заказчиком

Реализация мероприятий по повышению надёжности может и не требовать существенных затрат, а достигаться, например, методами оптимизации. В этом случае необходимо проводить сравнение различных вариантов достижения требуемого уровня ПН по условию получения наибольшего суммарного экономического эффекта с учетом затрат в сферах производства и эксплуатации объекта и того положительного экономического эффекта, который дает его использование по назначению. В общем случае изменение во времени суммарного экономического эффекта при эксплуатации объекта складывается под влиянием двух основных факторов, что иллюстрируется рисунком 2 [1, 4].

Здесь Q_u – затраты на изготовление нового объекта, включая его проектирование, изготовление, испытание, отладку, транспортировку к месту

работы и другие затраты; $Q_э$, – затраты на эксплуатацию, включая ТО, ремонт, профилактические мероприятия. Затраты $Q_и + Q_э$ являются отрицательными в балансе эффективности. С другой стороны, работа объекта дает *положительный экономический эффект* $Q_р$ (прибыль) в зависимости от его целевого назначения.[4]

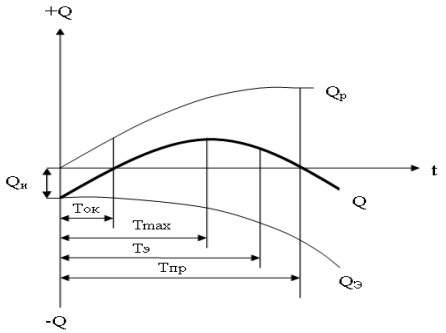


Рисунок 2 – Изменение экономической эффективности машины во времени

Заключение

Таким образом, метод управления надёжностью машин в эксплуатации сводится к определению нормы расхода ЗЧ (в стоимостном выражении) и соответствующего ей ресурса. При достижении некоторого максимального значения суммарного нормативного расхода машину направляют в капитальный ремонт или списывают.

Для обеспечения систематического контроля за техническим состоянием машины, использованием ее ресурса, выявления фактов неправильной эксплуатации и своевременного принятия соответствующих организационно-технических мер нормы расхода ЗЧ назначают интервально – по интервалам наработки.

Потребность в заменах агрегатов эксплуатационные предприятия систематически определяют на планируемый период (год, квартал), что необходимо для планирования по потребителям ремонтных заводов и других целей.

Список использованной литературы

1 Щурин, К.В. Надежность мобильных машин: учебник для вузов / К.В. Щурин, В.Е. Тарасенко. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 400 с.

2 Юдин, М.И. Технический сервис машин и основы проектирования предприятий: учеб. для вузов / М.И. Юдин [и др.]. – Краснодар: Совет. Кубань, 2007. – 968 с.

3 ГОСТ 27.003-83 Надежность в технике. Выбор и нормирование показателей надежности.

4. Зорин, В.А. Технология машиностроения, производство и ремонт подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин / Б.П. Долгополов, Г.Н. До-

ценко, В.А. Зорин и др.: Под ред. В.А. Зорина. М.: ИЦ «Академия», 2010. – 576 с.

5. Баженов, С.П. Основы эксплуатации и ремонта автомобилей и тракторов: Учебник для вузов / С.П. Баженов, Б.Н. Казьмин, С.В. Носов / Под ред. С.П. Баженова. 2-е изд., стер. – М.: ИЦ «Академия», 2007. – 336 с.

Summary. In the production, import and targeted operation of transport and technological mobile machines, the importance of indicators of their maintainability increases, with which other indicators of reliability are associated, primarily, reliability and durability.

УДК 621.431

Корнеева В.К., кандидат технических наук, доцент;
Капцевич В.М., доктор технических наук, профессор;
Закревский И.В., старший преподаватель;
Спиридович П.М., аспирант

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

АПРОБАЦИЯ МЕТОДОВ ЭКСПРЕСС-ТЕСТИРОВАНИЯ МОТОРНОГО МАСЛА В МИНИ-ЛАБОРАТОРИИ БГАТУ

Аннотация. Приведены примеры апробации экспресс-тестирования моторного масла для определения показателей его качества (наличие топлива, воды, оценка моюще-диспергирующих свойств и присутствие механических примесей) с использованием разработанных оборудования и приспособлений.

Abstract. Examples are given of approbation of express testing of motor oil to determine its quality indicators (presence of fuel, water, assessment of detergent-dispersant properties and the presence of mechanical impurities) using developed equipment and devices.

Ключевые слова. Моторное масло, экспресс-тестирование, универсальный электротигель, мембранная фильтрации, топливо, вода, моюще-диспергирующие свойства, механические примеси.

Keywords. Motor oil, express testing, universal electric crucible, membrane filtration, fuel, water, detergent-dispersant properties, mechanical impurities.

Моторное масло, как конструкционный элемент ДВС, является источником информации, как о состоянии самого масла, так и о работоспособности двигателя. В процессе работы ДВС под воздействием высоких температур и давлений, при контактировании с металлическими поверхностями, водой, топливом и воздухом в моторном масле происходит про-

цесс непрерывного накапливания загрязнений, приводящий к постепенному ухудшению и потере необходимых эксплуатационных свойств – масло подвергается старению. Накапливание загрязнений отрицательно сказывается на работоспособности узлов и агрегатов ДВС, приводит к преждевременному износу ответственных и дорогостоящих деталей и, как следствие, к увеличению расхода топлива и смазочных материалов.

Оценка изменения свойств моторного масла может проводиться как в лабораторных условиях, так и с использованием экспресс-методов. Последние позволяют оперативно оценивать изменение свойств моторного масла, не требуют использования дорогостоящего оборудования и осуществляются за короткий промежуток времени с применением простых приспособлений и устройств.

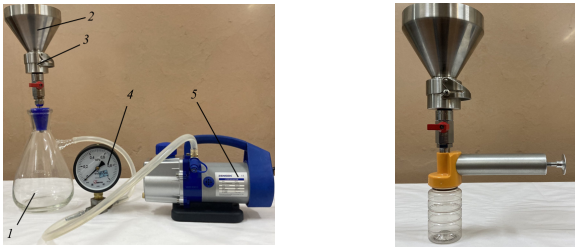
Для оценки изменения свойств моторного масла в процессе эксплуатации ДВС в БГАТУ создана мини-лаборатория экспресс-тестирования [1]. Разработанные методики и изготовленные приспособления и оборудование позволяют непосредственно в условиях АПК производить оценку следующих показателей моторного масла: наличия и количества топлива (по температуре вспышки); наличия и количества воды; моюще-диспергирующих свойств; плотности; изменения вязкости; загрязненности масла сажей; водородного показателя *pH*; общей загрязненности масла механическими примесями.

Приведем примеры апробации экспресс-тестирования моторного масла для определения наиболее важных его показателей (наличие топлива, воды, оценка моюще-диспергирующих свойств и присутствие механических примесей) с использованием разработанных оборудования и приспособлений (рисунки 1 и 2).



а *б* *в*

Рисунок 1 – Универсальный электротигель для определения:
а – наличия и количества топлива; *б* – наличия и количества воды;
в – моюще-диспергирующих свойств



а *б*

Рисунок 2 – Установки мембранной фильтрации для оценки присутствия механических примесей: *а* – для лабораторных испытаний (*1* – колба; *2* – воронка; 4 – фильтродержатель с мембранным фильтром; *4* – вакуумметр; *5* – вакуумный насос); *б* – для полевых испытаний

На рисунке 3 представлены результаты апробации экспресс-метода определения наличия и количества топлива на маслах марок *Shell Rimula* 10*W*40 (125 ч наработки), Лукойл Авангард 10*W*40 (150 ч наработки) и *Shell Helix Ultra Extra* 5*W*30 с использованием универсального тигля по температуре вспышки [2, 3].



а *б* *в*

Рисунок 3 – Результаты апробации экспресс-метода определения наличия топлива в моторном масле: *а* – *Shell Rimula* 10*W*40 (125 ч); *б* – Лукойл Авангард 10*W*40 (150 ч); *в* – *Shell Helix Ultra Extra* 5*W*30

Анализ полученных результатов показал, что масле марки *Shell Rimula* 10*W*40 (125 ч наработки) вспышка при температуре 205 °С не была зафиксирована, что свидетельствует об отсутствии в нем топлива. В масле марки Лукойл Авангард 10*W*40 (150 ч) при нанесении запальника было замечено кратковременное воспламенение паров топлива, зафиксировать которое на фотокадре за короткий промежуток времени не удалось. Доказательством этого воспламенения может служить зафиксированный на фотокадре (рисунок 1, *б*)

островытянутый факел пламени запальника, а также кратковременный звуковой «хлопок», что свидетельствует о наличии топлива в данном моторном масле. По разработанной методике установлено, что максимальная температура отсутствия вспышки у данного масла составила 190 °С, что соответствует содержанию в нем топлива в количестве 1 %. В масле марки *Shell Helix Ultra Extra* 5*W*30, взятом из двигателя *VW Crafter*, с вышедшей из строя топливной системой, была зафиксирована максимальная температура отсутствия вспышки, равная 150 °С, что соответствует содержанию в нем топлива в количестве ~ 5 %. Такое масло находиться в аварийном состоянии.

Приведенные примеры апробации свидетельствуют о том, что рекомендуемая методика позволяет определить, как качественное, так и количественное содержание топлива в моторном масле.

На рисунке 4 представлены результаты апробации экспресс-тестирования определения наличия и количества воды на маслах марок *Shell Rimula* 10*W*40 (свежее) и *Caterpillar* 10*W*30 (240 ч наработки) методом испытания на треск (*Crackle Test Oil*) [4] с использованием универсального тигля с набором специальных приспособлений: конической вставки и визуализирующего стекла [2].



а *б*

Рисунок 4 – Результаты апробации экспресс-метода определения наличия воды в моторном масле: *а – Shell Rimula* 10*W*40 (свежее); *б – Caterpillar* 10*W*30 (240 ч)

Анализ полученных изображений показал, что в моторном масле марки *Shell Rimula* 10*W*40 обнаружено наличие воды в количестве 0,1–0,2 % (пузыри размером ≈ 2 мм, перемещающиеся к центру капли). Наличие воды в свежем масле может быть объяснено нарушением правил хранения и транспортировки. В работающем марки *Caterpillar* 10*W*30 содержание воды составляет 0,05–0,10 % (мелкие пузыри размером 0,5 м).

Приведенные примеры апробации свидетельствуют о том, что рекомендуемая методика позволяет определить, как качественное, так и количественное содержание воды в моторном масле. Показанные результаты свидетельствуют, что по данному показателю исследуемые масла находятся в работоспособном состоянии.

На рисунке 5 приведены результаты апробации экспресс-тестирования оценки МДС на маслах марки Лукойл Авангард 10*W*40 с различной нара-

боткой методом «капельной пробы» (метод *Blotter Spot*) [5, 6] с использованием универсального тигля с набором специальных приспособлений: держатели в виде колец, фиксатор капельницы, капельница [2].



а *б* *в*

Рисунок 5 – Результаты апробации экспресс-тестирования оценки МДС моторного масла марки Лукойл Авангард 10*W*40 с различной наработкой: *а* – 30 ч; *б* – 215 ч; *в* – 250 ч

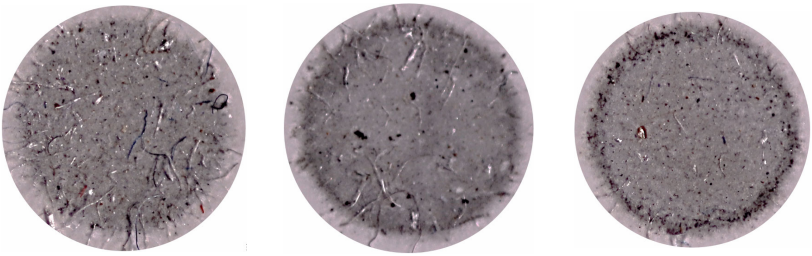
На полученных хроматограммах (рисунок 5) отчетливо различимы зона ядра и диффузионной зоны. Согласно разработанной методики нами измерены диаметры ядра *d* и диаметры диффузионной зоны *D*, и рассчитана диспергирующая способность ДС [2] (таблица).

Таблица – Результаты расчета ДС моторного масла Лукойл Авангард 10*W*40 с различной наработкой

Наработка, ч	*D*, мм	*d*, мм	ДС
30	16,11	8,34	0,73
215	17,86	7,43	0,83
250	19,38	7,69	0,84

Приведенные примеры апробации свидетельствуют о том, что рекомендуемая методика позволяет оценить МДС моторного масла. Полученные результаты исследований показывают, что все масла по показателю диспергирующей способности, находятся в работоспособном состоянии. Однако, оценивая цвет диффузионной зоны (более 7 баллов) [6], масло Лукойл Авангард 10*W*40 с наработкой 250 ч утратило свои МДС и находится в критическом состоянии.

На рисунке 6 представлены результаты апробации экспресс-тестирования присутствие механических примесей в моторном масле марки *Shell Rimula* 10*W*40 с различной наработкой методом мембранной фильтрации (Patch Test) [7].



а *б* *в*

Рисунок 6 – Фильтрограммы моторного масла марки *Shell Rimula* 10*W*40 с различной наработкой: *а* – 110 ч; *б* – 153 ч; *в* – 230 ч

Анализируя представленные фильтрограммы (рисунок 6), следует отметить, что все исследуемые масла содержат большое количество частиц различной формы, природы и размеров.

Приведенные примеры апробации свидетельствуют о том, что рекомендуемая методика позволяет определить количество, форму и размеры абразивных частиц и частиц износа в моторном масле. Полученные результаты исследований показывают, что во всех рассматриваемых маслах содержатся металлические частицы с размерами, превышающими 40–50 мкм, что соответствует критическому состоянию масел по этому показателю.

Список использованной литературы

1. Капцевич, В.М. Экспресс-методы контроля свойств моторного масла автотракторных двигателей внутреннего сгорания в условиях организаций агропромышленного комплекса / В.М. Капцевич и [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2023. – 120 с.

2. Корнеева, В.К. Универсальный электротигель для проведения экспресс-контроля показателей качества моторных масел в условиях предприятий АПК / В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, И.В. Закревский, В.В. Остриков, Е.В. Ковалевич // Агропанорама. – 2023. – № 2. – С. 31-37.

3. Корнеева, В.К. Экспресс-метод количественной оценки содержания топлива в моторном масле / В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, И.В. Закревский, И.А. Литвинов // Агропанорама. – 2023. – № 5. – С. 38–43.

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

5. Standard Test Method for Measuring the Merit of Dispersancy of In-Service Engine Oils with Blotter Spot Method: ASTM D7899-19. – ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019. – 7 p.

6. Способ и устройство для анализа масел и технических рабочих жидкостей и для квалифицированной оценки рабочих состояний элементов: пат. RU 2 649 095/ Г. Хорстмейер. – Опубл. 29.03.2018.

7. Корнеева, В.К. Применение мембранной фильтрации для контроля за продуктами загрязнения моторного масла в процессе работы ДВС / В.К. Корнеева,

В.М. Капцевич, И.В. Закревский, П.М. Спиридович // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: материалы XIII международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ / Новосиб. гос. аграр. ун-т инженер. ин-т. – Новосибирск, 2021. – С. 128–132.

Summary. The results of testing express testing of motor oil to determine the presence of fuel, water, detergent-dispersant properties and the presence of mechanical impurities are presented. It is shown that the developed methods make it possible to control changes in the properties of motor oil in the conditions of agro-industrial enterprises.

УДК 621.923

Акулович Л.М., доктор технических наук, профессор;
Сергеев Л.Е., кандидат технических наук, доцент;
Мендалиева С.И., кандидат технических наук, доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь
Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан

МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ

Аннотация. Обоснована актуальность магнитно-абразивной обработки режущей части токарных резцов после их заточки. Экспериментально установлено, что после магнитно-абразивной обработки шероховатость поверхностей в зоне режущей кромки по параметру R_a не превышает 0,8 мкм, а радиус округления режущей кромки 0,02–0,03 мм.

Abstract. The relevance of magnetic abrasive treatment of the cutting part of turning tools after their sharpening is substantiated. It has been experimentally established that after magnetic abrasive treatment, the surface roughness in the cutting edge area according to the parameter Ra does not exceed 0.8 microns, and the radius of rounding of the cutting edge is 0.02–0.03 mm.

Ключевые слова. Токарные резцы, заточка, алмазное шлифование, магнитно-абразивная обработка, ферроабразивный порошок, магнитное поле.

Keywords. Turning tools, sharpening, diamond grinding, magnetic abrasive treatment, ferroabrasive powder, magnetic field.

Из применяемого в ремонтном производстве металлорежущего инструмента доля токарных резцов превышает 50%, среди которых традиционно наиболее востребованы проходные, расточные, отрезные, резьбовые, канавочные. Режущая часть токарных резцов изготавливается из твердых сплавов или из быстрорежущих сталей. Резцы из быстрорежущих сталей по сравнению с резцами, оснащенными пластинками из твердых сплавов, менее чувствительны при работе в условиях ударных нагрузок и прерывистого резания. Поэтому для изготовления отрезных пластинчатых резцов, которые по сравнению с проходными и расточными резцами снимают стружки с меньшими толщинами среза, используют быстрорежущие стали, что обеспечивает повышение в десятки раз допустимого числа переточек, а также предпочтительный диапазон физико-механических свойств. В таких условиях большое влияние на напряженно-деформированное состояние срезаемого слоя и режущей части резца оказывает радиус округления режущей кромки p – это радиус кривизны режущей кромки в сечении, нормальном к плоскости резания (рисунок 1). Для реализации нормального резания толщина t срезаемого слоя должна быть больше радиуса p округления режущей кромки. У нормально заточенных инструментов радиус округления режущей кромки составляет около 0,03 мм, а по мере затупления он увеличивается, становится больше толщины срезаемого слоя. Вследствие этого величины радиальной силы N и силы трения F (см. рисунок 1) резко возрастают, и процесс резания затрудняется.

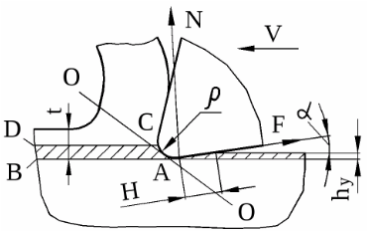


Рисунок 1 – Схема работы режущего лезвия резца

В процессе работы износ резцов сопровождается увеличением радиуса округления режущей кромки как результат трения стружки и обрабатываемой поверхности по контактным площадкам передней и задней поверхностей и пластического деформирования материала инструмента под влиянием давления стружки в условиях высокой температуры. Это приводит к появлению дополнительных погрешностей размеров из–за увеличения площадки износа по задней поверхности лезвия и разрушения режущей кромки [1]. Восстановление

геометрической формы и качества режущих поверхностей изношенных резцов выполняется алмазными абразивными кругами на заточных станках. При заточке резцов предъявляются высокие требования к обеспечению качества поверхностей его режущего лезвия: шероховатость *Ra* передней, задней поверхностей и режущей кромки резца не должна превышать 0,4 мкм [2]. При этом необходимо обеспечить заданный радиус округления режущей кромки. Силовое механическое воздействие абразивного круга на поверхность режущего лезвия при заточке резца вызывает интенсивный нагрев локальных участков и высокий градиент температур, что является предпосылкой для формирования на обрабатываемой поверхности дефектного слоя, снижающего эксплуатационные свойства инструмента. Проведенные исследования показали, что на стойкость резцов оказывает влияние как величина радиуса округления режущих кромок, так и шероховатость передней и задней поверхностей режущего клина [3, 4].

Цель исследования – поиск альтернативных технологических способов обеспечения шероховатости передней и задней поверхностей, а также радиуса округления режущей кромки при заточке токарных резцов.

Операция заточки является заключительной при изготовлении токарных отрезных пластинчатых резцов и обязательной при потере ими режущих свойств. Выступы микронеровностей, образовавшиеся на режущих кромках после заточки абразивными кругами, разрушаются в первые секунды резания, а впадины микронеровностей остаются, являясь местом зарождения микротрещин.

Интенсивность изнашивания резца в процессе его работы зависит от величины сил трения сходящей стружки по передней поверхности и трения задней поверхности по заготовке. Поэтому снижение шероховатости передней и задней поверхностей резца обеспечивает уменьшение силы резания.

Проведенные исследования [3, 5] показали, что величина радиуса округления режущей кромки резца после заточки абразивным кругом колеблется в пределах 30 %, и это является источником нарушения стабильности резания. Поэтому рекомендуется после заточки шлифовальным кругом дополнительно осуществлять доводку режущей кромки мелкозернистым абразивом на притирах, например, из мелкозернистого серого чугуна с ферритной структурой (100÷120 НВ), шаржированного порошком АСМ зернистостью 7/5÷10/7, либо использовать высокоточные шлифовально-заточные станки, имеющие аэростатические опоры и встроенные синхронные безвибрационные электродвигатели [6].

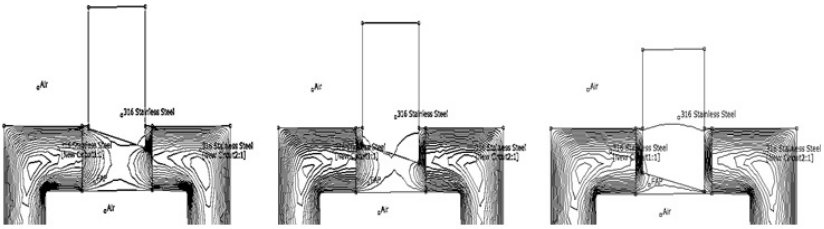
Альтернативным вариантом решения проблемы может быть объемная абразивная обработка режущей части резцов. К способам объемной абразивной обработки, обеспечивающим уменьшение высоты микронеровностей поверхностей режущей части резцов и формирующим

радиус округления режущей кромки, относится обработка эластичным (гибким) инструментом, в том числе магнитно-абразивная обработка (МАО) [3]. Сущность способа МАО состоит в том, что обрабатываемую поверхность детали располагают с определенным зазором между полюсными наконечниками магнитной системы. Зазоры заполняют ферроабразивным порошком (ФАП), зерна которого под действием энергии магнитного поля (МП) удерживаются в зазоре и, ориентируясь наибольшей осью по направлению магнитных силовых линий, создают «ферроабразивную щетку» (ФАЩ), которая силой МП прижимается к обрабатываемой поверхности. Детали сообщают определенные кинематические движения (вращательные, возвратно-поступательные, осциллирующие), обеспечивающие перемещения обрабатываемой поверхности относительно ФАЩ. Для предотвращения засаливания ФАЩ в рабочие зазоры подается смазочно-охлаждающее технологическое средство (СОТС). Поскольку каждое зерно ФАП ориентируется по направлению магнитных силовых линий своей наибольшей осью, то к обрабатываемой поверхности всегда обращены наиболее острые режущие кромки. Вместе с тем, в процессе МАО режущие кромки зерен ФАП подвержены разрушению из-за их износа. Это приводит к переформированию прежней наибольшей оси в другом сечении зерна ФАП. Таким образом, происходит переориентация ферромагнитных зерен в процессе МАО, в результате чего обработка поверхности детали производится всегда наиболее острыми кромками.

При МАО срезаются вершины неровностей и образуется новая шероховатость поверхности, характеризующаяся малой высотой микронеровностей и увеличенным радиусом их округления. Топография поверхности в процессе МАО не сопровождается заметным изменением шага неровностей, образовавшихся на предшествующих операциях обработки. Выполненные ранее исследования [3] показали, что МАО поверхностей рабочих элементов свёрл обеспечивает формирование радиусов округления режущих кромок величиной около 0,01 мм и снижение шероховатости поверхностей рабочих элементов свёрл до величины параметра Ra = (0,18÷0,20) мкм при исходной шероховатости Ra = (0,35÷0,40) мкм. МАО обеспечивает более точное приближение формы кромки к дуге окружности, что обусловлено концентрацией магнитного потока на локальном участке и, как следствие, интенсификацией на нем съема металла [7].

Исследование пространственного распределения МП в рабочем зазоре при МАО резцов проводили методом компьютерного моделирования с использованием программной среды FEMM для трех видов профиля торцевой поверхности полюсных наконечников: сферического, конического и плоского. Установлено, что наиболее равномерное распределение МП в

рабочей зоне с максимальным значением магнитной индукции 0,93 Тл наблюдается в зазоре δ = 1 мм, образованном полюсными наконечниками электромагнитов с плоской формой торцев (рисунок 2).



(*а*) (*б*) (*в*)

Рисунок 2 – Топография магнитного поля в рабочем зазоре, образованном полюсными наконечниками электромагнитов с плоской формой торцев, рассчитанная в программе FEMM 4.2 для различных положений резца: (*а*) – верхнее, (*б*) – среднее, (*в*) – нижнее

Экспериментальные исследования проводили при МАО режущей части резцов автоматных отрезных пластинчатых 3х12х125 мм (ТУ 2–035–491–76). Исходная шероховатость поверхностей резца в зоне режущей кромки после заточки абразивным кругом составляла: передней – Ra = 0,2 мкм; задней – Ra = 0,16 мкм. Режущая кромка, образованная пересечением передней и задней поверхностей, не имела явно выраженной геометрической формы, и на ней наблюдались прерывистые односторонние заусенцы.

Параметры и режимы МАО: величина магнитной индукции, B = (0,5÷1,0) Тл; скорость движения резца, V_o = (0,10÷0,25) дв. ход/мин; величина рабочего зазора, δ = (1÷4) мм; коэффициент заполнения рабочего зазора, $K_з$ = (0,8÷1,0); размерность частиц ФАП, Δ = 63/100 мкм; ФАП – FeB_x–B_4C (патент РБ № 6028); СОТС – патент РБ № 23142, 3 %-ный водный раствор; расход СОТС, 150 мл/мин; скорость подачи СОТС, w = 0,55 м/с; время обработки, t = (30, 60, 90, 120) с. Величину шероховатости Ra определяли профилометром TR210 по ГОСТ 19300–86. Измерение радиуса округления режущих кромок резца проводили с помощью двойного микроскопа МИС-11 путем определения профиля режущей кромки методом просвечивания с использованием шаблонов при общем увеличении 157 крат и допускаемой погрешности 10 %.

Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 3. Шероховатость передней и задней поверхностей резца в зоне режущей кромки уменьшается в (2÷4) раза, а радиус округления режущей кромки резца находится в пределах (0,02÷0,03) мм.

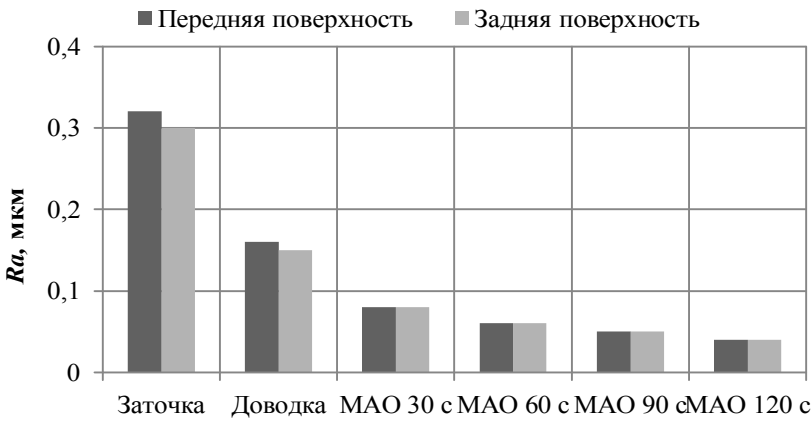


Рисунок 3 – Шероховатость передней и задней поверхностей резца после различных методов обработки и МАО в интервале (30÷120)с.

Список использованной литературы

1. Талантов, Н.В. Физические основы процесса резания, изнашивания и разрушения инструмента / Н.В. Талантов – Москва : Машиностроение, 1992. – 240с.

2. Козлов, А.М. Влияние контактных процессов на износ круга при шлифовании / А.М. Козлов, Д.В. Боглов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, 2010. – № 2. – С. 50–53.

3. Клименко, С.А. Финишная обработка поверхностей / С.А. Клименко [и др.]; под общ. ред. С.А. Чижика и М.Л. Хейфеца. – Минск : Беларуская навука, 2017. – 378 с.

4. Попов, М.А. Влияние радиуса округления режущей кромки на повышение качества поверхностного слоя детали / М.А. Попов, В.В. Максаров, И.А. Бригадов // Известия ТулГУ, 2021. – Вып. 9. – С. 30–35.

5. Носенко, В.А. Моделирование совмещенной абразивной обработки / В.А. Носенко // Инструмент и технологии, 2004. – № 17–18. – С. 162–167.

6. Лапшин, В.В. Разработка технологии и исследование качества заточки прецизионных резцов из сверхтвердых материалов / В.В. Лапшин, С.В. Грубый // Наука и образование : электронное издание, 2012. – № 9. – С. 8–22.

7. Муравлев, О.П. Численное исследование проблем концентрации магнитного потока для синтеза высокоэффективных магнитных систем / О.П. Муравлев [и др.]. // Проблемы информатики, 2012. – № 5. – С. 30–35.

Summary. Magnetic abrasive treatment ensures the shape of the surface of the rounding of the cutting edge of the cutter in the form of a radius (0.02-0.03) mm and the roughness of the surfaces of the cutting blade of the cutters according to the parameter Ra is not more than 0.8 microns.

УДК 621.77.04

Толочко Н.К., доктор физико-математических наук, профессор;
Авраменко В.П., кандидат технических наук, доцент;
Кравцов В.Б., старший преподаватель;

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

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЛИСТОВОГО ЛАМИНИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ОСНАСТКИ

Аннотация. Рассмотрены основные направления выполняемой в БГАТУ научно-технической деятельности по изготовлению металлических деталей машин и формообразующей оснастки с применением аддитивной технологии листового ламинирования.

Abstract. The main directions of scientific and technical activities carried out at BGATU in the production of metal machine parts and forming equipment using additive sheet lamination technology are considered.

Ключевые слова. Аддитивная технология, листовое ламинирование, детали машин, формообразующая оснастка.

Keywords. Additive technology, sheet lamination, machine parts, forming equipment.

В машиностроении применяют разные виды аддитивных технологий (АМ-технологии – от англ. Additive Manufacturing). Из них в практическом отношении наиболее перспективны такие, которые позволяют создавать изделия непосредственно из металла. К ним относятся, прежде всего, лазерные металлопорошковые АМ-технологии, согласно которым изделия создают путем селективного лазерного сплавления металлического порошка, послойно наносимого на рабочую платформу (Selective Laser Melting, SLM) или же подачей металлического порошка непосредственно к месту построения, где происходит его лазерная наплавка (Laser Engineered Net Shape, LENS, и Laser Metal Deposition, LMD). Однако широкое применение этих технологий сдерживается большой стоимостью используемого для их реализации оборудования (3D-принтеров) [1].

В этой связи становится актуальным изучение возможностей прямого создания металлических изделий с помощью АМ-технологии листового ламинирования – Sheet Lamination (SL), согласно которой детали создают из металлических листов. Для практики наиболее перспективным является один из вариантов SL-технологии – CSB-SL-технология, которая реализуется по схеме «cut–stack–bond» (CSB) – «резка-пакетирование-

соединение» при следующем порядке операций: лазерная контурная резка листового металла, пакетирование полученных листовых выкроек и их соединение друг с другом. Для реализации этой технологии служат сравнительно недорогие лазерные раскроечные станки.

CSB-SL-технология известна довольно давно. Впервые она была использована для изготовления металлических изделий в 1970-х годы. В последующие годы в ряде стран выполнялись экспериментальные работы по изготовлению с ее помощью различных металлических изделий, однако все эти работы были кратковременными, эпизодическими. С 2020-го года в БГАТУ была начата систематическая научно-техническая деятельность, связанная с применением CSB-SL-технологии для изготовления металлических деталей машин и формообразующей оснастки, чему способствовало приобретение лазерного станка для резки листовых металлов LaserCUT-1515-6-2-N-RT (Рухсервомотор, РБ). С 2022-го года работниками БГАТУ и Минского завода шестерен началось совместное изучение вопросов применения этой технологии в условиях заводского производства деталей машин, включая детали сельхозтехники.

В данной статье рассмотрены основные направления выполняемых в БГАТУ работ в области применения CSB-SL-технологии для создания разных видов металлических изделий. Поскольку для CSB-SL-технологии, как и других АМ-технологий, характерно формирование ступенчатого рельефа на боковых стенках создаваемых изделий [2], то особое внимание было уделено способам предотвращения этого рельефа.

Возможности успешного применения CSB-SL-технологии для создания деталей машин показаны на примерах изготовления шестерни и грядиля плуга. И шестерня, и грядиль имели многослойную конструкцию, состоящую из пакетированных листовых выкроек, полученных в результате лазерного контурного раскроя стальных листов. Выкройки в пакетах соединяли механическим путем с помощью болтов и штифтов. С целью уменьшения металлоемкости создаваемых деталей проводили топологическую оптимизацию их конструкции. Уменьшение металлоемкости в деталях с оптимизированной конструкцией достигалось благодаря дополнительным отверстиям с определённой конфигурацией и местоположением, которые вырезали в листовых выкройках в ходе их лазерного раскроя.

Поскольку конструкция и шестерни, и грядиля характеризуется наличием боковых стенок, перпендикулярных плоскости образующих их листовых выкроек, т.е. параллельных направлению аддитивного построения, то образование ступенчатого рельефа при создании этих деталей в принципе исключалось. При изготовлении шестерни для обеспечения требуемого качества поверхности зубьев проводили их шлифование одновременно для всех пакетированных выкроек. На рис. 1 показаны полученные

с помощью CSB-SL-технологии шестерня и грядиль с многослойной конструкцией, облегчённой в результате топологической оптимизации.



Рисунок 1 – CSB-SL-конструкции шестерни и грядиля плуга

Благодаря использованию SL-технологии при изготовлении деталей масса шестерни уменьшилась на 37%, грядиля – на 17% при сохранении требуемых механических свойств. Производительность изготовления шестерни увеличилась на 32%, а себестоимость уменьшилась на 5%. Производительность изготовления грядиля увеличилась в 1,6 раза, а себестоимость уменьшилась в 1,4 раза.

Возможности успешного применения CSB-SL-технологии для создания формообразующей оснастки продемонстрированы на примере изготовления штамповой оснастки для листовой штамповки металлов и термопластов, а также литьевой оснастки для литья под давлением выплавляемых моделей, которые, в свою очередь, используются при литье металлов.

Как и рассмотренные выше детали, формообразующие элементы технологической оснастки – матрица и пуансон пресс-форм для штампования или литья имели многослойную конструкцию, состоящую из листовых стальных выкроек, механически соединенных между собой в пакетах. На рис. 2-4 показаны полученные с применением CSB-SL-технологии формообразующие элементы технологической оснастки, а также изделия, изготовленные с помощью этих формообразующих элементов.



Рисунок 2 – Матрица и пуансон пресс-формы для листовой штамповки металлов (слева) и отштампованная металлическая деталь в форме тарелки

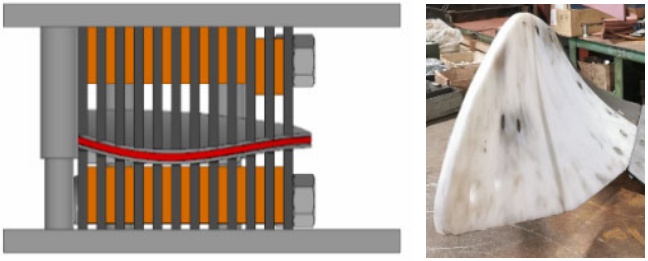


Рисунок 3 – Матрица и пуансон пресс-формы для листовой штамповки термопластов (слева) и отштампованный пластиковый отвал плуга

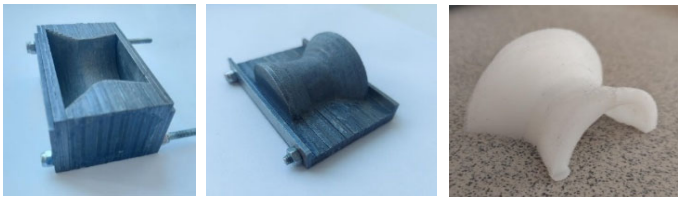


Рисунок 4 – Матрица и пуансон пресс-формы для литья выплавляемых моделей и отлитая из парафина выплавляемая модель

Как видно на рисунках, изделия имели гладкую поверхность, без каких-либо следов ступенчатого рельефа, несмотря на то, на формообразующих поверхностях оснастки в процессе ее аддитивного построения первоначально был создан ступенчатый рельеф. Это объясняется специальными технологическими мерами, предпринятыми для предотвращения образования такого рельефа на поверхности изделий. Так, при листовой штамповке металлов снабжали матрицу и пуансон металлическими прокладками, которые предохраняли поверхность штампуемого изделия от воздействия на нее ступенчатого рельефа рабочих поверхностей матрицы и пуансона. При листовой штамповке термопластов подбирали такие сочетания температурных и силовых параметров, при которых не допускалось вдавливание ступенек матрицы и пуансона в поверхность листа пластика. Наконец, при литье выплавляемых моделей из парафина, а также из воска, замазывали впадины ступенек матрицы и пуансона специальными твердеющими замазками до полного удаления ступенчатого рельефа.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности дальнейшего развития CSB-SL-технологии и ее применения для сравнительно быстрого и дешевого изготовления металлических деталей машин как для производственных, так и для ремонтных нужд.

Список использованной литературы

1. Толочко Н.К. Изготовление металлических деталей машин и формообразующей оснастки с помощью аддитивных технологий / Н.К. Толочко, П.В. Авраменко, В.Б. Кравцов // Современные проблемы и пути развития технического сервиса в АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 24–25 нояб. 2022 г.) / редкол.: Л. М. Акулович [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2022. – С. 39–44.

2. Толочко, Н.К. Аддитивные технологии: проблема ступенчатого рельефа поверхности / Н.К. Толочко, О.В. Сокол // Агропанорама. – 2019. – №2. – С. 12–16.

Summary. The results obtained indicate the prospects of further development of CSB-SL technology and its application for relatively fast and cheap manufacture of metal machine parts for both production and repair needs.

УДК 631.3.02:621.785.5

Анискович Г.И., кандидат технических наук, доцент;
Шевчук М.А., ассистент;
Шукан М.М., аспирант

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

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ИМПУЛЬСНОЙ ЗАКАЛКОЙ

Аннотация. В статье приводятся сведения о необходимом технологическом оснащении термических производств агросервисных и машиностроительных предприятий, осваивающих упрочняющую технологию импульсной закалки при изготовлении сменных быстроизнашивающихся деталей сельскохозяйственных машин.

Abstract. The article provides information about the necessary technological equipment for thermal production at agroservice and machinery enterprises that are adopting the strengthening technology of impulse hardening in the manufacture of replaceable, rapidly wearing parts for agricultural machinery.

Ключевые слова. Упрочнение, импульсная закалка, технологический модуль, термические печи, закалочные устройства.

Keywords. Hardening, pulse hardening, technological module, thermal furnaces, hardening devices.

Реализация технологического процесса упрочнения сменных деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин импульсной закалкой на машиностроительных и ремонтно-обслуживающих предприятиях республики требует разработки и внедрения комплекса основного и вспомогательного оборудования, на основе которого будут организованы новые или дооснащены существующие термические производства.

Технологическая схема упрочнения деталей с применением импульсной закалки разрабатывалась для условий печного нагрева заготовок [1,2]. Поскольку условия нагрева заготовок до закалочной температуры влияют на размер зерна аустенита, то в реальных условиях производства стадию нагрева стальной заготовки до температуры аустенитной области и стадию выдержки следует строго соблюдать. Параметры (температура и длительность) режима аустенитизации важны для развития последующих этапов технологии, так как с ними связаны конечные результаты продуктов распада переохлажденного аустенита (размер зерна) и механические свойства.

Упрочнения стальных заготовок с использованием технологии импульсной закалки жидкостью, предшествуют две стадии: стадия нагрева до температуры аустенизации; стадия выдержки при температуре аустенизации.

Принимая во внимание, что от размера зерна аустенита в большей мере зависят свойства изделия после термической обработки, нагрев изделия осуществлялся до определенной температуры, при которой сохраняется мелкозернистый аустенит. Продукты превращения мелкозернистого аустенита, как равновесные, так и метастабильные, имеют более высокую вязкость и пластичность, меньшую чувствительность к концентраторам напряжений, чем соответствующие продукты превращения крупнозернистого аустенита [3].

Мартенситное превращение интенсивно протекает при непрерывном охлаждении стальной заготовки. Минимальная скорость охлаждения, при которой аустенит превращается в мартенсит, принято называть критической скоростью закалки.

В этой связи система закалочного охлаждения стальных заготовок должна обеспечивать скорость охлаждения не менее 1200–1500 °С. Из производственной практики известно, что для охлаждения высокотемпературных поверхностей в качестве наиболее интенсивных тепловых процессов применяются установки струйного охлаждения, либо потоком жидкости. Интенсивность охлаждения высокотемпературной поверхности может достигать 10000 °С/с и более. Такое охлаждение стальных поверхностей при закалке создает возможность получить на поверхности изделия напряжения сжатия около 800 МПа, что препятствует возникновению закалочных трещин [4] .

Охлаждение высокотемпературных поверхностей заготовки с требуемой скоростью при упрочнении импульсной закалкой реализуется с помощью технологического модуля (рисунок 1), укомплектованного закалочными устройствами [5, 6].

В соответствии с номенклатурой изделий, подлежащих упрочнению импульсной закалкой, специальные закалочные устройства (ЗУ) разрабатываются для деталей простой формы (рисунок 2) и сложнопрофильных (рисунок 3). На каждую деталь с учетом её размеров и конфигурации должны создаваться индивидуальные закалочные устройства. Макси-

мальные размеры ЗУ предопределяются размерами закаливаемого изделия и устройств подвода и отвода охлаждаемой жидкости.

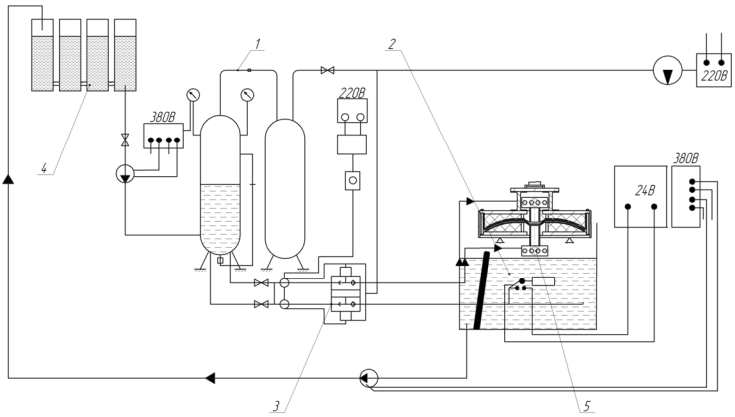


Рисунок 1 – Принципиальная схема технологического модуля для охлаждения высокотемпературных поверхностей заготовки при их импульсной закалке
1 – блок управления подачей охлаждающей жидкости; 2 – блок управления отводом охлаждающей жидкости; 3 – система управления клапанами «Бабочка»; 4 – емкости для охлаждающей жидкости; 5 – закалочное устройство

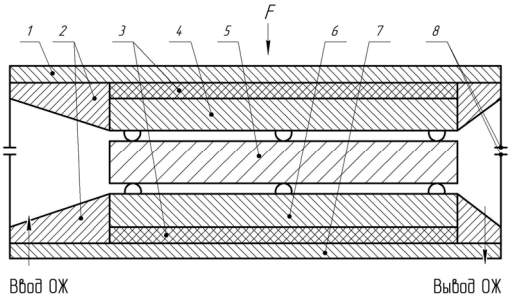


Рисунок 2 – Принципиальная схема закалочного устройства для импульсной закалки деталей простой формы
1 – крышка; 2 – детали компенсатора; 3 – прокладки; 4 – пуансон; 5 – заготовка; 6 – матрица; 7 – корпус основания; 8 – уплотнение

Термообработка деталей в закалочных устройствах приведенных конструкций позволяет исключить коробление, особенно длинномерных и сложнопрофильных деталей и избежать последующей их рихтовки.

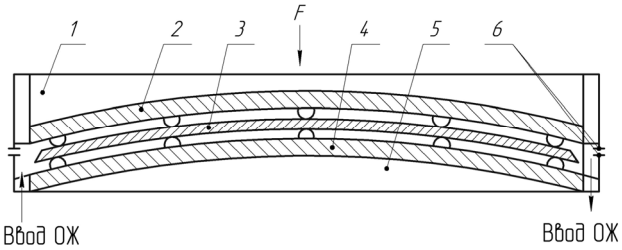


Рисунок 3 – Принципиальная схема закалочного устройства
для импульсной закалки сложнопрофильных деталей
1 – крышка; 2 – пуансон; 3 – заготовка; 4 – матрица;
5 – основание корпуса; 6 – уплотнение

Закалочные устройства используется в комплекте с приспособлением, для осуществления их открывания-закрывания и фиксирования деталей в процессе закалки. Принципиальная кинематическая схема приспособления приведена на рисунке 4.

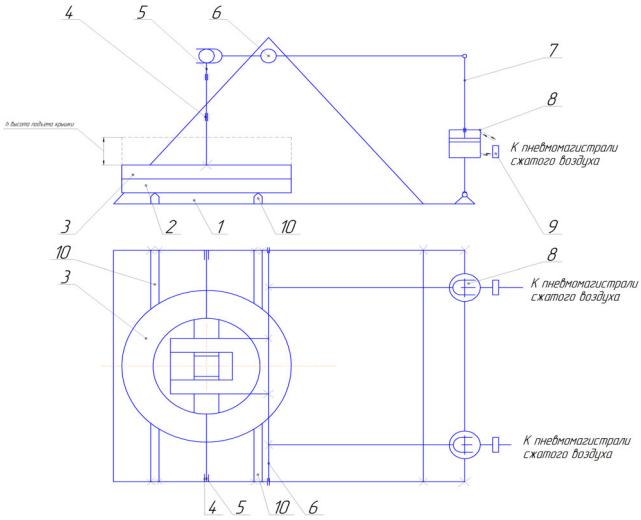


Рисунок 4 – Принципиальная кинематическая схема приспособления
для открывания и закрывания закалочного устройства
1 – боковины (левая и правая); 2 – основание закалочного штампа;
3 – крышка закалочного штампа; 4 – направляющая вертикального штока;
5 – вертикальный шток; 6 – ось с рычагами; 7 – шток пневмоцилиндра;
8 – пневмоцилиндр; 9 – распределитель сжатого воздуха;
10 – поперечины для крепления основания закалочного штампа

Нагрев стальных заготовок осуществляется в печах сопротивления камерного типа. Для мелких деталей (долото, нож измельчителя, нож косилки) применяются нагревательные печи типа ПКМ 3.6.2/11 мощностью 12 кВт.

Детали среднего размера (диск сошника, грудь отвала, стрельчатая лапа) рекомендуется нагревать в печах типа СНО 4.8.3/11. Мощность такой печи составляет 18 кВт.

Для нагрева крупных деталей (диски лущильников и дискаторов, полевые доски, лемехи) в производственных условиях апробированы нагревательные печи типа СНО 8.8.4/11. Мощность печей этого типа печей может составлять 35–70 кВт.

Применением нагревательных печей сопротивления соответствующих типов обеспечивается скорость нагрева заготовок в пределах 1,5–2,5°С/с. Температура в заданном интервале нагрева заготовок контролируется микропроцессорным контроллером «Термодат-14». Точность измерения температуры нагрева заготовок составляет ± 2 °С.

Заданный объем охлаждающей жидкости для охлаждения заготовки обеспечивется конструкцией технологического модуля (рисунок 1), с помощью которого подача заданного объема охлаждающей жидкости осуществляется для условий, когда отношение избыточного давления жидкости в начале и конце цикла охлаждения составляет около 0,95 (допускается 0,8).

Функционирование взаимосвязанных технических систем технологического модуля позволяет охлаждать детали при их закалке с учетом требуемой критической скорости охлаждения, регламентируемой для данной марки стали. Скорость охлаждения обеспечивается в диапазоне от 400^{o}С/с до 5000^{o}С/с и более. Продолжительность цикла охлаждения изменяется в зависимости от марки материала и формы детали и обеспечивается системой, укомплектованной быстродействующими клапанами с пневмоприводами и реле времени с интервалом регулирования 0,1с.

Дополнительно контролируются: температура заготовки в начале и конце охлаждения пирометрическим прибором «Кельвин 200ЛЦМ», расход охлаждающей жидкости за один цикл охлаждения, температура жидкости исходная и конечная.

Технологический модуль (ТМ) для реализации импульсной закалки состоит из серийно изготавливаемых комплектующих отечественного производства. Для различных производственных условий реализованы два его варианта. В одном случае работа ТМ осуществляется с использованием системы оборотного водоснабжения предприятия. Второй вариант ТМ базируется на применении автономной системы водоснабжения (рисунок 1). В этом случае создаются отдельные емкости для воды объемом

от 5 до 15 м^3. Охлаждающая жидкость циркулирует по замкнутому контуру. В качестве охлаждающей жидкости применяется проточная вода или водные растворы кальцинированной соды.

Заключение

Для реализации технологического процесса импульсной закалки деталей сельскохозяйственной техники требуется оснащение термических производств следующим оборудованием и контрольно-измерительными приборами: электрическими нагревательными печами (тип определяется размерами и формой детали); технологическим модулем в составе индивидуального для каждого типа деталей закалочного устройства, механизма зажима в ЗУ детали, системы подачи и отвода в ЗУ требуемого объема охлаждающей жидкости; измерительным комплексом для регистрации и регулирования температуры нагрева деталей, давления и температуры охлаждающей жидкости, продолжительности цикла закалочного охлаждения.

Список использованной литературы

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

2. 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.

3. Структурная теория конструктивной прочности материалов: Монография/Л.И. Тушинский. – Новосибирск: НГТУ, 2004. – 400 с.

4. Материаловедение: Учебник для вузов/Б. А. Арзамасов, В. И. Макарова, Г. Г. Мухин [и др.]; Под общ. ред. Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина. – М.: МГТУ им. Н. Э.Баумана, 2008. – 648с.

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

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

Summary. To implement the technological process of pulse hardening of parts, the following equipment is required: electric heating furnaces; a technological module consisting of an individual hardening device for each type of part, a mechanism for clamping the part, a system for supplying and discharging the required volume of coolant.

УДК 631.3.02:621.78

Анискович Г.И., кандидат технических наук, доцент;
Шевчук М.А., ассистент;
Шукан М.М., аспирант

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

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ УПРОЧНЕНИЯ СМЕННЫХ ПОЧВОРЕЖУЩИХ ДЕТАЛЕЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Аннотация. В статье приведены сведения о зарубежных и отечественных материалах, применяемых для изготовления сменных почворежущих деталей сельскохозяйственных машин, результаты исследований структуры и основных механических свойств упрочненных импульсной закалкой образцов из отечественных среднеуглеродистых конструкционных сталей.

Abstract. The article provides information on foreign and domestic materials used for the manufacture of replaceable parts of deep cultivators. The results of research on the structure and basic mechanical properties of samples made from domestic medium-carbon structural steels, hardened by pulse hardening, are presented.

Ключевые слова. Абразивное изнашивание, упрочнение, термообработка, прочность, структура, твердость, ударная вязкость.

Keywords. Abrasive wear, hardening, strength, structure, heat treatment, hardness, wear resistance, impact toughness.

Повышение технического уровня сменных почворежущих деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин – актуальная проблема АПК. В процессе эксплуатации эти детали подвергаются динамическим нагрузкам, воздействию абразивных частиц почвы, что провоцирует разрушение поверхностного их слоя.

В результате интенсивного абразивного изнашивания изменяется геометрия режущей части и общие размеры рабочих органов, что является причиной нарушения агротехнических требований, снижения качества обработки почвы, повышения энергетических затрат. Вынужденная частая замена деталей рабочих органов снижает производительность труда и повышает затраты на обработку [1].

Западноевропейскими фирмами для изготовления сменных деталей почвообрабатывающих машин наиболее часто используются износостойкие стали Raex, Domex, Hardox, Weldox шведской компании SSAB и немецкой компании ThyssenKrupp AG.

Эти стали характеризуются содержанием углерода от 0,18 до 0,42 %, отличаются широким спектром марок (в зависимости от условий применения), более строгими требованиями по содержанию вредных примесей – серы и фосфора, причем требования тем жестче, чем более высокий уровень прочности стали и сложными композициями легирования. Практически все зарубежные износостойкие стали микролегированы бором.

Предел прочности зарубежных сталей после закалки в воду может достигать значений 1580–2050 МПа в зависимости от выбранной композиции легирования, а при закалке в масло значения временного сопротивления на 100–150 МПа ниже. Твердость после термообработки находится в пределах 53–57 HRC [2,3].

Анализ материалов, применяемых предприятиями Республики Беларусь, для изготовления сменных деталей почвообрабатывающих машин показывает, что используются в основном недорогие, недефицитные стали. Также используются традиционные методы упрочнения – термообработка (закалка и отпуск). Подавляющее количество деталей, изготавливают из сталей 35, 45, 40Х, Л53, 65Г, 55С2, 60С2.

Изделия из таких сталей в сочетании с традиционной упрочняющей термообработкой не обладают достаточным уровнем твердости, прочности и абразивной износостойкости при работе в экстремальных условиях. Твердость изделий составляет 35–48 HRC, прочность не превышает 900–1200 МПа, ударная вязкость находится в пределах 0,2–0,6 МДж/м^2. Такие изделия не могут полноценно конкурировать с изделиями ведущих западноевропейских фирм. Для изготовления деталей, обрабатываемых на высокую прочность, также можно использовать стали 30ХГСА, 30ХГСНА, 35ХГСА, 30ХГТ, 20ХГНМ, 45ХНМФА (ГОСТ 4543-71). Однако использование данных марок сталей экономически нецелесообразно по причине существенного увеличения себестоимости изготавливаемых из них деталей.

Отечественным предприятиям в условиях все возрастающей конкуренции и требований к качеству выпускаемой продукции необходим новый подход к выбору материалов и технологий для комплексного решения проблем повышения надежности и срока службы почворежущих деталей и придания им специальных свойств.

ТКП 572-2015 «Детали сельскохозяйственных машин подвергающиеся интенсивному износу. Требования к параметрам устойчивости к абразивному, ударно-абразивному изнашиванию и пластической деформации» устанавливает, что почворежущие детали, такие как лемеха, долота плугов, лапы культиваторов и др. должны иметь прочность не менее 1500 МПа, твердость на уровне 50 HRC, ударную вязкость не менее 0,6 МДж/м^2.

Экономическая целесообразность производства предприятиями республики сменных деталей почвообрабатывающих машин требуемого уровня качества и конкурентоспособности предполагает использование при их изготовлении недорогие и недефицитные среднеуглеродистые марки сталей и

придание необходимых физико-механических свойств за счет применения специальной упрочняющей обработки.

Отечественное производство конкурентоспособных почворежущих деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин, не уступающих по техническому уровню зарубежным аналогам, может быть решено использованием упрочняющей технологии импульсного закалочного охлаждения потоком воды [4,5,6]. Данный вид термообработки успешно осваивается белорусскими производителями сельскохозяйственной техники.

Для обеспечения конкурентоспособности почворежущих деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин, исследования проводились с использованием горячекатаного стального проката из следующих марок сталей: сталь 35, 45, 25ХГСА, 60ПП.

В ходе исследований физико-механических свойств упрочненных экспериментальных образцов выполнялись: исследование структуры, измерение твердости, микротвердости и ударной вязкости.

Определение динамических свойств упрочненных образцов осуществлялось по методу ударного нагружения в соответствии с требованиями ГОСТ 9454-78 на образцах без надреза.

По результатам испытаний ударная вязкость образцов из сталей 45 и 35 после импульсной закалки и отпуска при 230°С и 280°С в течение 1 часа находилась на уровне 300 Дж/см^2, из стали 60 ПП (импульсная закалка и отпуск при 200°С в течение 1 ч) – 280,0 – 282,6 Дж/см^2, из стали 25 ХГСА (импульсная закалка и отпуск 400 °С) – 137,5–145,0 Дж/см^2.

Твердость по Роквеллу определялась на твердомере ТК14-250 по ГОСТ 9013-59. Измерение микротвердости проводилось на микротвердомере «Micromet-II» с нагрузкой 100 г. по ГОСТ 9450-76. Перевод чисел микротвердости в твердость по Роквеллу осуществлялся по таблицам ASTM. Погрешность перевода составляет ± 10 %.

Результаты измерения поверхностной твердости упрочненных импульсной закалкой (ИЗ) образцов представлены в табл.1

Исследование структуры образцов проводили на световом микроскопе «MeF-3» фирмы «Reichert» (Австрия) при увеличении ×500.

Микроструктурные исследования показали, что у всех упрочненных образцов у края поверхности присутствует обезуглероженный слой на глубину 10–50 мкм.

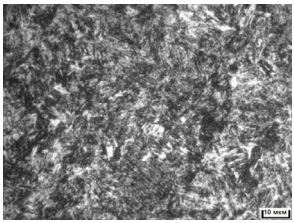
Микроструктура образца из стали 45 после импульсной закалки и низкого отпуска при температуре 280°С (рис. 1а) в упрочненных зонах на глубину до 2,5 мм представляет собой троостомартенсит с микротвердостью 5100–5200 МПа (48–50 HRC), в сердцевине – тростит с микротвердостью 4600 МПа (45 HRC).

Таблица 1 – Твердость поверхности упрочненных импульсной закалкой образцов

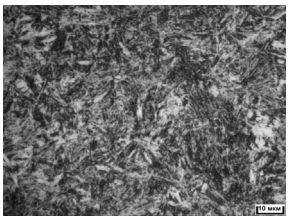
Марка стали и вид ТО	45, ИЗ, отпуск 280°С	45, ИЗ, отпуск 230°С	35, ИЗ, отпуск 280°С	35, ИЗ отпуск 230°С	60ПП, ИЗ, отпуск 200°С	25ХГСА, ИЗ, отпуск 400°С
Твердость, HRC	48-50	50-53	42-45	47-49	56-60	43-45

Микроструктура образца из стали 45 после импульсной закалки и низкого отпуска при температуре 280°С (рис. 1а) в упрочненных зонах на глубину до 2,5 мм представляет собой троостомартенсит с микротвердостью 5100–5200 МПа (49–50 HRC), в сердцевине – тростит с микротвердостью 4600 МПа (45 HRC).

В образце из стали 45 после импульсной закалки и низкого отпуска при температуре 230°С (рис. 1б) микроструктура в упрочненных зонах на глубину до 2,5 мм представляет собой троостомартенсит с микротвердостью 5600–5700 МПа (52–54 HRC), в сердцевине – тростит с микротвердостью 4600 МПа (45 HRC).



а

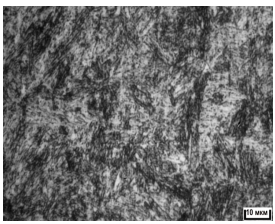


б

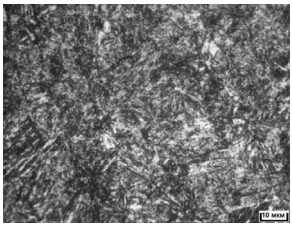
Рисунок 1 – Микроструктура (х500) образцов из стали 45 после импульсной закалки и отпуска 280 °С (*а*) и 230 °С (*б*)

Микроструктура образца из стали 35 после импульсной закалки и низкого отпуска при температуре 280°С (рис. 2а) в упрочненных зонах на глубину до 3,5 мм представляет собой мартенсит, троостомартенсит с микротвердостью 5600–4500 МПа (52-45 HRC), в сердцевине – троостосорбит с микротвердостью 3600–3800 МПа (37–39 HRC).

Микроструктура образца из стали 35 после импульсной закалки и низкого отпуска при температуре 230°С (рис. 2б) в упрочненных зонах на глубину до 3,5 мм представляет собой троостит с микротвердостью 4100–4800 МПа (41–47 HRC), в сердцевине – троостосорбит с микротвердостью 3500 МПа (36 HRC).



а

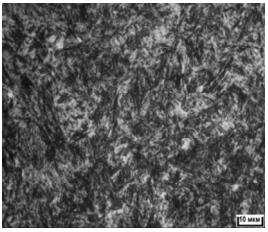


б

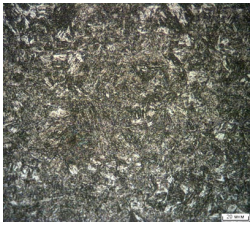
Рисунок 2 – Микроструктура (х500) образцов из стали 35 после импульсной закалки и отпуска 280 °С (*а*) и 230 °С (*б*)

В образце из стали 60ПП (импульсная закалка, отпуск 200°С) микроструктура в упрочненных зонах (рис. 3а) на глубину до 3,5 мм представляет собой мартенсит, троостомартенсит с микротвердостью 7200–4500 МПа (60-45 HRC), в сердцевине – троостосорбит с микротвердостью 3500–3600 МПа (36-37 HRC).

Микроструктура образца из стали 25 ХГСА представляет собой мелкоигольчатый троостомартенсит с микротвердостью 4300–4500 МПа (43-45 HRC).



а



б

Рисунок 3 – Микроструктура (х500) образцов из стали 60ПП после импульсной . закалки и отпуска 200 °С (*а*) и из стали 25 ХГСА после импульсной закалки и отпуска 400 °С (*б*)

Результаты исследования микроструктуры и механических свойств экспериментальных образцов деталей, изготовленных из среднеуглеродистых сталей и упрочненных импульсной закалкой показывают, что в изделиях образуются достаточно прочный поверхностный слой и вязкая сердцевина, что обеспечивает уровень ударной вязкости, принципиально более высокий, чем получаемый после закалки по традиционной технологии.

Детали изготовленные из сталей 45 и 60ПП после упрочнения импульсной закалкой с последующим низким отпуском имеют соответственно троостомартенситную и мартенситную структуру, твердость 50–53 HRC и 56–60 HRC, ударную вязкость на уровне 300 Дж/см^2, и свыше 280 Дж/см^2, прочность 1700 МПа. Такой комплекс механических свойств согласуется с требованиями ТКП 572-2015 установленными к деталям сельскохозяйственных машин работающим в условиях интенсивного ударно-абразивного изнашивания. Таким

образом, для изготовления сменных почворежущих деталей сельскохозяйственных машин могут успешно применяться стали 45 и 60ПП с упрочнением по импортозамещающей технологии импульсной закалки.

Список использованной литературы

1. Бернштейн Д.Б. Абразивное изнашивание лемешного лезвия и работоспособность плуга // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2002. №6. С. 39–42.

2. Future Materials in Agricultural Construction – Technical report (Domex Hardenable Steel) // проспект фирмы SSAB.

3. 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.

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

5. 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.

6. Анискович, Г. И. Упрочнение башмаков и дисков режущего аппарата ротационных косилок / Г. И. Анискович, Д. П. Литовчик, М. А. Шевчук // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК : материалы Международной научно-практической конференции "Белагро-2019", Минск, 6–7 июня 2019 г. – Минск : БГАТУ, 2019. – С. 43–53.

Summary. The analysis of the elemental composition, investigation of the structure, and measurement of hardness and microhardness, determination of impact toughness of the studied samples showed that the most acceptable material for the manufacture of replaceable parts of working bodies of deep cultivators is steel 45 in combination with heat treatment by the method of pulse quenching cooling by liquid.

УДК 621.791.92 : 621.81

Миранович А.В., кандидат технических наук, доцент

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

ПОВЫШЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ КОМБИНИРОВАННЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ И ЛАЗЕРНЫМ УПРОЧНЕНИЕМ

Аннотация. В работе представлены результаты исследования физико-механических и эксплуатационных характеристик покрытий, полученных комбинированным способом магнитно-электрического упрочнения с лазерной обработкой.

Abstract. The work presents the results of a study of the physical, mechanical and operational characteristics of coatings obtained by a combined method of magnetic-electric hardening with laser processing.

Ключевые слова. Комбинированная обработка, магнитно-электрическое упрочнение, лазерная обработка, технологические параметры, микротвердость, пористость, толщина и износостойкость покрытий.

Keywords. Combined processing, magnetic-electric hardening, laser processing, technological parameters, microhardness, porosity, thickness and wear resistance of coatings.

Известно [1], около 60% отказов сельскохозяйственной техники и технологического оборудования происходит по причине преждевременного износа быстроизнашиваемых поверхностей деталей из железоуглеродистого сплава. В связи с этим разработка и внедрение технологий упрочнения (восстановления) изношенных деталей имеет одно из приоритетных направлений. При этом сокращение числа ремонтно-восстановительных работ в организациях АПК, и, следовательно, снижение эксплуатационных затрат возможно путем повышения в процессе восстановления физико-механических и эксплуатационных характеристик поверхностей деталей, лимитирующих период работы техники, до уровня, соответствующего сроку службы их в целом или межремонтному периоду [1, 2].

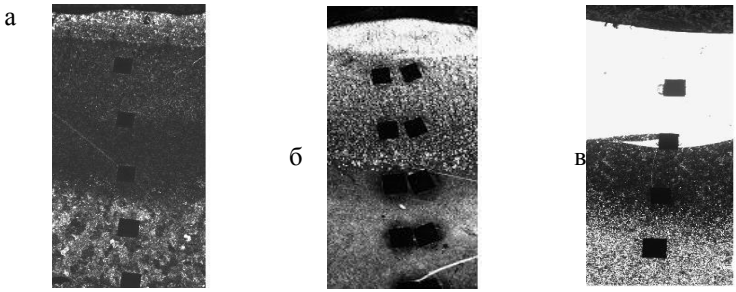
Для поверхностной обработки пустотелых деталей машин в условиях ремонтных предприятий применяется магнитно-электрическое упрочнение (МЭУ) композиционными ферромагнитными порошками (КМП), основанное на использовании концентрированных потоков энергии [2, 3]. МЭУ имеет такие достоинства, как отсутствие специальной предварительной подготовки поверхности детали, незначительная зона термического влияния и высокая прочность сцепления покрытия с основным материалом детали. Однако поверхностные дефекты формируемых покрытий (разнотолщинность, объемная пористотсь) не позволяют использовать МЭУ для упрочнения и восстановления поверхностей деталей машин, износ которых более 0,1 мм на диаметр [1, 3]. Решение этой проблемы возможно за счет обработки покрытий лазером. При этом влияние лазерной обработки на кинетику фазовых превращений, структуру и свойства, износостойкость покрытий, полученных МЭУ, недостаточно изучено.

Эксперименты проводили на цилиндрических образцах из стали 45 (ГОСТ 1050-2013), микроструктура которых после закалки представляла собой смесь феррита и сорбитообразного перлита.

На поверхность образцов наносили покрытия из двухкомпонентных легированных порошков на основе железа Fe-5%V и Fe-Ti (ГОСТ 9849-86), а также сплава ФБХ-6-2 (ГОСТ 11546-75) на установке мод. УМЭУ-1 при следующем режиме: величина магнитной индукции 1,0 Тл; рабочий зазор 1,5 мм; сила разрядного тока 100 А; размер частиц КМП 240 – 320 мкм; расход рабочей жидкости (5%-й раствор эмульсола Э2 в воде) $0{,}4 \cdot 10^{-3}$ дм^3/(с·мм^2); окружная

скорость заготовки 1,6 м/с. Лазерная обработка покрытий на образцах выполнялась на CO_2-лазере типа «Комета-2» мощностью 1 кВт на следующем режиме: диаметр пятна 1,0 мм; плотность мощности 0,2 Вт/м^2; скорость луча 250 мм/мин.

Макро- и микроструктура и трещинообразование покрытий изучались методом оптической металлографии поперечных шлифов с использованием светового микроскопа Mef-3 фирмы «Reichert-Jung» (Австрия) и цифрового фотоаппарата «HP photosmart 715 digital camera», растрового электронного микроскопа LEO 1455 VP (фирма «Carl Zeiss»). Микротвердость измеряли на приборе ПМТ-3М по стандартной методике при величине статической нагрузки на индентор $P \sim 0{,}49$ Н (50 г). Толщину покрытий определяли по распределению микротвердости в поперечном сечении образцов при помощи окулярной вставки с увеличением в 200 раз. Разнотолщинность покрытий определялась по разности максимальной и минимальной местных толщин покрытий образца. Объемная пористость покрытий определялась методом гидростатического взвешивания. В качестве количественного критерия трещинообразования принималась удельная длина трещин на поверхности площадью 1,0 мм^2. Исследование износостойкости образцов с поверхностными слоями из композиционных ферромагнитных порошков, обработанных при оптимальных условиях и режимах процессов проводились на машине трения модели 2070 СМТ-1 по стандартной методике по схеме «диск-колодка» при сравнительной оценке износостойкости покрытий в различных условиях изнашивания при трении скольжения: со смазочным материалом и смазочным материалом, загрязненным частицами абразива.



Покрытия из КМП (×50): а – Fe-Ti, б – Fe-5%V, в – ФБХ-6-2

Рисунок 1 – Фотографии микроструктуры покрытий после МЭУ и лазерной обработки

Микроструктурный анализ показал, что покрытия из КМП Fe-Ti характеризуется мелкодендритным строением (рисунок 1, а), основу которого составляет твердый раствор титана в α-железе, а также незначительного количества остаточного аустенита, интерметаллидов (FeTi, Fe_2Ti), карбидов титана (TiC) и железа (FeC). Граница раздела

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

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

В результате выполненных исследований макро- и микроструктуры покрытия из КМП ФБХ-6-2 (рисунок 1, в) установлено, что в нанесенных слоях отсутствуют дефекты в виде раковин и посторонних включений. Покрытие имеют микроструктуру мелкодисперсного строения. Структура покрытия представляет собой конгломерат твердых и пластичных фаз, когерентно связанных между собой, и состоит из основы – твердого раствора хрома в α-железе, а также остаточного аустенита, карбидов (Fe_2C, Cr_7C_3), боридов (FeB, CrB_2, Cr_5B_3) и ферроборида ($Cr_{1,65}Fe_{0,35}B_{0,96}$).

В результате рентгенофазового анализа установлено (таблица 1), что покрытия представляют собой конгломерат твердых (мартенсит, карбиды ванадия, железа, титана и хрома, интерметаллиды, бориды, ферроборид) и пластичных (аустенит) фаз, когерентно связанных между собой.

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

Присутствующие фазы	Содержание, %	Присутствующие фазы	Содержание, %	Присутствующие фазы	Содержание, %
Покрытие из КМП Fe-Ti		Покрытие из КМП Fe-5%V		Покрытие из КМП ФБХ-6-2	
FeTi	1,10	V_2C	1,30	FeB	1,90
Fe_2Ti	0,90	$V_4C_{2,67}$	0,90	CrB_2	1,60
TiC	1,90	FeC	1,60	Cr_5B_3	1,80
FeC	2,40	FeC_8	0,50	Cr_7C_3	1,50
тверд. раств. Ti в α Fe	91,50	тверд. раств. V в α -Fe	91,10	Fe_2C	2,10
остаточный аустенит	2,20	остаточный аустенит	4,60	тверд. раств. Cr в α-Fe	87,00
–	–	–	–	остаточный аустенит	4,10

Выявлено, что в покрытиях из КМП ФБХ-6-2 и Fe-5%V доля аустенита значительно больше, чем в покрытии из КМП Fe-Ti. Это обусловлено достаточно высокой концентрацией углерода стабилизирующего аустенит, что объясняется особенностью формирования структуры в процессе МЭУ. При лазерной обработке покрытий из КМП ФБХ-6-2 и Fe-5%V в результате подплавления материала основы происходит встречная диффузия углерода в покрытие, а также частичное расплавление карбидов в жидком металле.

Установлено, что наибольшее значение средней микротвердости наблюдается у покрытий, полученных МЭУ КМП ФБХ-6-2 (рисунок 2), и составляет 587 HV, что в 2,9 раза больше по сравнению с материалом основы. Это обусловлено формированием мелкодисперсной структуры слоев в результате их скоростного охлаждения. Следует отметить, что после лазерной обработки покрытий из КМП ФБХ-6-2 средняя микротвердость уменьшилась примерно в 1,2 раза и составляет 508 HV. Снижение микротвердости возможно по причине перераспределения внутренних напряжений на границе раздела «покрытие-основа детали».

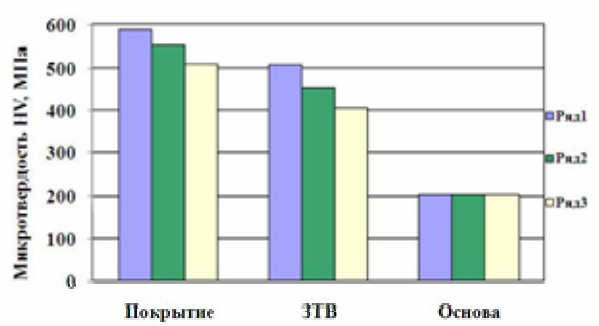


Рисунок 2 – Диаграмма результатов исследований на микротвердость
Ряд (покрытия из КМП): 1 – ФБХ-6-2;
2 – Fe-5%V; 3 – Fe-Ti

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

Установлено, что за счет применения лазерной обработка покрытий из КМП Fe-Ti, достигается снижение удельной длины трещин с 70,0 мкм/мм^2 до 15 мкм/мм^2, а для покрытий из КМП Fe-5%V и ФБХ-6-2 – происходит полное исчезновение трещин на поверхности образцов.

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

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

Анализ результатов износостойкости образцов с покрытиями, полученными МЭУ с лазерной обработкой, показывает, что в различных условиях изнашивания при трении скольжения наибольшей износостойкостью обладают покрытия из КМП ФБХ-6-2 (рисунок 3, а и б).

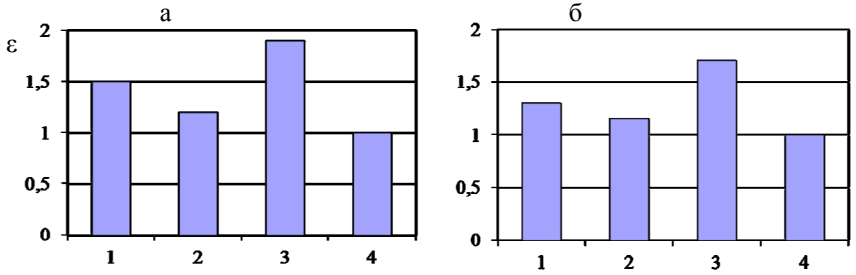


Рисунок 3 – Диаграммы относительной износостойкости покрытий из КМП Fe-5%V (1), Fe-Ti (2) и ФБХ-6-2 (3), эталона (4)
Условия трения скольжения:
а – со смазочным материалом; б – со смазочным материалом с частицами абразива

Так, износостойкость этих покрытий выше в 1,71–1,94 раза износостойкости эталона. Износостойкость покрытий из КМП Fe-5%V по сравнению с эталоном больше в 1,32–1,56 раза. Покрытия из КМП Fe-Ti имеют износостойкость равную эталону.

В порядке убывания износостойкости покрытий при трении скольжения последние можно расположить в следующей последовательности:

ФБХ-6-2→Fe-5%V→Fe-Ti→ эталон (сталь 45, 52–54 HRC).

Анализ результатов триботехнических исследований контртела и покрытий показывает, что минимальный износ пар сопряжений при трении скольжения с маслом получен для покрытий из композиционных

ферромагнитных порошков ФБХ-6-2 и Fe-5%V. Это обусловлено достаточно высоким содержаниеи метастабильного аустенита, который обеспечивает необходимую пластичность основы этих КМП. В результате чего приповерхностные микрообъемы покрытий способны выдерживать большее количество циклов передеформирования в процессе изнашивания. Пара трения «покрытие из КМП Fe-Ti - чугун ХТВ» имеет по сравнению с другими исследуемыми трибосопряжениями наибольшие момент и коэффициент трения скольжения с маслом и маслом с частицами абразива.

Анализ результатов испытаний износостойкости покрытий показал, что разброс экспериментальных данных не превышает 5,5–7,3 %. Это свидетельствует о высоком уровне физико-механических свойств покрытий, полученных МЭУ с лазерной обработкой.

Список использованной литературы

1. Кожуро, Л.М. Обработка деталей машин в магнитном поле. Минск : Наука и техника, 1955. 232 с.
2. Акулович, Л. М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. – Полоцк: ПГУ, 1999. – 240 с.
3. Черноиванов, В.И. Восстановление деталей машин / В.И. Черноиванов, И.Г. Голубев. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 376 с.
4. Акулович, Л.М. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники / Л.М. Акулович, А.В. Миранович. – Минск : БГАТУ, 2016. – 236 с.
5. Хейфец, М.Л. Процессы самоорганизации при формировании поверхностей. Гомель : ИММС НАНБ, 1999. 276 с.

Summary. The work presents the results of a study of the physical, mechanical and operational characteristics of coatings obtained by a combined method of magnetic-electric hardening with laser processing.

УДК 621.923

Акулович Л.М., доктор технических наук, профессор;
Сергеев Л.Е., кандидат технических наук, доцент;
Войтёнок А.С., студент;
Сакович А.О., студент

УО «Белорусский государственный аграрныйтехнический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ФЕРРОАБРАЗИВНЫХ ПОРОШКОВ ПРИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Аннотация. Методы финишной обработки деталей сельскохозяйственных машин подвижно-скоординированными абразивными частицами

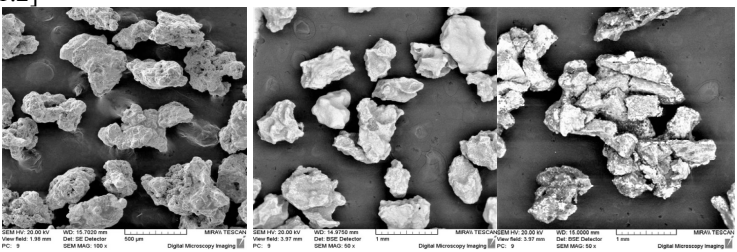
основаны на создании режущего контура инструмента путем самоустанавливания абразивных частиц по контуру обрабатываемой поверхности, копируя ее геометрию. В статье представлены результаты исследований режущей способности ферроабразивных порошков.

Abstract. Methods of finishing of agricultural machinery parts by moving-coordinated abrasive particles are based on the creation of a cutting contour of the tool by self-alignment of abrasive particles along the contour of the treated surface, copying its geometry. The article presents the results of research of cutting ability of ferroabrasive powders.

Ключевые слова. Магнитно-абразивная обработка, ферроабразивный порошок, режущая способность.

Keywords. Magnetic-abrasive treatment, ferroabrasive powder, cutting ability.

Магнитно-абразивная обработка (МАО) эффективна для финишной обработки сельскохозяйственных машин. Ферроабразивная щетка, контур которой формируется из ферроабразивного порошка (ФАП), используется с электромагнитом и смазочно-охлаждающим средством (СОТС). Регулируя магнитную индукцию, можно управлять жесткостью режущего инструмента. ФАП бывает двух типов: четвёртый с абразивами на поверхности и пятый с магнитным ядром, полностью покрытым абразивным материалом. Форма частиц и состояние режущих кромок ФАП влияют на качество обработанной поверхности. Исследования показывают необходимость более системной оценки и тестирования ФАП для разных материалов [1.2]



а б в

Рисунок 1 – Формы частиц порошка: а – пластинчатая, б – осколочная, в – губчатая

Для эффективной обработки деталей сельскохозяйственных машин, сделанных из разных материалов, необходимо использовать ферроабразивный порошок. При выборе такого порошка важно учитывать его состав, чтобы обеспечить качественную обработку всех поверхностей. В исследованиях использовались различные типы ферроабразивных порошков, включая патенты Республики Беларусь и композиционный порошок

Ж15КТ на основе железа с карбидом титана. С их помощью проводились магнитно-абразивные обработки различных поверхностей, сравнивалась их режущая способность.

Для исследования были выбраны порошки, полученные распылением водой расплавов на основе $(Cr, Fe)_7C_3$, содержащего 2,7÷3,5 % *C*, 12÷14 % *Cr*, 3,8÷5,2 % *V*, 2,5÷3,5 % *Si*, 1÷1,2 % *B*. Ввиду высоких значений поверхностного натяжения металлических расплавов, образующиеся из железа зерна порошка в основном приобретают сферическую форму (рисунок 2).

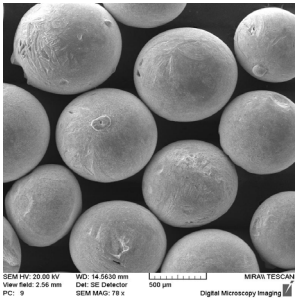


Рисунок 2 – Фотография формы зерен ФАП на основе $(Cr,Fe)_7C_3$

Установлено, что высокая стойкость в условиях абразивного изнашивания типа микрорезания сплава $(Cr,Fe)_7C_3$ объясняется наличием в структуре значительного количества (2÷50%) твердых карбидных включений. Количество, тип и твердость карбидной фазы определяются содержанием и соотношением углерода и хрома. Для достижения максимальной износостойкости и удовлетворительной прочности чугуна содержание углерода должно составлять 2,8÷3,5%, а хрома – 12÷18%. Особенностью его структуры является наличие карбидных фаз двух типов. Металлическая основа ФАП состоит из мартенсита и остаточного аустенита. Микротвердость ферромагнитной составляющей находится в пределах 6310÷6350 МПа, а первичных карбидов – 12150÷12400 МПа. Так после МАО медных стержней МЗ в течение 4 мин микротвердость матрицы ФАП возрастает до 6700÷6800 МПа, а стали ШХ15 – в течение 2 мин до 7000÷7100 МПа. Абразивные зерна, внедряясь в обрабатываемый материал, осуществляют своими микровыступами процесс резания поверхностного слоя. Повышению режущей способности ФАП должно способствовать обнажение из более мягкой ферромагнитной основы зерен абразивных компонентов. Этого можно достигнуть путем химического травления ФАП. Продолжительность травления составляла 180 минут и исследовалась возможность повышения режущей способности ФАП. Распыленные порошки на основе $(Cr,Fe)_7C_3$ обладают высокими экологическими характеристиками. На обработанных поверхностях изделий практически не остается следов загрязнений, что объясняется отсутствием свободного углерода. Та-

кие порошки характеризуются постоянным повышением твердости ферромагнитной матрицы в процессе обработки, что приводит к их высокой износостойкости и прочности абразивной и магнитной составляющих. Разработанный ФАП является перспективным инструментом как для полирования, так и для процесса абразивного резания. Исследование проводили при следующих режимах: скорость резания, $V_р$ = 1÷1,5 м/с; магнитная индукция, B = 0,8÷1,2 Тл; амплитуда осцилляции, A = 2 мм; величина рабочего зазора, δ = 1÷3 мм. В качестве образцов использовали втулки $D×d×l$ = 36×29×32 мм, сталь – ШХ-15, твердость 52÷62 *HRC* и $D×d×l$ = 36×34×32 мм, алюминиевый сплав – Д-16. Исходная шероховатость поверхности данных образцов составляет R_{a1} = 1,6÷2,5 мкм. Следует отметить отсутствие визуального наблюдаемого потемнения поверхности деталей в рабочей зоне в отличие от применяемых Ж15КТ. Производительность процесса обработки при использовании данного порошка выше, чем Ж15КТ на 18%.

Скорость закалки (~106 К/с) обеспечивает быстрое отвод теплоты конденсации через тонкую пленку, что способствует образованию полностью аморфных металлических расплавов в виде фольги CoBSiNiMnFe толщиной 10–20 мкм. Для создания ферроабразивных порошков использовалась лента, полученная из расплава методами сплитинга или спинингования. Образцы для обработки состояли из стали ШХ15, меди М3 и алюминиевого сплава Д16. Использовался порошок Ж15КТ с размером зерна Δ= 100/315 мкм, в качестве СОТС применялся СинМА-1 в 5 %-м водном растворе. Параметры обработки: магнитная индукция В = 1 Тл; рабочий зазор δ = 1 мм; скорость резания Vр =1,5 м/с; скорость осцилляции Vо = 0,1 м/с; время обработки t = 60 с; коэффициент заполнения рабочего зазора Кз = 1; амплитуда осцилляции А = 1 мм. Исходная шероховатость всех образцов составляла Ra1 = 1÷1,6 мкм, а показатели после обработки оценивались по шероховатости Ra2 и удельному массовому съему материала ΔG.Место для ввода текста. Производительность процесса обработки при использовании данного порошка выше, чем Ж15КТ на 14 %.

Состав шламовых отходов стали Р6М5 и СОТС на водной основе (%): металлическая микростружка – до 50, неметаллические включения – до 30, остаток СОТС – до 20; с остатками СОТС в виде индустриального масла И12, И20: металлическая микростружка – до 70, неметаллические включения – до 5, остатки масла – до 25. ФАП, полученный из этих отходов, представляет собой мелкодисперсные зерна быстрорежущей стали Р6М5 с хорошими магнитными свойствами, близкими к Ж15КТ. Форма зерен варьируется, их толщина составляет 2÷20 мкм, а длина – 5÷130 мкм. Использование данного ФАП позволяет снизить стоимость материалов для обработки черных и цветных сплавов. Технологические параметры и режимы обработки таковы: магнитная индукция, В = 1 Тл; скорость резания, Vр = 1÷2 м/с; скорость осцилляции, Vо = 0,2 м/с; амплитуда осцилляции, А = 1 мм; рабочий зазор, δ = 1 мм; коэффициент заполнения рабо-

чего зазора, Кз = 1; время обработки, t = 60 с. Показатели качества оцениваются по шероховатости Ra2 и светоотражательной способности поверхностного слоя (Ф). Производительность определяется удельным массовым съемом материала ΔG, мг/(см^2·мин).

Использование ФАП на основе быстрорежущей стали Р6М5 в отличие от Ж15КТ, который при обработке цветных металлов придает слою детали темный или матовый оттенок, позволяет получать блестящую поверхность. Образцы для обработки цветных металлов представляют собой цилиндрические заготовки, изготовленные из пруткового материала меди М3, бронзы БрАЖ9-4, латуни Л63, алюминия Д16. Размеры D×L=40×60 мм. СОТС – патент № 23142, 3 %-й водный раствор. Производительность процесса обработки при использовании данного порошка выше, чем Ж15КТ на 20%.

Список использованной литературы

1. Сакулевич, Ф. Ю. Основы магнитно-абразивной обработки / Ф. Ю. Сакулевич. – Минск : Наука и техника, 1981. – 326 с.

2. Акулович, Л. М. Магнитно-абразивная обработка сложнопрофильных поверхностей деталей сельскохозяйственных машин / Л. М. Акулович, Л. Е. Сергеев. – Минск : БГАТУ, 2019. – 272 с.

Summary. The research results showed that the presented ferroabrasive powders, in comparison with the used composite powder Zh15KT, provide higher productivity and quality of surface treatment of agricultural machine parts.

УДК 621.791.92 : 621.81

Акулович Л.М., доктор технических наук, профессор;
Миранович А.В., кандидат технических наук, доцент;
Афанасенко Д.Е., аспирант

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

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН КОМБИНИРОВАННЫМ УПРОЧНЕНИЕМ

Аннотация. В работе изучены структура, качественные характеристики и износостойкость формируемых покрытий, полученных комбинированным способом магнитно-электрического упрочнения и поверхностной пневмовибродинамической обработкой.

Abstract. The work studied the structure, quality characteristics and wear resistance of the formed coatings obtained by a combined method of magnetic-electric hardening and surface pneumovibrodynamic treatment.

Ключевые слова. Комбинированная обработка, магнитно-электрическое упрочнение, пневмовибродинамическая обработка, технологические параметры, микротвердость, шероховатость и износостойкость покрытий.

Keywords. Combined processing, magnetic-electric hardening, pneumovibrodynamic processing, technological parameters, microhardness, roughness and wear resistance of coatings.

Для упрочнения и восстановления нежестких деталей машин применяются электрофизические методы [1], к которым относится магнитно-электрическое упрочнение (МЭУ) композиционными ферромагнитными порошками (КМП) [2, 3]. Одним из недостатков поверхностей, полученных МЭУ, является разнотолщинность и несплошность покрытий из КМП, присутстсвие в них пор и трещин [3, 4]. Для снижения пористости и шероховатости формируемых покрытий, увеличения их износотойкости предложено обрабатывать рабочие поверхности комбинированным способом магнитно-электрического упрочнения с одновременной обработкой режущим абразивным кругом и последующей поверхностной пневмовибродинамической обработкой (ПВДО). Технологическая схема (рисунок 1) позволяет выполнять исполнительными рабочими органами одновременное смятие и сглаживание микронеровностей формируемых поверхностных слоев.

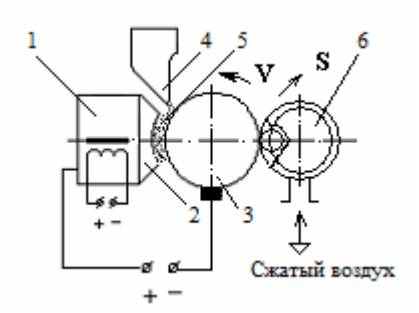


Рисунок 1 – Технологическая схема МЭУ с ПВДО
1 – электромагнитный питатель с потоянными магнитами; 2 – полюсный наконечник; 3 – обрабатываемаядеталь; 4 – бункер-дозатор; 5 – композиционный ферромагнитный порошок; 6 – абразивный круг и инструмент ПВДО

Для реализации комбинированной обработки нежестких деталей типа «тело вращения» создан производственный технологический модуль мод. ЭМПМ-1 на базе токарного станка мод. 1Е61М, в состав которого входят установка для МЭУ мод. УМЭУ-1 с источником технологического тока мод. Invertec-270T и инструмент для ПВДО. В процессе комбинированной обработки под воздействием постоянного магнитного поля, генерируемого электромагнитным питателем 1 с постоянными магнитами, частицы КМП 5 выстраиваются вдоль магнитных силовых линий в виде цепочек-электродов в рабочем зазоре между полюсным наконечником 2 и деталью 3, нагреваются, расплавляются и пе-

реносятся под действием технологического тока сварочного выпрямителя мод. Invertec-270T на обрабатывакмую поверхность. Далее покрытия формируются в виде монолитных соединений расплавленного КМП с основой, подвергаются обработке абразивным кругом и воздействию рабочих тел (деформирующих шаров) инструмента ПВДО 6.

Следует отметить, что деформирующие шары 2 (рисунок 2) перемещаются вдоль камеры расширения стакана 1 инструмента ПВДО и получают орбитальное вращательное движение под действием сжатого воздуха. Вследствие вращения корпуса инструмента 3 рабочие тела 2 развивают центробежную силу и взаимодействуют с обрабатываемой поверхностью, посредством чего происходит смятие и сглаживание ее микронеровностей.

Целью исследований являлось изучение структуры, качественных характеристик и износотойкости формируемых покрытий, полученных комбинированным способом МЭУ и поверхностной ПВДО (МЭУ с ПВДО).

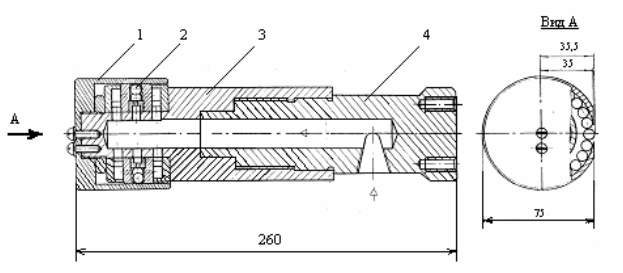


Рисунок 2 – Инструмент для ПВДО
наружных рабочих поверхностей нежестких деталей типа «тело вращения»
1 – стакан; 2 – деформирующие шары; 3 – корпус;
4 – оправка для закрепления инструмента

Иисследование выполнялось на цилиндрических образцах из стали конструкционной легированной 30ХГС ГОСТ 4543-2016 (кольца с наружным диаметром 40 мм, внутренним – 16 мм и высотой – 12 мм, массой – 125 г.) с покрытиями, полученными последовательным нанесением паст, состоящих из КМП (ФБХ-6-2 и Fe-5%V) и связующего (эпоксидная смола ЭДП, растворенная в жидком стекле ТО РБ 02974150-015-99), и их комбинированной обработкой МЭУ с ПВДО. Упрочнение поверхностей выполнялось на модуле мод. ЭМПМ-1 на оптимальных режимах: МЭУ на установке мод. УМЭУ-1 с одновременной обработкой формируемого покрытия режущим абразивным кругом из карбида кремния зеленого зернистостью 16 – 25 [2, 3]; ПВДО – специальным инструментом с рабочими телами (шариками радиусом 3,0 мм) и подачей сжатого воздуха под

давлением 0,1 МПа [2, 4]. Постоянными поддерживались следующие технологические факторы: размер частиц КМП $\Delta = 240 – 320$ мкм; величина рабочего зазора $\delta = 1,5$ мм; расход рабочей жидкости (СОЖ – 5%-й раствор эмульсола Э2 в воде) $q = 0,4 \cdot 10^{-3}$ дм^3/(с·мм^2). Микроструктура упрочненных поверхностных слоев изучались методом оптической металлографии поперечных шлифов с использованием светового микроскопа Mef-3 фирмы «Reichert-Jung» и цифрового фотоаппарата «HP photosmart 715 digital camera». Микротвердость определялась на приборе ПМТ-3М по стандартной методике, толщина поверхностных слоев – по распределению микротвердости. Измерение шероховатости поверхности производилось на профилографе-профилометре Mitutoyo SJ-201P, объемной пористость покрытий – методом гидростатического взвешивания. Испытания износостойкости образцов с покрытиями проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 23.224-86 «Обеспечение износостойкости изделий. Методы оценки износостойкости восстановленных деталей» на машине трения мод. 2070 СМТ-1 по стандартной методике по схемам «диск-колодка» при сравнительной оценке износостойкости покрытий при трении скольжения со смазочным материалом и смазочным материалом, загрязненным частицами абразива. Износ образцов с покрытиями и эталона определялся на оптическом длинномере ИЗВ-1.

В результате микроструктурного анализа установлено, что в покрытии из КМП ФБХ-6-2 упрочненный слой имеет микроструктуру мелкодисперсного строения. Основу покрытия составляет твердый раствор хрома в α-железе, остаточный аустенит, а также карбиды железа, бориды и ферроборид. Зона полной закалки имеет структуру мелкоигольчатого мартенсита. Покрытие характеризуется слабой травимостью и повышенной плотностью дефектов, вводимых в структуру аустенита и формируемого на этой основе дислокационного мартенсита.

Покрытие из КМП Fe-5%V характеризуется мелкодендритным строением, основу которого составляет твердый раствор ванадия в α-железе, остаточный аустенит, карбиды ванадия и железа. В покрытии выявлен малоуглеродистый мартенсит, на участках, прилегающих к основе – структурно-свободный δ-феррит. На границе с основой образуется тонкий слой со структурой полной закалки, что объясняется диффузией углерода из материала основы в жидкую фазу покрытия.

Следует отметить, что покрытия из КМП ФБХ-6-2 и Fe-5%V, упрочненные МЭУ с ПВДО, по сравнению с МЭУ имеют более высокую плотность и однородность слоев с присутствующими более мелкими порами (менее 0,1 мкм) по границам зерен или ячеек, большую протяженность ЗТВ (более 400 мкм), менее выраженную поверхность раздела между покрытием и основой. Это подтверждается результатами

исследований микротвердости покрытий. Установлено, что наибольшее значение средней микротвердости (рисунок 3) наблюдается у покрытий из КМП ФБХ-6-2, полученных МЭУ с ПВДО, и составляет 628 $HV_{0,05}$, что на 7,6% больше микротвердости покрытий, полученных МЭУ(580 $HV_{0,05}$), и в 3,1 раза больше по сравнению с материалом основы (204 $HV_{0,05}$).

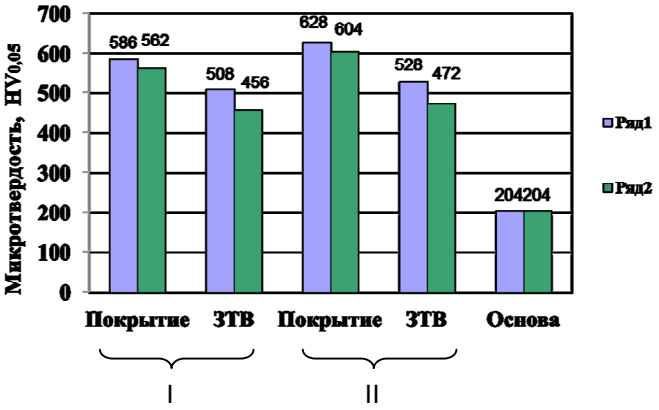


Рисунок 3 – Диаграмма результатов исследований микротвердости упрочненных поверхностей МЭУ (I), МЭУ с ПВДО (II)
Ряд: 1 – КМП ФБХ-6-2; 2 – КМП Fe-5%V; ЗТВ – зона термического влияния

Результаты исследований (таблица) показывают, что МЭУ с ПВДО покрытий по сравнению с МЭУ при уменьшении средней их толщины на 10,2 – 11,9 %, позволяет повысить качество упрочненных поверхностей за счет снижения их объемной пористости в 1,45–1,62 раза, средней шероховатости по параметру Ra в 2,32–2,91 раза.

Таблица – Показатели качества упрочненных поверхностей

Материал КМП	Средняя толщина покрытий, мкм	Объемная пористость покрытий, %	Средняя шероховатость поверхности (*Ra*), мкм
МЭУ с обработкой абразивным кругом			
ФБХ-6-2	288	3,8	2,9
Fe-5%V	275	3,2	2,2
МЭУ с обработкой абразивным кругом и инструментом ПВДО			
ФБХ-6-2	253	2,4	1,4
Fe-5%V	245	2,1	0,9

В результате проведенных испытаний износостойкости обработанных образцов установлено, что в различных условиях изнашивания при трении скольжения относительная износостойкость покрытий из КМП, полученных МЭУ с последующей обработкой инструментом ПВДО, выше в 1,15–1,35 раза по сравнеию с традиционным МЭУ (рисунок 3, а и б). При этом наибольшей износостойкостью обладают покрытия из КМП ФБХ-6-2 и выше в 1,63–1,89 раза износостойкости эталона. Износостойкость покрытий из КМП Fe-5%V по сравнению с эталоном больше в 1,23–1,45 раза.

В порядке убывания износостойкости покрытий при трении скольжения последние можно расположить в следующей последовательности:

ФБХ-6-2→Fe-5%V→ эталон (сталь 30ХГС, 52 – 56 HRC).

Триботехнические исследования контртела и покрытий показывают, что минимальный износ пар сопряжений при трении скольжения с маслом получен для покрытий из КМП, что обусловлено наличием в структуре поверхностных слоев остаточного аустенита (пластичной и более мягкой фазы), который выполняет роль демпфера, снижающего динамические нагрузки на поверхность, и ускоряет процесс приработки пары «деталь-контртело».

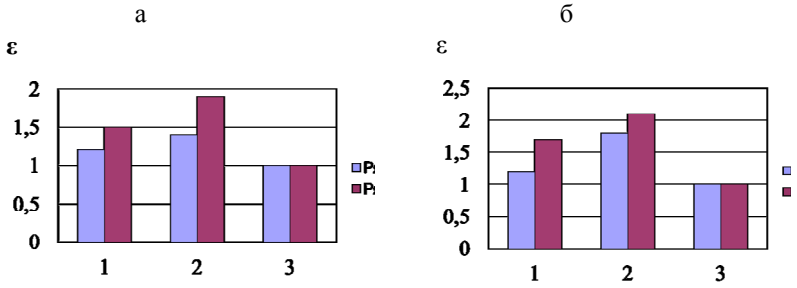


Рисунок 3 – Диаграммы относительной износостойкости покрытий из КМП Fe-5%V (1) и ФБХ-6-2 (2), эталона (3)
а – МЭУ с обработкой абразивным кругом ; б – МЭУ с обработкой абразивным кругом и инструментом ПВДО
Ряд (условия трения скольжения):
1 – со смазочным материалом с частицами абразива;
2 – со смазочным материалом

В условиях гидроабразивного изнашивания (масло, загрязненное частицами абразива) наименьший износ пар сопряжений получен для покрытия из КМП ФБХ-6-2, что обусловлено присутствием в нанесенном слое закалочного мартенсита, комплексных боридов и ферроборида. Следует отметить, что минимальный износ пары трения «покрытие из

порошка ФБХ-6-2 – чугун ХТВ» объясняется минимальной поверхностной пористостью и максимальной сплошностью покрытия.

Выяввлено, что для пары трения, работающей при трении скольжения со смазочным материалом и смазочным материалом с частицами абразива, рекомендуется использовать покрытия из КМП ФБХ-6-2, а для неподвижных соединений – покрытия из КМП Fe-5%V.

Анализ результатов испытаний износостойкости покрытий из КМП, полученных комбинированной обработкой, показал, что разброс экспериментальных данных не превышает 4,2–8,3 %. Это обстоятельство свидетельствует о высоком уровне физико-механических свойств покрытий, полученных МЭУ с последующей обработкой инструментом ПВДО.

Список использованной литературы

1. Черноиванов, В.И. Восстановление деталей машин / В.И. Черноиванов, И.Г. Голубев. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 376 с.
2. Акулович, Л. М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. – Полоцк: ПГУ, 1999. – 240 с.
3. Кожуро, Л.М. Обработка деталей машин в магнитном поле / Л.М. Кожуро, Б.П. Чемисов. – Минск: Наука и техника, 1995. – 232 с.
4. Акулович, Л.М. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники / Л.М. Акулович, А.В. Миранович. – Минск : БГАТУ, 2016. – 236 с.

Summary. The work studied the structure, quality characteristics and wear resistance of the formed coatings obtained by a combined method of magnetic-electric hardening and surface pneumovibrodynamic treatment.

УДК 537.643:2

Щурин К.В., доктор технических наук, профессор;
Карлюк А.П., ассистент

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

ОБЪЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАГНИТНОЙ АКТИВАЦИИ ТОПЛИВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВС

Аннотация. В статье представлены результаты обширного анализа низкоэнергетических воздействий на жидкое топливо. Выявлены технические и технологические преимущества применения метода магнитной активации жидких сред с использованием постоянных неодимовых магнитов.

Abstract. This paper presents the results of an extensive analysis of low-energy impacts on liquid fuels. The technical and technological advantages of

using the method of magnetic activation of liquid media using permanent neodymium magnets have been identified.

Ключевые слова. Молекулярные кластеры, малоэнергетические влияния, магнитная активация, жидкое топливо.

Keywords. Molecular clusters, low-energy influences, magnetic activation, liquid fuel.

Чаще всего для малоэнергетических воздействий используются присадки, ультразвук, электромагнитные и магнитные воздействия. Эти методы обеспечивают согласованность как на внутримолекулярном, так и на надмолекулярном уровне [1–5].

В целях повышения технических характеристик двигателей, в том числе отремонтированных, планируется использовать магнитные активаторы топлива. Главным показателем качества топлива является теплотворная способность, которая непосредственно влияет на полноту сгорания топлива, энергетическую и экологическую эффективности двигателей внутреннего сгорания.

Для повышения энергетической эффективности топлива необходимым является разрушение молекулярных кластеров, что приводит к разделению компонентов молекул. Ступенькой следующего уровня для повышения теплотворной способности топлива является дефрагментация молекул на свободные радикалы и атомы. При создании магнитных полей с расширенными значениями магнитотропных параметров в переходном периоде топлива образуются радикалы, жидкая фаза частично преобразуется в газообразную, выделяется свободный водород, из метана образуется метил, из этана – этил, из бутана – бутил и так далее. Рациональное изменение параметров магнитотропного процесса активации имеет своей целью повышение выделяемой тепловой энергии за счет полноты сгорания.

В нашей работе для разрушения кластеров и внутримолекулярных связей использовалась энергия магнитного поля (ЭМП).

В системе находится распределение кластеров в равновесной среде, которая зависит от количества частиц, содержащихся в каждом кластере. Это количество может быть любым и является случайной величиной. Функция распределения кластеров должна учитывать структурные особенности кластера. Исследования различных характеристик распределения [2, 4, 5] позволяет отметить из их множества наиболее общее гамма-распределение, плотность вероятностей которого в использовании к количеству содержащихся в кластере элементов определяется по формуле (1)

$$f(Z)=\frac{\lambda^{\alpha}}{r(\alpha)}Z^{\alpha-1}e^{-\lambda z}, \qquad (1)$$

где $\lambda > 0$ – параметр масштаба, $\alpha > 0$ – порядок распределения, $\Gamma(\alpha)$ – гамма-функция (интеграл Эйлера второго рода).

Используя формулу (1), мы можем определить наиболее вероятное количество частиц в кластере, а затем с последующим расчетом суммарной энергии определить основные связи внутри него.

Анализ полученных данных

На рис. 1 показаны этапы воздействия магнитного поля на единичный диполь.

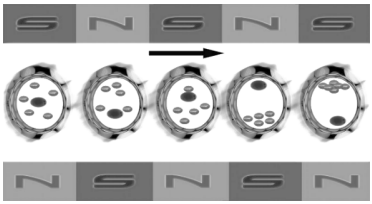


Рисунок 1 – Движение молекулы в переменном магнитном поле

Применение магнитного поля также приводит к упорядочению ориентации спиновых и орбитальных моментов молекул, которые ранее двигались хаотически.[2] К тому же переменное магнитное поле вызывает переменные движения в ассоциатных кластерах, что приводит к их распаду на диполи. Эти диполи быстрее участвуют в процессе горения. В результате высвобождаются свободные радикалы и включаются компоненты молекул, что дополнительно увеличивает теплогенерирующую способность. Все это приводит к уменьшению выбросов и улучшению экологических показателей горючего топлива за счет полного сжигания его компонентов [4].

Согласно теории близкодействия, ЭМП распределена по всему объему V пространства, в котором существует МП. ЭМП, заключенная в единичном объеме этого поля, называется объемной плотностью энергии магнитного поля w (2) [4]:

$$w = \frac{W}{V}\frac{B^2}{2\mu\mu_0} = \frac{БН}{2}, \qquad (2)$$

где B – магнитная индукция; Тл; μ_0 – магнитная постоянная; Гн/м;

H – напряженность магнитного поля; А/м; μ – относительная магнитная проницаемость.

Под воздействием переменного магнитного поля полимерные цепочки органического топлива начинают совершать колебательные движения и разрываются. Это приводит к увеличению числа активных поверхностей молекул, которые одновременно вступают в процесс окисления.

Оценку эффективности конструктивных решений аппарата для магнитной активации жидкостей и степени активации проводят с помощью

дополнительных методов, основанных на анализе изменений физических свойств жидкостей, таких как, вязкость, поверхностное натяжение, скорость испарения и др. (табл. 1) [5].

Таблица 1– Косвенные методы оценки эффективности активации

Показатель	Расчетная зависимость	Примечание
Вязкость	Касательные силы по формуле Ньютона: $\tau = \mu \cdot \frac{dV}{dn}$, Для смеси неассоциированных жидкостей: $\lg \mu_{CM} = x_1 \lg \mu_1 + x_2 \lg \mu_2 + ... + x_n$	μ – динамический коэффициент вязкости; V – скорость потока жидкости; n – единица длины изменения скорости по нормали к направлению движения; μ_1, μ_2, … μ_n – динамические коэффициенты вязкости компонентов смеси жидкостей, Па · с; $\mu_{см}$ – динамический коэффициент вязкости смеси жидкостей, Па · с; x_1, x_2,…, x_n – мольные доли компонентов смеси
Поверхностное натяжение	Поверхностное натяжение определяют как энергию, которую необходимо затратить для создания единицы площади новой поверхности раздела фаз. Величина поверхностной энергии тем больше, чем больше площадь свободной поверхности. Пусть площадь свободной поверхности изменилась на ΔS, при этом поверхностная энергия изменилась на $\Delta Wp = \sigma \cdot \Delta S \Delta Wp = \sigma \cdot \Delta S$, где σ – коэффициент поверхностного натяжения. Так как для этого изменения необходимо совершить работу $A = \Delta Wp$, или $A = \sigma \cdot \Delta S$. Отсюда величина коэффициента поверхностного натяжения $\sigma = A \Delta S$.	В инженерной практике для системы жидкость–газ поверхностное натяжение можно считать зависящим только от природы жидкости. Для системы жидкость–жидкость поверхностное натяжение можно приближенно рассчитать как разность поверхностных натяжений этих жидкостей на границе раздела с газом. Размерностью коэффициента поверхностного натяжения в СИ является Дж/м^2. Равнозначной ему величиной является Н/м (1 Дж/м^2 = 1Н/м)

Примечание: для определения показателей, кроме интегрального показателя, используют стандартные номограммы.

Таким образом, эффективность магнитной активации углеводородного топлива зависит от магнитотропных параметров активатора, которые повышают полноту сгорания топлива.

В настоящее время в БГАТУ проводится целевая инициативная НИОКР, реализующая перечисленные этапы и направленная на повышение энергетических и экологических показателей дизельных ДВС. По предварительной оценке,

повышение топливной экономичности ожидается не менее 10 %, а снижение выбросов CO_X и NO_X – не менее, чем на 15 %.

Список использованной литературы

1. Помазкин, В. А. Неспецифические воздействия физических факторов на объекты биотехносферы: Монография / В. А. Помазкин – Оренбург, ОГУ, 2001. – 340 с.

2. Лоскутова, Ю. В. Влияние магнитного поля на реологические свойства нефтей: Дис. ... канд. хим. наук: 02.00.13. – Томск, 2003. – 138 с. – РГБ ОД, 61:04-2/441.

3. Постников В.В. Фазовые и структурные превращения в диамагнитных материалах после воздействия слабых магнитных полей: автореф. дис. канд. физ.-мат. наук. – Воронеж, 2004. – 45 с.

4. Карлюк, А. П. Прикладные методы магнитной активации жидких диамагнетиков / К. В. Щурин, А. П. Карлюк, Ю. Н. Паныш // Сборник научных статей 12-й Международной научно-практической конференции // Современные материалы, техника и технология – Курск – 2022. – С. 427–433.

5. Галышев, Ю. В. Влияние электромагнитного воздействия на показатели топлива и характеристики автомобильных двигателей внутреннего сгорания / Ю. В. Галышев [и др.] // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – № 2 (171). – 2013. – С. 61–67.

Summary. This paper presents the results of an extensive analysis of low-energy impacts on liquid fuels. The technical and technological advantages of using the method of magnetic activation of liquid media using permanent neodymium magnets have been identified.

УДК 629.1.06.

Сырбаков А.П., кандидат технических наук, доцент;
Федюнин П.И., кандидат технических наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет», г. Новосибирск, Российская Федерация

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПУСКА ДИЗЕЛЕЙ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Аннотация. Рассматриваемая работа посвящена вопросам обеспечения пуска дизельных двигателей при низких окружающих температурах. Рассмотрена возможность применения автоматизированной системы, с применением легковоспламеняющихся жидкостей в режиме «холодного» пуска дизеля, по обеспечению устойчивого воспламенения пускового заряда в цилиндре двигателя при отрицательных температурах.

Abctract. The work under consideration is devoted to the issues of ensuring the start of diesel engines at low ambient temperatures. The possibility of using an automated system using flammable liquids in the “cold” diesel start mode to ensure stable ignition of the starting charge in the engine cylinder at subzero temperatures is considered.

Ключевые слова. Пусковая жидкость, холодный пуск дизельного двигателя, отрицательные температуры.

Keywords. Starting fluid, cold start of a diesel engine, negative temperatures.

В условиях постепенно осваиваемых северных регионов Сибири возникают ряд технических сложностей, включая проблемы эксплуатации высокоэнергоемкой автотракторной техники при низких температурах.

В основном грузовые автомобили и трактора оснащаются дизельными двигателями, что ограничивает их эффективность в условиях низких температур окружающей среды, особенно в части пуска двигателя. Поэтому техника, предназначенная для эксплуатации в северных регионах, должна быть специально адаптирована к суровым климатическим условиям [1].

Исследования показывают, что оптимальным методом подготовки автотракторной техники к эксплуатации в зимних условиях является применение тепловой предпусковой подготовки с использованием автономных или внешних устройств, а также хранение техники в отапливаемых помещениях. Однако из-за ограничений ресурсов и финансов не всегда целесообразно использовать теплые стоянки, а также использование внешних источников энергопотребления для разогрева техники может быть ограничено из-за высоких энергозатрат и временных затрат при обслуживании [2, 3].

Согласно рекомендациям, для успешного пуска дизельных двигателей необходимо создать благоприятные условия для окисления топливной смеси под воздействием внешних и внутренних факторов.

Пусковые характеристики современных дизельных двигателей определяются как предельная температура надежного запуска, так и время, необходимое для подготовки двигателя к приему нагрузки. Эти характеристики являются результатом взаимодействия конструктивных особенностей и условий эксплуатации двигателя. Они включают в себя степень сжатия, параметры топливоподачи в момент запуска, момент сопротивления вращению коленчатого вала, мощность аккумуляторной батареи, а также свойства используемых моторных масел и видов топлива [4].

Предельная температура пуска дизельного двигателя в первую очередь зависит от режимов запуска двигателя, которые определяются вязкостно-температурными характеристиками моторного масла и эффективностью пусковой системы. Эти факторы существенно влияют на процесс самовоспламенения горючей смеси в цилиндрах двигателя.

Для решения проблемы самовоспламенения дизельной топливо-воздушной смеси при низких температурах применяется метод ввода в цилиндры двигателя мелкодисперсных легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) с низкой температурой самовоспламенения. ЛВЖ, основным компонентом которых является эфирная основа с температурой самовоспламенения 180…200 °С. Подача ЛВЖ в цилиндры двигателя может осуществляться двумя способами: методом внешнего смесеобразования (подача пусковой жидкости во впускной коллектор) или методом внутреннего смесеобразования (дозирование ЛВЖ непосредственно в цилиндры двигателя) [5].

В контексте зимней эксплуатации автотракторной техники, эффективное введение пусковой жидкости является наиболее важным аспектом для обеспечения эффективности пуска двигателя. Хотя метод прямого введения пусковой жидкости в цилиндр двигателя является предпочтительным с точки зрения эффективности, он требует значительных изменений в конструкции двигателя, что часто не оправдано с экономической точки зрения. Поэтому, самым технически обоснованным методом введения пусковой жидкости (с учетом доступности и минимизации структурных изменений) является подача пусковой жидкости во впускной коллектор с использованием различных методов и способов дозирования.

В современных условиях пусковые жидкости поставляются в аэрозольных контейнерах под определенным давлением, что облегчает подачу данных жидкостей в цилиндры двигателя. Это достигается путем введения жидкости во впускной коллектор двигателя посредством ее распыление прямо в воздухозаборник воздушного фильтра. Этот метод характеризуется простотой использования, однако он более трудозатратен поскольку требует помощи со стороны оператора для введения пусковой жидкости из аэрозольного контейнера в момент запуска двигателя. Также следует отметить, что при данном методе сложно контролировать дозировку пусковой жидкости в зависимости от режима вращения двигателя, а также из-за расстояния между воздухозаборником и впускными клапанами цилиндра, жидкость подается с задержкой в начальный момент запуска, что негативно сказывается на эффективности процесса.

Для обеспечения более эффективного пуска двигателя в условиях низких температур рекомендуется подавать пусковую жидкость непосредственно впускные окна цилиндра в момент нахождения поршня на том такте, на котором происходит впуск воздушно-топливной смеси.

В настоящее время отечественными учеными разработано несколько конструкций для автоматизированного ввода пусковой жидкости в впускной коллектор двигателя. Данные устройства безусловно обеспечивают дистанционный ввод ЛВЖ, но в виду сложности конструкции и системы управления, а также трудоемкости по обслуживанию, данные приспособления не получили широкого распространения.

Нами предлагается частично упростить конструкцию устройства (рис. 1) с дистанционным вводом пусковой жидкости в впускной тракт моторной установки, для обеспечения надежного «холодного» пуска дизельного двигателя.

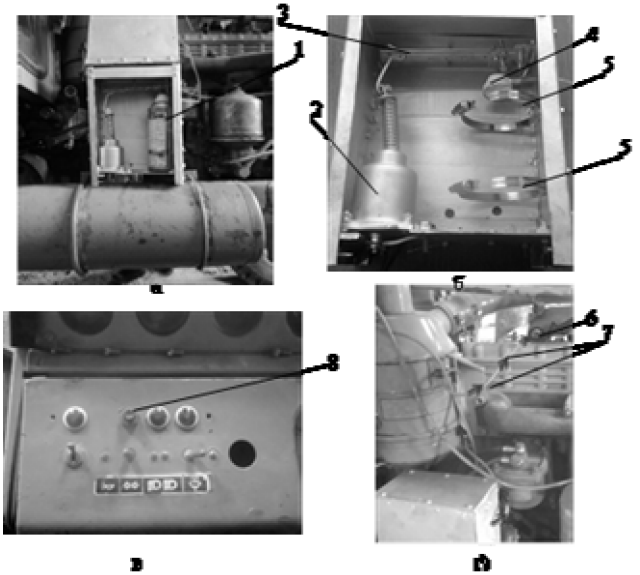


Рисунок 1 – Устройства для подачи легковоспламеняющейся жидкости из аэрозольного баллона во впускной коллектор:
а – схема установки пускового устройства на трактор МТЗ-80; б – внешний вид пускового устройства; в – приборная панель трактора с кнопкой управления пусковым устройством; г – схема движения пусковой жидкости по эмульсионной трубке во впускной коллектор;
1 – аэрозольный баллон; 2 – втягивающее реле; 3 – рычажный механизм; 4 – крышка нажимного устройства; 5 – хомут крепления баллона; 6 – щелевая форсунка; 7 – эмульсионная трубка; 8 – кнопка управления пусковым устройством

Разработанное устройство представляет собой корпус, внутри которого размещен рычажный механизм для дистанционного управления подачей пусковой жидкости из аэрозольного баллона. Этот механизм работает путем механического воздействия на нажимное устройство баллона. Управление работой рычажного механизма осуществляется дистанционно с использованием втягивающего устройства (соленоида), который дистанционно управляется из кабины оператора.

При запуске дизельного двигателя в условиях низких температур, оператор активирует пусковой процесс, переводя ключ зажигания в соответствующее положение. Одновременно происходит удаленное управление подачей специальной стартовой жидкости в впускной коллектор дви-

гателя, с помощью соленоида, который активирует нажимное устройство аэрозольного баллона. При этом стартовая жидкость в момент прокручивания вала двигателя пусковым устройством, смешивается с воздушным зарядом во впускном коллекторе и затем пусковая смесь поступает в цилиндры двигателя для обеспечения успешного запуска.

Пусковое устройство, разработанное нами, функционирует следующим образом: перед началом работы в корпус устройства устанавливается стандартный баллон с пусковой жидкостью.

Результаты проведенных тестовых экспериментов, представленные на рисунке 2, подтверждают эффективность разработанного пускового устройства в условиях низких температур, обеспечивая надежный запуск дизельного двигателя.

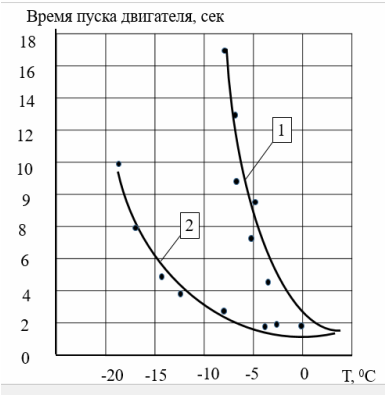


Рисунок 2 – Зависимость времени пуска двигателя Д-240
от температуры окружающей среды:
1 – без использования пусковой жидкости; 2 – с применением пусковой жидкости

При экспериментальном запуске дизельного двигателя модели Д-240, установленного на тракторе МТЗ-80, с использованием моторного масла М-8Г2, была получена информация о предельной температуре пуска, равной минус 18^0С. Этот результат является наглядным доказательством эффективности разработанного пускового устройства, используемого при зимней эксплуатации автотракторной техники.

Список использованной литературы

1. Бережнов, Н. Н. Повышение эффективности прогрева тракторных двигателей / Н. Н. Бережнов, А. П. Сырбаков, М. А. Корчуганова // Сельский механизатор. – 2017. – № 12. – С. 12–13.

2. Корчуганова, М. А. Средства обеспечения пуска тракторных двигателей в условиях отрицательных температур / М. А. Корчуганова, А. П. Сырбаков // Вестник ИрГСХА. – 2017. – № 80. – С. 134–142.

3. Сырбаков А.П. Тепловая подготовка дизельных двигателей / А.П. Сырбаков, Н.Н. Бережнов, М.А. Корчуганова, С.П. Матяш // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 8 (178). – С. 167–174.

4. Сырбаков А. П. Эксплуатация автотракторной техники в условиях отрицательных температур: Учебное пособие [Текст] / А. П. Сырбаков, М. А. Корчуганова – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 205 с.

5. Улучшение пусковых качеств дизелей, работающих в районах крайнего севера./Л. В. Виноградов, В. В. Горбунов, Н. Н. Патрахальцев, А. В. Фомин. //Науч. технич. сб. "Природный газ в качестве моторного топлива. Подготовка, переработка и использование газа". 1997, № 12. – С. 38–46.

Summary. The use of flammable liquids for starting internal combustion engines can improve the starting characteristics of a “cold” diesel engine at low temperatures. The method of introducing fluid into the engine intake manifold requires certain skills of the operator and assistant, and does not allow control of the fluid dosage and supply time, which impairs the efficiency of diesel starting. To automate the process of “cold” starting of a diesel engine, a device has been proposed that allows the operator, at the moment of starting the engine, to remotely control the process of supplying starting fluid to the intake manifold based on organoleptic controls, which increases the likelihood of starting the internal combustion engine in conditions of negative temperatures.

УДК 621.436:681.518.54

Курносов А.Ф., кандидат технических наук;
Гуськов Ю.А., доктор технических наук, доцент;
Григорев Н.Н., старший преподаватель

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет», г. Новосибирск, Российская Федерация

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ В РЕЖИМЕ РАБОТЫ «СВОБОДНЫЙ РАЗГОН-ВЫБЕГ»

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментальных исследований, направленных на определение эффективной мощности рядного шестицилиндрового дизельного двигателя с электронным блоком управления по величине реакций опор при работе в режиме «свободный разгон-выбег». Экспериментально установлено, что разгон двигателя осуществлялся за 2,45 с при этом максимальная мощность двигателя составила 102 кВт. Отключение одного из цилиндров привело к увеличению времени разгона до 3,3 с при мощности двигателя 80 кВт. Время свобод-

ного выбега двигателя не зависит от числа работающих цилиндров и составляет 6,2 с.

Abstract. The paper presents the results of experimental studies aimed at determining the effective power of an in-line six-cylinder diesel engine with an electronic control unit when operating by the magnitude of the support reactions in the "free acceleration-exit" mode. It was experimentally established that the engine acceleration was carried out for 2.45 s with the maximum power of the engine amounted to 102 kW. Disconnection of one of the cylinders resulted in an increase in acceleration time to 3.3 s at an engine power of 80 kW. The free run-out time of the engine does not depend on the number of operating cylinders and is 6.2 s.

Ключевые слова. Двигатель внутреннего сгорания, свободный разгон-выбег, реакции опор, мощность

Keywords. Internal combustion engine, free acceleration-excursion, support reactions, power

Существующие методы оценки эффективной мощности двигателей внутреннего сгорания, основанные на измерении крутящего момента при стабильной загрузке двигателя [1], не нашли широкого применения, так как требуют применения сложного технологического оборудования.

Оценка эффективной мощности двигателей внутреннего сгорания по ускорению коленчатого вала [2,3] также не применяется, так как ее использование возможно только при изменении скорости вращения коленчатого вала. Реализовать данный метод при стабильной загрузке двигателя невозможно.

Известный метод определения мощности двигателей внутреннего сгорания по величине реакций опор позволяет оценить мощность при разгоне двигателя и при стабильной его загрузке [4], но его реализация для рядных шестицилиндровых двигателей не проводилась.

Поэтому актуальным и практически значимым становится совершенствование способа оценки эффективной мощности для рядного шестицилиндрового двигателя, работающего в режиме «свободный разгон-выбег».

Экспериментальные исследования проводили на базе автомобиля КАМАЗ-65115 с двигателем Cummins ISBe 300. В опоры двигателя устанавливали тензометрические датчики (рисунок 1а, б) таким образом, чтобы силы от блока двигателя полностью воспринимались тензометрическими датчиками. Сигналы от тензометрических датчиков поступали в блок автомобильной диагностики АМД-4Д, где преобразовывались в цифровой вид. Сигналы от тензодатчиков предварительно усиливались в преобразователях сигнала (на рисунке 1 не указаны), причем преобразование происходило по прямолинейной зависимости в интервале 0…10 В.

В дальнейшем информация в цифровом виде поступала на персональный компьютер, где происходило ее накопление и обработка.



а б в г

Рисунок 1 – Комплекс для измерений реакций опор:
а – тензометрический датчик на правой передней опоре двигателя;
б – тензометрический датчик на правой задней опоре двигателя;
в – блок автомобильной диагностики АМД-4Д; г – персональный компьютер

При проведении экспериментов дополнительно считывали диагностические параметры из встроенной системы диагностирования: частоту вращения коленчатого вала, расход топлива, положение педали акселератора и др. Измерительный комплекс параметров встроенной системы диагностирования представлен на рисунке 2.

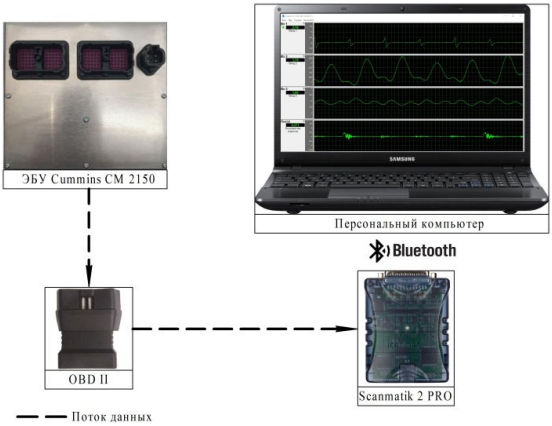


Рисунок 2 – Комплекс для измерения параметров двигателя

После установки диагностического оборудования проводили пробные измерения и разрабатывали программу экспериментальных исследований, которая включала в себя пуск и прогрев двигателя внутреннего сгорания до номинальной температуры охлаждающей жидкости и масла, вывод двигателя в тестовый режим «свободный разгон-выбег» с пятикратным повторением и одновременной записью измеряемых параметров. Отключение топливной форсунки четвертого цилиндра и повторение измерений.

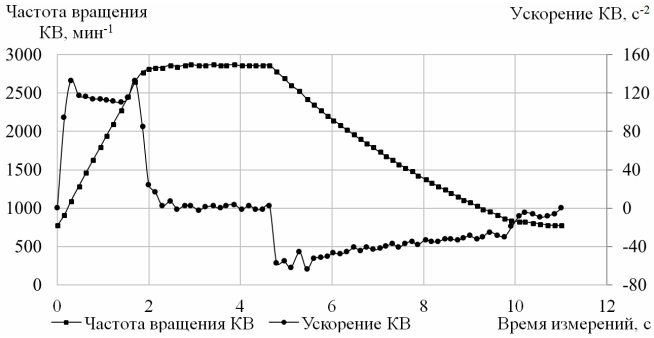


Рисунок 3 – Изменение частоты вращения и ускорения коленчатого вала в процессе свободного разгона двигателя

По результатам экспериментальных исследований установлено, что разгон двигателя на всех работающих цилиндрах составляет 2,45 секунды, ускорение разгона достигает 133,1 $с^{-2}$ (рисунок 3). Время выбега составляет 6,2 с. Разгон двигателя осуществлялся с частоты вращения коленчатого вал 775 $мин^{-1}$ до 2850 $мин^{-1}$. Максимальное замедление коленчатого вала наблюдалось в первые мгновения выбега и составляло минус 63,7 $с^{-2}$.

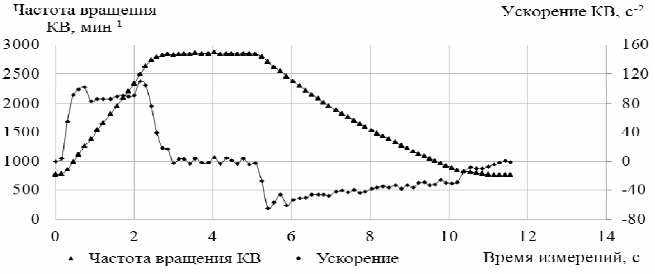


Рисунок 4 – Изменение частоты вращения и ускорения коленчатого вала в процессе свободного разгона двигателя при работе с одним отключенным цилиндром

При отключении топливной форсунки четвертого цилиндра время разгона увеличилось до 3,3 секунд (рисунок 4). Ускорение коленчатого вала достигало значения 110 $с^{-2}$. Выбег коленчатого вала характеризуется аналогичной величиной замедления (64 $с^{-2}$), таким образом, он не зависит от числа работающих цилиндров.

Мощность двигателя изменяется в пределах от нуля до 98 кВт при работе двигателя на всех цилиндрах (рисунок 5). При этом максимальное значение мощности достигается при частоте вращения коленчатого вала

2688 мин$^{-1}$. При работе двигателя с отключенным четвертым цилиндром максимальная эффективная мощность двигателя составляет 72,6 кВт при частоте вращения коленчатого вала 2591 мин$^{-1}$. Таким образом, отключение одного из цилиндров приводит к снижению эффективной мощности в заданном тестовом режиме работы на 26%.

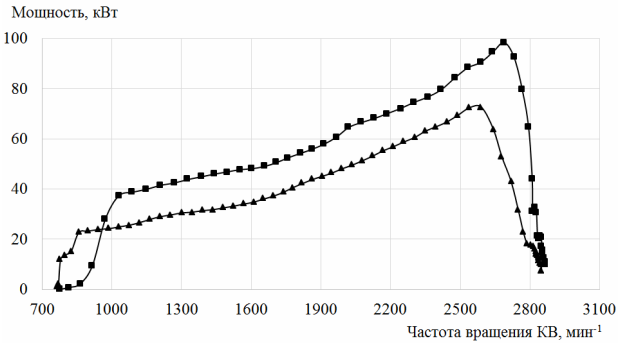


Рисунок 5 – Зависимость изменения мощности двигателя внутреннего сгорания от частоты вращения коленчатого вала при работе в режиме «свободный разгон»

Предложенный способ определения эффективной мощности двигателей внутреннего сгорания позволяет оценивать энергетические показатели двигателей, в тоже время заданный тестовый режим работы обеспечивает загрузку двигателя только на 44,5%. При номинальной мощности двигателя 220 кВт, предложенный способ позволяет его загрузить лишь кратковременно до 98 кВт.

Список использованной литературы

1. Патент № 2256896 C2 Российская Федерация, МПК G01M 15/00, F02B 79/00, G01M 15/04. Стенд для приработки и испытания двигателей внутреннего сгорания / В. В. Мокшин, В. В. Подовинников; опубл. 20.07.200. Бюл. №20. – 11 с.

2. Курносов, А. Ф., Гуськов Ю. А., Меньш П. К. Оценка эффективности работы двигателя внутреннего сгорания по ускорению коленчатого вала // Теория и практика современной аграрной науки. – Новосибирск: ИЦ НГАУ "Золотой колос", 2024. – С. 912–915.

3. Сацкевич, Н. Е. Интеллектуальная система диагностирования транспортных и технологических машин на основе идентифицированных импульсно-силовых характеристик двигателя / Н. Е. Сацкевич, А. Ф. Курносов, А. А. Галынский // АгроЭкоИнфо. – 2020. – № 4(42). – С. 30.

4. Курносов А.Ф., Гуськов Ю.А., Корниенко В.Н., Галынский А.А. Изменение импульсносиловой характеристики двигателя при работе с отключением цилиндров в режиме холостого хода // Технический сервис машин. 2022. Т. 60. N3(148). С. 21–33.

Summary. The performance of modern engines is evaluated by a set of diagnostic parameters that assess the performance of a particular system, but do

not take into account engine power and fuel energy efficiency. The article presents the results of experimental studies aimed at determining the effective power of an in-line six-cylinder diesel engine with an electronic control unit when operating by the magnitude of the support reactions in the "free acceleration-exit" mode. It was found experimentally that the engine was accelerated in 2.45 s, the maximum acceleration of the crankshaft was 133.1 s^{-2}, and the maximum power of the engine was 102 kW. Disabling one of the cylinders resulted in an increase in acceleration time to 3.3 s with a decrease in maximum crankshaft acceleration to 110 s^{-2} and engine power to 80 kW. The free run-out time of the engine does not depend on the number of operating cylinders and is 6.2 s.

УДК 697.434

Иванов А.П., кандидат технических наук;
Жалсанова Н.А., кандидат технических наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского», г. Чита, Российская Федерация

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова», г. Улан-Удэ, Российская Федерация

ПРОЕКТ ВНЕДРЕНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ НАСОСОВ В ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ ОТДАЛЁННЫХ СЕЛЬСКИХ РЕГИОНОВ

Аннотация. Работа посвящена рассмотрению вопросов экономии энергоресурсов на основе апробированных проектов по внедрению частотно-регулируемых электроприводов насосов в отопительных котельных. Представлена схема модели для исследования процессов пуска асинхронных двигателей от инвертора с анализом осциллограмм.

Abstract: The work is devoted to the consideration of energy saving issues based on proven projects for the introduction of frequency-controlled electric pump drives in heating boilers. A model diagram is presented for studying the processes of starting asynchronous motors from an inverter and analyzing waveforms.

Ключевые слова. Насос, асинхронный двигатель, пусковой ток, инвертор
Keywords. Pump, asynchronous motor, starting current, inverter.

В настоящее время производителями освоен выпуск широкой гаммы преобразователей для низковольтных (380 В) асинхронных двигателей мощностью от 2,2 до 315 кВт. Силовая часть преобразователей реализована на современных приборах – IGBT модулях и диодно-тиристорных бес потенциальных схемах. Эти преобразователи имеют следующие особенности:

- автоматическая настройка системы управления на двигатель;

- автоматический перезапуск и продолжение работы в заданном режиме при исчезновении напряжения питания;
- встроенный пропорционально – интегральный регулятор технологического параметра;
- многофункциональная защита преобразователя и двигателя;
- возможность управление группой электродвигателей, вращающихся с одинаковой частотой

Требования к электроприводу определяются диапазоном требуемых скоростей и типом нагрузки. Примером подобных приводов являются центробежные насосы и вентиляторы отопительных котельных. Механические характеристики которых описываются квадратичной параболой, а потребляемая мощность пропорциональна кубу скорости вращения. Поэтому, даже небольшое снижение скорости может дать значительное снижение потребляемой мощности.

На рисунке 1 заштрихована область, отвечающая снижению мощности при использовании частотного регулирования производительности вместо дросселирования.

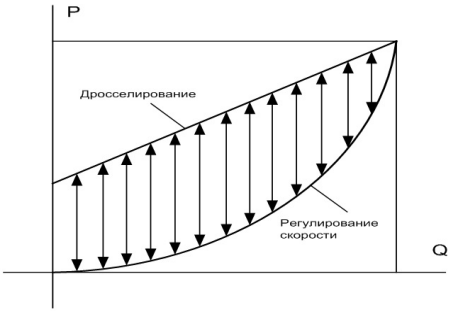


Рисунок 1 – Снижение мощности, развиваемой двигателем при частотном регулировании

Для получения, например, половины полного расхода при регулировании скорости будет затрачено около 13% полной мощности, тогда как при дросселировании – около 75%. Экономия составит примерно 60%. В зависимости от характера нагрузки преобразователь частоты должен обеспечивать различные режимы управления электродвигателем, реализуя необходимую зависимость между скоростью вращения и выходным напряжением [1].

Так как преобразователи имеют достаточно высокую стоимость, то вопросы их конкретного внедрения требуют тщательной предварительной проектной подготовки. С этой целью на базе инструментальных средств системы MATLAB были разработаны компьютерные модели насосных и вентиляционных агрегатов на базе асинхронных двигателей с частотным регулированием производительности [2].

Модели содержат следующие основные блоки: асинхронный двигатель; трехфазный автономный инвертор на IGBT – транзисторах; шестиканальный дискретный генератор широтно-модулированных импульсов, подаваемых на затворы IGBT-транзисторов инвертора.

Механический момент насоса формировался в модели из двух составляющих

$$M_{МЕХ} = 0{,}15M_{НОМ} + k\omega^2,$$

где $M_{НОМ}$ – момент при номинальной нагрузке; ω – угловая скорость вращения; k – постоянный коэффициент.

На рисунке 2 приведена схема модели для исследования процессов неуправляемого пуска АД от инвертора. Параметры данного вида пуска аналогичны параметрам обычного пуска АД от сети. Формируемые инвертором на достаточно высокой несущей частоте 1000 Гц широтно-импульсные сигналы напряжения поступают на статор АД, представленных на рисунке 3. Основная низкочастотная составляющая этих напряжений равна 50 Гц.

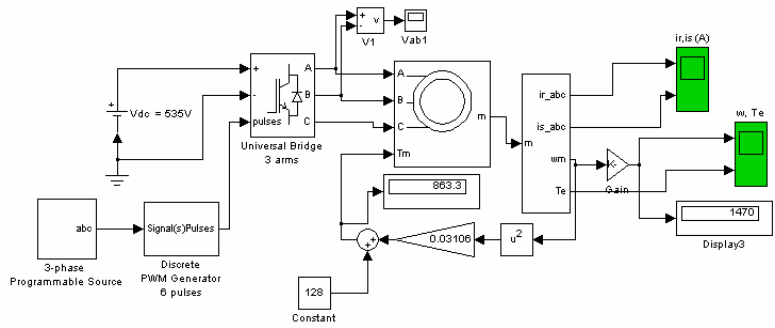


Рисунок 2 – Схема модели

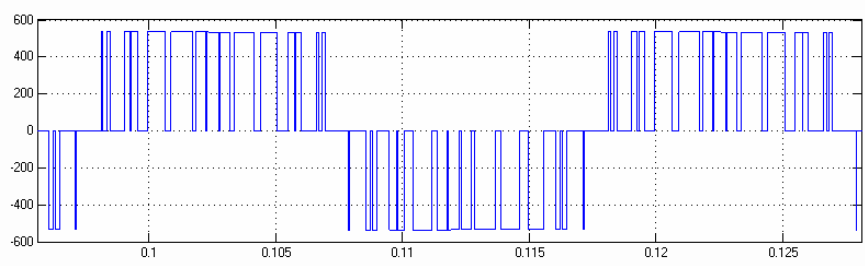


Рисунок 3 – Широтно-модулированные импульсы напряжения инвертора на несущей частоте 1000 Гц

Высокочастотные составляющие токов инвертора сглаживаются в обмотках АД. Чем выше несущая частота инвертора, тем меньшие искажения синусоидальности кривых тока в статорных цепях. Изменение электромагнитного момента в начальной стадии неуправляемого пуска имеет ярко выраженный колебательный характер, неблагоприятно действующий на двигатель. Амплитуда колебаний момента превосходит максимальный момент, соответствующий критическому скольжению. Начальные пусковые токи примерно в 5 раз больше номинальных токов после завершения пуска, что соответствует паспортным данным.

Механический (тормозной) момент дымососа котельных формируется в модели в виде квадратичной зависимости от скорости вращения

$$T_m = K\omega^2,$$

где ω – угловая скорость вращения.

Показатели процесса пуска могут быть улучшены при вариации на начальной стадии пуска амплитуды и основной частоты результирующего вектора напряжения, формируемого инвертором на статоре. Воздействие на амплитуду результирующего вектора напряжения будем называть *амплитудным* регулированием, а воздействие на основную частоту – *частотным* регулированием. Анализируя осциллограммы так называемого "управляемого" пуска АД, где начальная стадия пуска в течение 0,16 сек происходит при частоте 10 Гц, видим что в последующем частота в течение заданного интервала времени возрастает по линейному закону до 50 Гц и с течением времени остается неизменной. Нарастание амплитуды напряжения от нуля до номинального значения происходит по квадратичной зависимости от времени. Из осциллограмм видно, что пуск протекает более плавно. Практически исчезают колебания электромагнитного момента, снижается кратность пусковых токов к номинальному току, снижаются максимальные значения момента.

Выводы. Основной вывод можно выразить словами Шабанова В.Ю. Одним из новых технических направлений, ориентированных на экономию энергоресурсов, является внедрение преобразователей частоты для плавного регулирования скорости короткозамкнутых асинхронных электродвигателей [3]. Экономию электроэнергии до 60% дает оптимизация скорости вращения рабочих механизмов при снижении пусковых токов асинхронных двигателей, задания темпов разгона, торможения и бесконтактного реверса двигателя, а так же увеличение продолжительности межремонтного периода.

Список использованной литературы

1. Андронов А.Л. Обоснование энергоэффективных режимов частотно-регулируемых электроприводов в агропромышленном комплексе: диссертация кандидата технических наук: 05.20.02/ Андронов Алексей Леонидович; [Место защиты: Алтайский государственый технический университет им. И.И. Ползунов]. - Барнаул, 2005. – 191 с.

2. Классификация систем стабилизации скорости электропривода. Системы обработки информации в системах стабилизации скорости / Бутабаева К.Е. ELS. 2024. № февраль. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-sistem-stabilizatsii-skorosti-elektroprivoda-sistemy-obrabotki-informatsii-v-sistemah-stabilizatsii-skorosti

3. Эффективность использования без трансформаторных многоуровневых преобразователей частоты в электроприводе магистральных насосов / В. А. Шабанов, В. Ю. Алексеев, А. Р. Калимгулов [и др.] // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2015. – № 5. – С. 493–515. – EDN UMMQWR.

Summary. The main conclusion can be expressed in the words of Shabanov V.Yu. One of the new technical directions focused on saving energy resources is the introduction of frequency converters for smooth control of the speed of squirrel-cage asynchronous electric motors [3]. Energy savings of up to 60% are achieved by optimizing the rotation speed of working mechanisms by reducing the starting currents of asynchronous motors, setting the rates of acceleration, braking and non-contact motor reversal, as well as increasing the duration of the overhaul period.

УДК 631.311

Мисуно О.И., кандидат технических наук, доцент

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ БАЛАНСА МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ТРАКТОРА В СОСТАВЕ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

Аннотация. Для обоснования параметров и режимов работы, энергетической оценки почвообрабатывающих агрегатов необходимо иметь численные значения ряда величин входящих в общий баланс мощности двигателя трактора. В статье представлено их определение через показатели полученные при проведении экспериментальных исследований агрегатов в полевых условиях.

Annotation. To justify the parameters and operating modes, energy assessment of soil-cultivating units, it is necessary to have numerical values for a number of quantities included in the overall power balance of the tractor engine. The article presents their definition through indicators obtained during experimental studies of units in field conditions.

Ключевые слова. Трактор, мощность, почвообрабатывающий агрегат, тяговое усилие, скорость, буксование, КПД трансмиссии, сопротивление качению.

Keywords. Tractor, power, tillage unit, traction, speed, slipping, transmission efficiency, rolling resistance.

Энергетические затраты на выполнение технологических сельскохозяйственных процессов в значительной степени определяются эксплуатационными свойствами машин и режимами работы машинно-тракторных агрегатов. Наиболее энергоемкие и трудоемкие операции в производстве продукции растениеводства связаны с обработкой почвы. Задача снижения энергетических и трудовых затрат для выполнения этих операций решается наращиванием единичной мощности тракторов, используемых с более широкозахватными и скоростными агрегатами, а также созданием новых и усовершенствованием существующих орудий для обработки почвы и технологий.

Для обоснования параметров и режимов работы почвообрабатывающих агрегатов в заданных условиях выполнения технологического процесса, выбора рациональных параметров рабочих органов, установления технически обоснованных норм выработки и расхода горюче смазочных материалов, обеспечения контроля за техническим состоянием тракторов и сельскохозяйственных машин, правильностью их регулировок и в целом, для энергетической оценки необходимо знать численные значения ряда величин входящих в общий КПД энергетического средства и составляющие баланса мощности двигателя трактора. При установившемся движении на ровном участке поля почвообрабатывающего агрегата уравнение баланса мощности двигателя энергетического средства представляется выражением:

$$N_{\text{н}}\eta_{\text{и}} = N_{\text{e}} = N_{\text{т}} + N_f + N_{\delta} + N_{\text{тр}} + N_{\alpha} + N_{\text{тр}\,\alpha}, \qquad (1)$$

где $N_{\text{н}}$ – номинальная мощность двигателя; $\eta_{\text{и}}$ – степень загрузки двигателя; N_{e} – эффективная мощность двигателя; $N_{\text{тр}}$ – потери мощности в трансмиссии привода колес трактора; $N_{\text{т}}$ – тяговая мощность; N_f – мощность, затрачиваемая на передвижение трактора; N_{δ} – мощность, затрачиваемая на буксование движителей; N_{α} – мощность, идущая на выполнение полезной работы активными рабочими органами почвообрабатывающей машины; $N_{\text{тр}\,\alpha}$ – потери мощности в трансмиссии привода активных рабочих органов.

Тяговая мощность трактора определяется как произведение тягового сопротивления почвообрабатывающей машины P на скорость движения агрегата υ.

$$N_{\text{т}} = P\upsilon = F_{\text{т}}\upsilon; \qquad (2)$$

где $F_т$ – тяговое усилие на крюке трактора.

Тяговое сопротивление сельскохозяйственных машин и орудии является важнейшим энергооценочным параметром машинно-тракторного агрегата. При проведении экспериментальных исследований в полевых условиях для определения тягового сопротивления почвообрабатывающих машин используют различные конструкции тензометрических навесок.

Мощность, затрачиваемая на передвижение трактора определяется как произведение его веса $G_т$ на коэффициент сопротивления качению f и на скорость движения агрегата.

$$N_f = G_Т f \upsilon; \tag{3}$$

Существенное влияние на величину общего коэффициента полезного действия энергетического средства, на производительность агрегата, на снижение энергетических затрат на выполнение технологического процесса обработки почвы оказывает буксование. Величина буксования ведущих колес сельскохозяйственных агрегатов характеризуется отношением потерянной скорости поступательного движения к возможному ее теоретическому значению и определяется по формуле

$$\delta = \frac{\upsilon_т - \upsilon}{\upsilon_т}, \tag{4}$$

где $\upsilon_т$ – теоретическая скорость движения трактора или скорость при отсутствии усилия на крюке.

Для определения скоростей движения $\upsilon_т$ и υ в полевых условиях обычно используют индукционные датчики, устанавливаемые на колесах трактора и путеизмерительном колесе.

Потери мощности двигателя трактора на буксование равны

$$N_\delta = (F_т + G_т f)\frac{\upsilon\delta}{1-\delta}, \tag{5}$$

Эффективная мощность $N_е$ может быть определена с помощью скоростной характеристики двигателя трактора. При этом обороты коленчатого вала двигателя трактора измеряются обычно тахогенератором.

Для определения мощности N_α используют тензометрические звенья, устанавливаемые непосредственно на валах активных рабочих органов почвообрабатывающей машины и позволяющие измерять крутящие моменты. Частота вращения активных рабочих органов измеряется с использованием индукционных датчиков.

Тогда, уравнение (1) можно представить в виде:

$$N_е = \frac{N_т + N_f + N_\delta}{\eta_{тр}} + \frac{N_\alpha}{\eta_{тр\,\alpha}}, \tag{6}$$

где $\eta_{тр}$ – КПД, учитывающий механические потери в трансмиссии привода колес трактора; $\eta_{тр\,\alpha}$ – КПД, учитывающий механические потери в трансмиссии привода активных рабочих органов.

Установив вышеперечисленные составляющие баланса мощности двигателя трактора можно перейти к определению недостающих величин $\eta_{тр}, f, \eta_{тр\,\alpha}$.

Введем следующие обозначения в формулу (6):

$$a = \frac{1}{\eta_{тр}}; \quad b = \frac{G_т\, f}{\eta_{тр}}; \quad c = \frac{1}{\eta_{тр\,\alpha}}.$$

Тогда выражение (6) примет вид

$$a\frac{P\upsilon}{1-\delta} + b\frac{\upsilon}{1-\delta} + cN_\alpha = N_e. \qquad (7)$$

Представим уравнение (7) в виде линейных уравнений, образующих систему

$$\begin{aligned}
&a\sum_{i=1}^{n}\frac{P_i^2\upsilon_i^2}{(1-\delta_i)^2} + b\sum_{i=1}^{n}\frac{P_i\,\upsilon_i^2}{(1-\delta_i)^2} + c\sum_{i=1}^{n}\frac{P_i\,\upsilon_i}{(1-\delta_i)}N_{\alpha i} = \sum_{i=1}^{n}\frac{P_i\,\upsilon_i}{(1-\delta_i)}N_{ei};\\
&a\sum_{i=1}^{n}\frac{P_i\,\upsilon_i^2}{(1-\delta_i)^2} + b\sum_{i=1}^{n}\frac{\upsilon_i^2}{(1-\delta_i)^2} + c\sum_{i=1}^{n}\frac{\upsilon_i}{(1-\delta_i)}N_{\alpha i} = \sum_{i=1}^{n}\frac{\upsilon_i}{(1-\delta_i)}N_{ei}; \qquad (8)\\
&a\sum_{i=1}^{n}\frac{P_i\,\upsilon_i\,N_{\alpha i}}{(1-\delta_i)} + b\sum_{i=1}^{n}\frac{\upsilon_i\,N_{\alpha i}}{(1-\delta_i)} + c\sum_{i=1}^{n}N_{\alpha i}^2 = \sum_{i=1}^{n}N_{ei}N_{\alpha i}.
\end{aligned}$$

В результате подстановки в систему уравнений (8) текущих экспериментальных значений тягового сопротивления почвообрабатывающей машины P_i, скорости движения агрегата υ_i, буксования движителей δ_i, мощности, идущей на выполнение полезной работы активными рабочими органами почвообрабатывающей машины $N_{\alpha i}$, эффективной мощности двигателя трактора N_{ei} и последующего решения находятся неизвестные коэффициенты *a*, *b*, *c*.

Тогда КПД, учитывающий механические потери в трансмиссии привода колес трактора будет равен:

$$\eta_{тр} = \frac{1}{a}.$$

КПД, учитывающий механические потери в трансмиссии привода активных рабочих органов почвообрабатывающей машины определится как

$$\eta_{тр\,\alpha} = \frac{1}{c}.$$

Коэффициент сопротивления качению трактора из формулы

$$f = \frac{\eta_{тр} b}{G_т}.$$

Таким образом, располагая энергетическими и эксплуатационными показателями, получаемыми при проведении экспериментальных исследований почвообрабатывающего агрегата можно определить составляющие баланса мощности двигателя трактора в конкретных условиях выполнения технологического процесса и использовать их при обосновании основных параметров и режимов работы рабочей машины.

Список использованной литературы

1. Мисуно, О. И. Снижение энергетических затрат на пахоту / О. И. Мисуно, С. А. Легенький, А. И. Оскирко // Материалы Международной научно-практической конференции «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК». БГАТУ, 4 – 6 июня 2014 г. Минск, 2014.

2. Мисуно, О. И. Производительность плуга агрегатируемого с МЭС на базе трактора «Беларус 2022» // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Белагро-2019» (Минск , 6-7 июня 2019 г.) / редкол.: Н. Н. Романюк и [др.]. – Минск, БГАТУ, 2019.

Summary. Using energy and operational indicators obtained during experimental studies of a tillage unit, it is possible to determine the components of the tractor engine power balance under specific conditions of the technological process and use them to justify the main parameters and operating modes of the working machine.

УДК 631.531.011.3:53

Городецкая Е.А., кандидат технических наук, доцент;
Хоровец И.Г., старший преподаватель

Институт повышения квалификации и переподготовки кадров АПК
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

ТЕХНИЧЕСКАЯ ГОТОВНОСТЬ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕПАРИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ К ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация. Для получения, хранения и реализации семян важны их качество, чистота и размерная выравненность, что редко достижимо на применяющемся оборудовании и эти операции постоянно совершенствуются. Обсуждена научная и практическая значимости исследований. Статья рассчитана на специалистов семеноводства, растениеводства, инже-

нерно-технических специалистов АПК; преподавателей, студентов, магистрантов и аспирантов агротехнического профиля

Abstract. Seed's quality, purity and dimensional uniformity are important, which is rarely achivable with the equipment used and these operations are constantly being improved for obtain, store and sell seeds. The scientific and practical significance of the research is discussed. The article is intended for specialists in seed and crop production, engineering and technical specialists of the agro-industrial complex, teachers, students, undergraduates and graduate students of agrotechnical profile

Ключевые слова. Семена, хранение, диэлектрические сепарирующие устройства, высокая техническая готовность, ремонтопригодность, импортозамещение, Республика Беларусь

Keywords. Seeds, storage, dielectric separating devices, high technical readiness, maintainability, import substitution, Republic of Belarus

Пищевые и перерабатывающие предприятия агропромышленного комплекса, в том числе и хозяйства-производители, постоянно решают важную практическую задачу – как не только получить экологически возможно чистые продукты, но и сохранить, переработать их и реализовать без потерь потребителю Немаловажной задачей является сохранность собранных семян, так как их потери в процессе хранения из-за воздействия грибных, вирусных, бактериальных и других заболеваний могут достигать более 20%. Электромагнитные воздействия повышают не только энергию прорастания семян и иммунитет растений, но и способствую обеззараживанию поверхности и незначительному подсушиванию. Применение электротехнологий позволяет получать прибавку урожая на 10–12%; уничтожать семенную инфекцию; повышать энергию прорастания и всхожесть семян; улучшать фотосинтезирующий аппарат растений [1, 2]. Также интенсифицируется прорастание твердокаменных культур, наблюдается более быстрое развитие растений снижение выпадов сеянцев, минимизации потерь и микротравмирование семян; создается экономия материальных ресурсов. Это экологичный способ, открывающий возможности прецезионного земледелия.

Диэлектрические сепарирующие устройства (ДСУ) зарекомендовали себя на разделении сухих сыпучих мелкодисперсных смесей с учетом электрических свойств частиц с получением фракций гарантированного качества и нужных свойств; на диэлектрических сепараторах можно не только получать фракции семян с заданными качествами, но и разделять сосновую щепу по смолистости, отделять шелуху от измельченных ядер (гречка, рис, соя и др.), калибровать листовую часть сухого чая, получать функциональные продукты (спортивное, диетическое и детское питание), выделяя из муки зародышевую часть, клетчатку, выделять примеси и ненужные включения из кормовых смесей.

В работах специалистов в области диэлектрической сепарации и классификации семян, было показано технологическое преимущество ДСУ на операции очистки семян после обмолота, подготовке их либо к закладке на хранение, либо для использования в растениеводстве [2, 3].

Применительно к обработке семян пряно-ароматических культур (укроп, кориандр, тмин) обнаружились определенные недостатки конструкции ДСУ: в получаемых фракциях наблюдался взаимный подсор, что стало главным недостатком при сепарации семян для пищевых целей. Подробный анализ показал, что межвитковое пространство бифилярной обмотки перекрывается семенами и разделение носит нечеткий характер.

Целью каждого исследования является усовершенствование и повышение качества разделения семенного вороха семян. Нами было предложено использование полиэтиленовых пленок с условием исследования их толщины для поиска оптимальной, при которой показатели качества семян первой фракции соответствовали бы требованиям пищевого назначения.

Семена выделялись из вороха, включающего собственно семена и примеси – остатки и фрагменты плода, стручка, плодоножек, палочек, листьев, соломы, бумаги, упаковочных материалов, песка, земли, мусора. Разделение было выполнено традиционной машиной – высокопроизводительным лабораторным сепаратором типа SZD, который широко применяется в пунктах скупа зерна большинства западных стран для быстрой механической оценки массы очищенного зерна и является разработкой Научно-исследовательского института пекарского производства (Research Institute Of The Baking Industry LTD – Member of ICC-International Association For Cereal Science And Technology). На этом сепараторе из исследованных проб в течение 60 с получали 4 фракции: очищенные семена с некоторой частью подсора, крупные примеси, мелкие примеси, пыль. Наши исследования на указанном типе машин позволяют утверждать, что использование решет и триерных установок, аспирационных каналов, кроме многих их преимуществ, имеют существенный недостаток, выражающийся в неудовлетворительном результате разделения на наших объектах – мы наблюдали нечеткое разделение фракций.

Нами было установлено, что для получения, например, мелких семян пряно-ароматических культур технологические параметры сепаратора диэлектрического лабораторного СДЛ-1 должны быть следующими:

Напряжение и частота питающей сети, В/Гц	230/50
Потребляемая мощность, кВт	0,7±0,2
Производительность, кг/ч	5,0 ±0,5
Напряжение на бифилярной обмотке, кВ	0,9…1,5
Провод для бифилярной обмотки	АПВ-2,5
Энергоемкость очистки семян, кВт/кг	0,14

Количество фракций после сепарации, шт.	3
Материал барабана	бакелит (винипласт)
Диаметр барабана, мм	220,0
Длина образующей барабана, мм	400,0
Частота вращения рабочего органа, мин$^{-1}$	22,0
Толщина полиэтиленового покрытия, мкм	40…60
Количество обслуживающего персонала, чел.	1

Считаем важным отметить, что диэлектрические сепарирующие устройства имеют простое устройство из отечественных узлов, надежную ременную передачу, выпрямитель электрического тока, повышающий трансформатор, минимальный набор автоматики (концевые выключатели), средства подачи и отбора материала. Их легко агрегатировать в технологическую линию или между собой. Как любой электроприбор, сепараторы сразу готовы к работе после включения, фактически там нет чему выходить из строя. Следует отметить, что обучение работе и обслуживанию ДСУ стало бы повышением компетенций работников сельскохозяйственных организаций [4].

Была установлена оптимальная толщина пленочного покрытия рабочего органа для семян укропа, тмина и кориандра – это диапазон 0,04…0,06 мм. Рекомендуем диапазон напряжения на рабочем органе, ранее установленный экспериментально для каждой культуры, (именно напряжение, как общепринятый показатель, т.к. оперировать напряженностью электрического поля некорректно из-за того, что здесь «работает» большое количество точечных поляризованных частиц (семена), а бифилярная обмотка представляет собой тело сложной формы с наличием нескольких слоев изоляции). Мы не рассматриваем прайминг семян, только их очистку от примесей.

В разработке технологического комплекса диэлектрических сепарирующих устройств, обеспечивающих, в сравнении с существующими отечественными и зарубежными сепарирующими устройствами, снижение затрат труда до 4 раз, эксплуатационных издержек – до б раз, повышение производительности – до 10 раз, сокращение количества посевного материала – в 1,0...2 раза, повышение урожайности – на 15... 25%. Использование технологического комплекса ДСУ в сельском хозяйстве в течение года обеспечивает устойчивый экономический эффект. Очевидно, что при использовании электросепарации в несколько раз повышается эффективность использования сеялок при промышленном возделывании культур.

Полученными на ДСУ семенами укропа, тмина и кориандра можно было бы обогащать рецептуру топленого сливочного масла тем богатым и полезным составом биологически активных веществ, которые содержатся в семенах названных культур. Это стало бы выгодной технологией получения не только отечественного многофункционального продукта, но и важного экспортного товара. Глубокое изучение процессов, происходящих на рабочем

органе ДСУ с пленочным покрытием является научно значимыми и новыми в Беларуси, а исследования частично финансировались семью грантами Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

Использование электросепарирующего устройства в переработке сельскохозяйственной продукции на стадии очистки и получения гомогенных фракций позволяет значительно упрощать технологические линии, экономить электроэнергию, получать новые диетические продукты и товары международной классификации, сократить закупки посевного материала. Внедрение малооперационных технологий в растениеводстве, требует эксплуатацию более «умной» техники, объединяющей несколько операций в одном процессе-машине. ДСУ представляют собой поле для будущей мехатроники, а прямое взаимодействие с потребителем является ключом к совершенствованию типоряда устройств. Развитие сервисных решений: информирование на занятиях по повышению квалификации специалистов сельскохозяйственных организаций и внедрение сервисных предложений – обучение операторов, техническая поддержка и гарантийное сопровождение – становится важным рычагом сбытовой политики. Тем более, что в 2021–2025 годах развитие сельскохозяйственного производства нацелено и успешно решает задачу увеличения производства продукции в хозяйствах всех категорий для обеспечения продовольственной независимости и безопасности Беларуси.

Список использованной литературы

1. Городецкая, Е.А. Электрофизические методы для улучшения качества семян сельскохозяйственных культур / Е.А. Городецкая, Ю.К. Городецкий, Е. Т. Титова / Сборник научных трудов Гродненского государственного аграрного университета «Сельское хозяйство – проблемы и перспективы (Агрономия). Под ред. В. К. Пестис. Том 45, Гродно 2019 г

2. Городецкая, Е.А. Некоторые аспекты методики создания диэлектрических сепарирующих устройств для улучшения качества семян / Е.А. Городецкая, Ю.К. Городецкий, Е.Т. Титова / Сборник научных трудов Гродненского гос. аграрного унив. «Сельское хозяйство – проблемы и перспективы», – под ред. академика В.К.Пестиса. – Т. 59 (Агрономия). – 2022. – 179 с. (С. 28–36)

3. Диэлектрический сепаратор для получения чистой фракции семян пряноароматических растений: пат. 22195 Респ. Беларусь, МПКВ03С7/02,А01С1/00/ Городецкая Е.А., Городецкий Ю.К., Степанцов В.П., Титова Е.Т. / заяв. Белор. гос. аграрн.-технич. ун-т. – № а2000170003; заявл. 04.01.17; опубл. 30.10.18 // Афіцыйны бюл. – 2018. – №5. – С. 58–59.

4. Хоровец, И.Г. Анкетирование как способ выявления дефицита знаний при подготовке специалистов агропромышленного комплекса / И.Г. Хоровец / Актуальные проблемы и перспективы развития сельских территорий и кадрового обеспечения АПК: сборник научных статей III Междун.научн.-практ.конф., 7-8.06.2023 / редкол. : Н.Н. Романюк [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2023. – 728 с.

УДК 631.312

Мисуно О.И., кандидат технических наук, доцент

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

ИЗМЕРЕНИЕ ВРАЩАЮЩЕГО МОМЕНТА НА ВЕРТИКАЛЬНЫХ ВАЛАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Аннотация. Рассмотрен метод, предложены средства и схема измерения вращающего момента на валах сельскохозяйственных машин. Все это дает возможность при проведении полевых экспериментальных исследований быстро и с высокой степенью точности измерять, отображать и сохранять значения изучаемых величин.

Annotation. The method is considered, means and a scheme for measuring torque on the shafts of agricultural machines are proposed. All this makes it possible, when conducting field experimental studies, to quickly and with a high degree of accuracy measure, display and save the values of the quantities being studied.

Ключевые слова. Вал, вращающий момент, сельскохозяйственные машины, электротензометрический способ, токосъемник, тензорезистор, реактивный момент.

Keywords. Shaft, torque, agricultural machines, electric strain gauge method, current collector, strain gauge, reactive torque.

Рост мощности двигателей сельскохозяйственных тракторов характеризует завершение тяговой и зарождение тягово-энергетической концепции. Мощность двигателя трактора этой концепции при работе с тяговой машиной может быть реализована через ходовой аппарат при определённых условиях эксплуатации и способах агрегатирования. Повышение производительности и качества работы почвообрабатывающих агрегатов, рациональное и полное использование мощности требуют совершенствования технологии выполнения технологических процессов, создания новых орудий и способов передачи энергии от двигателя к рабочей машине. В последнее время в связи с повышением энергонасыщенности тракторов все большее распространение получают тягово-приводные сельскохозяйственные машины получающие энергию через гидравлический или электрический привод.

Энергетические показатели, характеризующие выполнение технологических процессов сельскохозяйственными агрегатами, являются неэлектрическими величинами. Поэтому при проведении лабораторно полевых испытаний вновь разработанных или модернизированных машин при экспериментальном определении тяговых сопротивлений как в целом орудий, так и рабочих органов, усилий, напряжений, деформаций в от-

дельных элементах и узлах широко применяется электротензометрический способ измерения силовых показателей.

При испытаниях тягово-приводных сельскохозяйственных машин возникает необходимость в измерении вращающихся моментов на приводных валах. Сложность в определении этих параметров заключается в том, что приходится подавать питание и снимать электрический сигнал с вращающихся валов. Для этого нужно использовать дополнительные измерительные звенья того или иного типа – токосъемные устройства, посредством которых осуществляется электрическая связь датчиков, расположенных на вращающихся валах, с неподвижно расположенной питающей и регистрирующей аппаратурой. В настоящее время серийно выпускаются токосъемники различного исполнения.

Токосъемники с закрытым корпусом имеют целый ряд преимуществ перед другими типами токосъемников. Так, например, токосъемник с открытым корпусом хоть и имеет очень низкую цену и легко обслуживается, является небезопасным из-за открытых контактов, имеет недостаточно эффективную изоляцию колец и может использоваться только для передачи питающего напряжения. С другой стороны, оптоволоконный токосъемник, имея большой срок службы и не требуя дорогостоящего технического обслуживания, может использоваться лишь для передачи сигналов и отличается достаточно высокой стоимостью.

К токосъемным устройствам, получившим широкое распространение, относятся амальгированные ртутные токосъемники типа ТРАК или ТРАП. Они имеют низкое сопротивление. Но, с другой стороны, у них есть ряд недостатков: отличаются высокой стоимостью; экологически опасны; непродолжительное время устойчивой работы при средних и высоких частотах вращения.

Недостатком токосъемных устройств при их использовании в электротензометрической схеме исследования деформаций во вращающихся деталях сельскохозяйственных машин является невысокая точность и надежность процесса измерения из-за большого числа тензорезисторов, размешенных на вращающемся валу в условиях повышенных возмущающих воздействий со стороны контролируемого объекта, и большого числа токосъемных контактов для передачи информативных сигналов от тензорезисторов в часть схемы, которая расположена на статоре. Токосъемники требуют, особенно при вертикальном расположении оси вращения, тщательной подготовки и контроля в процессе выполнения исследований.

Для снижения отрицательного воздействия выше указанных недостатков на экспериментальное определение вращающего момента на валах сельскохозяйственных машин получающих привод от гидравлических (электрических) моторов предлагается следующая измерительная схема. Как пример, комбинированные рабочие органы плуга, состоящие из пассивной укороченной лемешно-отвальной поверхности *1* и активного ротора *2*, приводи-

мого от индивидуального гидравлического высоко моментного мотора *3*, установленного в стакане *4* и соединяемого напрямую с валом ротора (рисунок 1). При вспашке таким плугом только процесс отделения пласта от массива осуществляется пассивным корпусом за счет тягового усилия трактора, а операции крошения, перемешивания, оборота и укладки пласта в борозду производится активным ротором за счет мощности двигателя, передаваемой через вал отбора мощности (ВОМ) трактора. При этом снижается тяговое сопротивление плуга и возрастает качество обработки почвы.

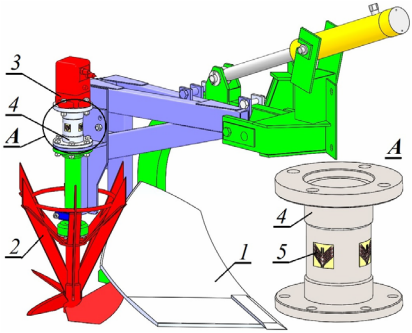


Рисунок 1 – Комбинированный рабочий орган плуга

Отличительной особенностью предлагаемой схемы измерения вращающего момента является расположение тензодатчиков не на вращающемся валу ротора, а на неподвижной детали – стакане гидромотора (рисунок 1). Измерение вращающего момента на валу происходит следующим образом. При выполнении вспашки ротора комбинированных рабочих органов получают энергию от гидравлических моторов, удерживаемых от вращения неподвижными стаканами, в которых возникают реактивные моменты одинаковые с вращающими моментоми на валах роторов.

Для измерения деформации стакана гидромотора, пропорциональной приложенному вращающему моменту, на его внешней цилиндрической поверхности наклеены четыре розеточных тензорезистора, каждый из которых состоит из двух решеток, расположенных под углом 90° одна по отношению к другой и под углами 45° и -45° к оси стакана. На рисунке 2 изображена развертка круговой поверхности неподвижного стакана, на которой расположены розеточные тензорезисторы.

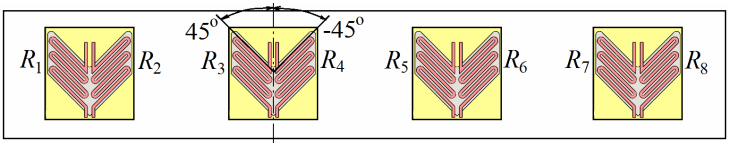


Рисунок 2 – Развертка поверхности стакана

Размеры стакана (толщина стенки) определяется из расчетов на прочность и жесткость. Тензорезисторы соединяются в полный мост по 6-проводной схеме, обеспечивающей компенсацию сопротивления кабеля, разъема и ключей, термокомпенсацию (рисунок 3).

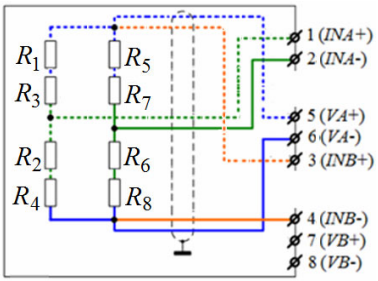


Рисунок 3 – Схема соединения тензорезисторов

Схема расположения датчиков на стакане гидромотора и включения их в измерительную цепь полностью компенсирует влияние изгибающих моментов на измеряемый параметр. Схема, показанная на рис. 4, посредством кабеля и USB-разъема подключаются к тензометрической станции *TS*32*L*1-02, позволяющей производить измерение деформаций в элементах инженерных конструкций и деталях машин. Принцип действия станции основан на измерении напряжения на плечах разбалансированного резисторного моста по отношению к напряжению питания моста. Программное обеспечение тензометрической станции *TS*32*L*1-02 версии 1.03 предназначено для работы на персональном компьютере (ПК), позволяет отображать результаты измерений вращающего момента в виде таблицы и диаграммы и сохранять их в файлах ПК. Станция состоящая из электронного блока и сетевого адаптера, установленных в одном корпусе с размерами 160x160x60 мм, который монтируется на раме плуга. Результаты измерения от тензометрической станции передаются терминалу (персональному компьютеру, установленному в кабине трактора) через модуль беспроводного соединения по протоколу Bluetooth 2.0.

Вращающий момент на валу гидромотора технологического модуля пахотного агрегата – результат измерения T автоматически рассчитывается по формуле:

$$T = \frac{4}{k}\left(\frac{\Delta V}{V} - \frac{\Delta V_0}{V}\right), \qquad (1)$$

где $\frac{\Delta V}{V}$ – относительное напряжение на плечах моста; $\frac{\Delta V_0}{V}$ – смещение нуля – начальное относительное электрическое напряжение на плечах моста, измеряется при проведении балансировки моста; k – тарировочный коэф-

фициент, определяемый экспериментально перед проведением полевых испытаний в лабораторных условиях.

Относительное напряжение $\frac{\Delta V}{V}$ для принятой схемы соединения тензорезисторов [1] соответствует следующим соотношениям сопротивлений:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{2}\left(\frac{R_1 + R_3 - R_2 - R_4}{R_1 + R_3 + R_2 + R_4} - \frac{R_5 + R_7 - R_6 - R_8}{R_5 + R_7 + R_6 + R_8}\right), \quad (2)$$

где $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8$, – сопротивления тензорезисторов в мосте.

Предложенный метод, средства и схема измерения вращающего момента на валах сельскохозяйственных машин дают возможность при проведении полевых экспериментальных исследований быстро и с высокой степенью точности измерять исследуемые величины, отображать их изменение в реальном времени на мониторе в виде табличных данных и графических зависимостей, сохранять результаты в отдельном файле.

Список использованной литературы

1. Шушкевич, В.А. Основы электротензометрии. – Мн.: Вышэйшая школа, 1975. – 352 с.

Summary. The proposed method, means and scheme for measuring torque on the shafts of agricultural machines make it possible, when conducting field experimental studies, to quickly and with a high degree of accuracy measure the studied quantities, display their changes in real time on the monitor in the form of tabular data and graphical dependencies, and save the results in a separate file.

УДК 621. 043

Матяш С.П., старший преподаватель

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет», г. Новосибирск, Российская Федерация

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПУТЕМ ПРЕДПУСКОВОГО РАЗОГРЕВА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

Аннотация. Рассмотрены особенности запуска автотракторных дизельных двигателей в период зимней эксплуатации и предложены наиболее перспективные способы тепловой подготовки с использованием подогревателя жидкости системы охлаждения, подогрева моторного масла и подогрева воздуха во впускном коллекторе.

Abctract. The features of starting automobile and tractor diesel engines during winter operation are considered and the most promising methods of thermal preparation using a coolant heater of the cooling system, heating engine oil and heating air in the intake manifold are proposed.

Ключевые слова. Подогреватель охлаждающей жидкости, зимний период, предпусковая подготовка дизельных двигателей.

Keywords. Coolant heater, winter period, pre-start preparation of diesel engines.

В период зимней эксплуатации автотракторных дизельных двигателей существенно осложняется запуск из-за повышенной вязкости моторного масла и крутящего момента при вращении коленчатого вала двигателя [1, 3].

Увеличение вязкости моторного масла в зимний период провоцирует значительный износ узлов двигателя, силовой передачи и ходовой части тракторов.

Увеличение вязкости дизельного топлива происходит с понижением температуры воздуха, что существенно увеличивает запуск дизельных двигателей до 25…55 минут [2, 4].

Согласно проведенным исследованиям один запуск дизельных двигателей в условиях низких температур окружающего воздуха без использования предпусковой подготовки с точки зрения износа трущихся пар двигателя приравнивается к работе двигателя в интервале 0,3…0,9 часа.

В настоящее время для улучшения запуска дизельных двигателей в зимний период используется множество средств и способов тепловой подготовки [6].

Одним из наиболее передовых способов улучшения предпусковой подготовки дизельных двигателей является использование электроподогрева жидкости системы охлаждения.

Благодаря применению электроподогрева жидкости системы охлаждения дизельных двигателей выявляются следующие достоинства:

– высокая надежность электроподогревателей;

– компактность электроподогревателей;

– возможность быстрого разогрева охлаждающей жидкости, вследствие увеличения мощности нагревателя;

– экономия времени предпусковой подготовки.

Использование электроподогрева жидкости системы охлаждения дизельных двигателей существенно улучшает пусковые характеристики [2,5].

Вследствие использования электроподогрева происходит не только нагрев жидкости системы охлаждения дизельных двигателей, но и нагрев моторного масла и впускного воздуха через теплопроводность металла.

Объектом исследования является дизельный двигатель СМД-62.

Для нагрева жидкости системы охлаждения дизельного двигателя СМД-62 использовался нагревательный элемент трубчатого исполнения выполненный из нержавеющей трубы и имеющий мощность 4 кВт.

График определяющий зависимость времени пуска дизельного двигателя СМД-62 и времени с наиболее устойчивой частотой вращения коленчатого вала двигателя представлен на рисунке 1.

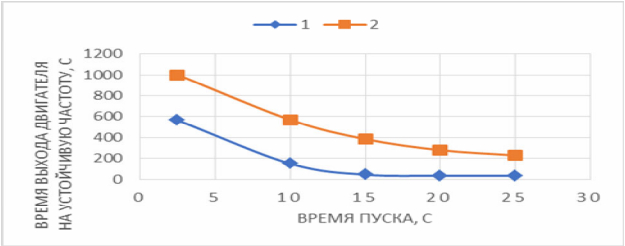


Рисунок 1 – График зависимости времени пуска дизельного двигателя СМД-62 и времени с наиболее устойчивой частотой вращения коленчатого вала двигателя: 1 – время пуска; 2 – время выхода дизельного двигателя на устойчивую частоту вращения коленчатого вала двигателя

График определяющий интенсивность прогрева жидкости системы охлаждения дизельного двигателя СМД-62 в головке блока цилиндров, блоке цилиндров, моторном масле и воздуха во впускном коллекторе при температуре воздуха минус 36°С показан на рисунке 2.

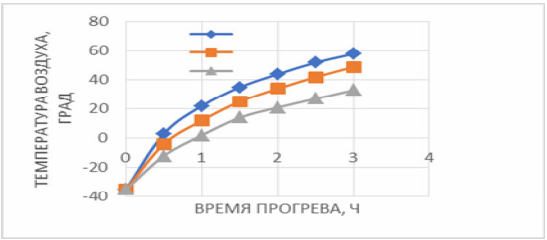


Рисунок 2 – График интенсивности прогрева жидкости системы охлаждения дизельного двигателя СМД-62 в головке блока цилиндров, блоке цилиндров, моторном масле и воздуха во впускном коллекторе
1 – головка блока цилиндров; 2 – блок цилиндров; 3 – впускной коллектор

График зависимости прогрева воздуха во впускном коллекторе дизельного двигателя СМД-62 в зимний период представлен на рисунке 3.

Благодаря проведенному эксперименту для улучшения запуска дизельного двигателя СМД-62 рассмотрена его предпусковая подготовка. Подогрев системы охлаждения дизельного двигателя СМД-62 в течении одного часа с использованием электрического нагрева в диапазоне температур окружающего воздуха от -3°С до -26°С показал, что при данной тепловой подготовке запуск двигателя возможен в течении одной минуты,

а общее время выхода на устойчивую частоту вращения коленчатого вала имеет диапазон от 36 до 1112 с.

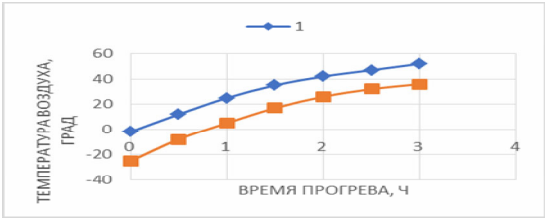


Рисунок 3 – График зависимости прогрева воздуха во впускном коллекторе дизельного двигателя СМД-62 в зимний период: 1 – при -3°С; 2 – при -26°С

При этом наблюдается существенное ухудшение и затруднение процесса запуска и невозможности выхода на устойчивую частоту вращения коленчатого вала двигателя при прогреве менее одного часа, что характеризуется повышенной дымностью, увеличением расхода топлива из-за неполного сгорания топлива и снижением мощности.

Как видно из графика представленного на рисунке 1 при температуре воздуха –25°С дизельный двигатель СМД-62 в течении довольно большого промежутка времени не может выйти на протекание стабильного рабочего процесса.

Наибольший эффект от использования электрического подогрева системы охлаждения дизельного двигателя СМД-62 достигается при работе более двух часов, что характеризуется протеканием стабильного рабочего процесса после пуска (рис. 2). Прогрев системы охлаждения в течении данного времени за счет теплопроводности металла позволяет еще подогреть моторное масло до меньшего значения сопротивления проворачивания коленчатого вала и воздух во впускном коллекторе, что благоприятно сказывается на пусковые характеристики двигателя.

На рисунке 3 показан график зависимости прогрева воздуха во впускном коллекторе дизельного двигателя СМД-62 в зимний период в диапазоне температур от -3°С до -26°С. Как видно с увеличением времени прогрева дизельного двигателя СМД-62 наблюдается повышение температуры воздуха во впускном коллекторе. Трехчасовой прогрев двигателя в диапазоне температур от -3°С до -26°С позволяет подогреть воздух во впускном коллекторе до 53°С и 37°С. При дальнейшей работе подогревателя температура воздуха во впускном коллекторе будет повышаться.

Из довольно большого разнообразия средств и способов тепловой подготовки проведенные исследования по улучшению пусковых качеств дизельного двигателя СМД-62 показали, что одним из наиболее передовых способов улучшения предпусковой подготовки дизельных двигателей является использование электроподогрева жидкости системы охлаждения.

Улучшает пусковые характеристики и обеспечивает нагрев жидкости, масла и впускного воздуха через теплопроводность металла.

Исследование дизельного двигателя СМД-62.

Список использованной литературы

1. Корчуганова, М. А. Средства обеспечения пуска тракторных двигателей в условиях отрицательных температур / М. А. Корчуганова, А. П. Сырбаков // Вестник ИрГСХА. – 2017. – № 80. – С. 134–142.

2. Корчуганова, М. А. Экспериментальные исследования процесса электроразогрева картерного масла / М. А. Корчуганова, А. П. Сырбаков // Инновационные технологии и экономика в машиностроении : Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции, Томск, 21–23 мая 2015 года / Юргинский технологический институт; Ответственный редактор: Д.А. Чинахов. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2015. – С. 460–463.

3. Пустыльников, С. А. Повышение возможности пуска тракторных двигателей в условиях отрицательных температур / С. А. Пустыльников, А. П. Сырбаков, М. А. Корчуганова // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : Материалы X региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 12–13 ноября 2018 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2018. – С. 240–242.

4. Сырбаков, А. П. Улучшение пусковых характеристик дизельного двигателя в условиях отрицательных температур / А. П. Сырбаков // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы" : Материалы IV Национальной научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 25 июня 2020 года. – Кемерово: Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 27–31.

5. Сырбаков, А. П. Совершенствование пусковых характеристик дизельных двигателей в условиях отрицательных температур / А. П. Сырбаков, С. П. Матяш, Н. Н. Бережнов // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы IX Национальной научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 23–24 сентября 2021 года. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 29–36.

Summary. Starting diesel engines in cold weather without pre-start preparation leads to wear on the moving parts of the engine. Electric heating of liquid in the cooling system of diesel engines ensures reliable engine heating and efficient diesel engine starting. To study the heating of the cooling system fluid of the SMD-62 diesel engine, a heating element with a power of 4 kW was used. The results obtained made it possible to identify patterns in the efficiency of preheating using the proposed heater. It was found that the best conditions for starting a diesel engine, with preliminary thermal preparation of the SMD-62 engine using an electric heater, at an ambient temperature of -25 0C, were about 2 hours.

УДК 628.463

Muhammad Bello Garba*[1], Mamuda Muhammad[2], Ademola James Adeyemi[3], Salihu Bala Tajiri[4]

[1] Department of Technical Education, Shehu Shagari University of Education, Sokoto
[2] Department of Mechanical Engineering, Usmanu Danfodiyo University, Sokoto
[3] Department of Mechanical Engineering, Waziri Umaru Federal Polytechnic, Birnin Kebbi
[4] Department of Mechanical Engineering, Umaru Ali Shinkafi Polytechnic, Sokoto
**Corresponding author: bgarba@ssues.edu.ng*

РАЗРАБОТКА УМНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ

DEVELOPMENT OF SMART WASTE MANAGEMENT DEVICE

Аннотация. Управление отходами является одной из давних проблем, с которыми сталкивается человечество. Нынешний метод управления отходами, при котором на уборщиков возлагается обязанность периодически опорожнять мусорные баки. У такого плана есть много недостатков. Современная ситуация показывает, что мусорные баки, расположенные в нашей среде, часто переливаются из-за значительного увеличения количества отходов, образующихся ежедневно. Таким образом, создается нездоровая среда для человека и возникает неприятный запах вокруг такого места. В статье представлено интеллектуальное устройство для управления отходами на базе Интернета вещей, предназначенное для определения присутствия человека, открытия мусорного ведра и отправки SMS-оповещения о его заполнении, что позволяет осуществлять мониторинг в режиме реального времени. Для разработки использовались программирование на C++, Arduino Uno с ультразвуковыми датчиками HC-SR04, GSM-модуль A9, серводвигатели MG 99R, светодиоды и Li-Po аккумулятор. Тесты показали, что крышка открывается на расстоянии от 40 до 70 см, оставаясь закрытой за пределами этого диапазона. Однако, когда мусор достигает уровня 33 см от дна контейнера, через 30 минут отправляется SMS-оповещение, что помогает отслеживать уровень отходов в режиме реального времени.

Abstract. Waste management is one of the long-time challenges encountered by the human race. The present method of waste management, where cleaners are saddled with the responsibilities to empty the waste bins periodically. Such plan has a lot of demerits. The present-day situation shows that waste bins positioned in our environment are often times spilled over due to the significant rise in waste generated daily. Thus, creating an unhealthy environment for the citizens and producing foul odor around such location. The paper presents an IoT-based smart waste management device designed to sense human presence, open the bin, and send SMS alerts when full, allowing real-time monitoring. C++ programming, Arduino Uno with HC-SR04 ultrasonic sensors, A9 GSM Module, MG 99R servo motors, LEDs, and Li-Po battery were used for the development. Tests revealed that lid opens at distances between 40cm and 70cm, remaining closed beyond this range. However, when trash reaches a level of 33cm from the bin bottom, an SMS alert is sent after 30 minutes, aiding in real-time waste level monitoring.

Ключевые слова. Отходы, IoT, мусорное ведро, умный, разработка

Keywords. Waste, IoT, bin, smart, development

Introduction

Waste management is one of the long-time challenges encountered by the human race. In fact, it's as old as the human existence itself. Due to the fast pace of urbanization, waste management is becoming a bigger issue each day in each developed and developing countries (Norfadzlia *et a*l., 2018) and Nigeria is not an exemption. Ayodeji *et a*l., (2020) believed that the fight for a sustainable future will be lost or won in the cities. Precisely, how we collect, dispose, treat and manage waste generated (UN, 2019). The urge for smart sustainable cities, technological advancement in the nations of the world, rise in population, increase in human activities and pattern of production and consumption has given rise to generation of huge volume of waste that must be properly disposed, treated and managed to ensure sustainable environment and a decent living for the increased population (Likotiko, 2018).

The waste created from various sources will lead to environmental pollution arising without an effective and well- organized solid waste management. Besides, this can also bring to serious health hazard and lead to the spread of infectious diseases. An effective solid waste management practices need to be updated to suit the current waste quantity and composition (Norfadzlia *et a*l., 2018). As a matter of fact, Jože *et a*l., (2022) affirmed that The World Bank predicts that the amount of waste generated annually will increase from 2.01 billion tons in 2016 to 3.40 billion tons in 2050 (Kaza *et a*l., 2018). However, the need to sustain a clean and healthy environment is a global concern (Sarkis *et a*l., 2017). Sonawane *et a*l., (2019) stated that population increase translated

to increase in waste generation in our environment and waste management has turned out to be a global challenge. Waste management in this present-day require taking the right decision and approach in tackling the challenges. The change in people's lifestyle has also led to an increase in the generation of waste (Kumar *et a*l., 2017).

In one lifetime, an individual produces on average 600 times as much waste as that person weighs (Jože *et a*l., 2022). Daily activities aimed at reducing waste collection in landfills and at recycling and waste prevention can help solve the problem (Polajnar *et a*l., 2015). Human use products and these products become wastes after their uses and needed to be dumped. The waste ranges from solid (refuse) to liquid (sewage) waste. In this research, however, the focus is on solid waste and more importantly waste generated in offices and places of work. In offices of the Usmanu DanFodiyo University, Sokoto, common waste includes but not limited to used papers, tin cans, plastic bottles, water sachets, plastic bags(nylon) and et cetera.

Method and materials

As the smart waste bin tailored for office spaces, factors such as the optimal bin height and capacity to ensure suitability within office environments were evaluated, for corrosion resistance and aesthetic appeal stainless material was selected.

Design Calculations

The design underwent some important calculations from the cover and base area calculation, volume of the container calculation to the electrical and automation calculation.

The Cover and the Base Area*:* The cover and base are in circular form. Therefore, the area will be computed using

$$A = \pi r^2$$

Where: A = Area

r = radius of base and cover = $d / 2$

Therefore,

$$A = \pi\left(\frac{34}{2}\right)^2,$$

$$A = 907{,}92\ cm^2,$$

$$A = 0{,}09079\ m^2.$$

Hence, the area of the cover and base is approximately 0.09 square metre or 908 square centimetre.

The Volume of the Container**:** The volume of the trash container can be calculated using the formula of the volume of cylinder as follows:

$$V = \pi r^2 h.$$

Where: V = volume of cylinder;
r = radius of base and cover; and
h = the height of the cylindrical container.
Therefore,

$$V = 0,04086\ m^3 .$$

Therefore, the maximum volume of the trash containing cylinder is approximately 0.04 cubic metre or 41 Litre.

Automation and Electrical Calculations

Servo motor capacity: 1/4 hp = 186.5 W DC
Power source ratings: 10,000 mAh
Input DC: 5.0 V, 2.1 Amps.
Output I (DC): 5.0V, 2.1 Amps.
Output 2 (DC): 5.0V, 2.1 Amps
The power is calculated from the formula

$$P = I \cdot V .$$

Therefore,

$$P_{output\,1} = 2,1 \times 5 ,$$

$$P_{output\,1} = 10,5\,W .$$

Similarly,

$$P_{output\,2} = 2,1 \times 5 ,$$

$$P_{output\,2} = 10,5\,W .$$

Hence,

$$P_{total} = P_{output\,1} + P_{output\,2} ,$$

$$P_{total} = 10,5 + 10,5 = 21\,W .$$

Where: $P_{output\,1}$ = DC Power of output 1,

$P_{output\,2}$ = DC Power of output 2,

P_{total} = Total power.

Sensor1 (trash level detector) =33cm
Sensor 2 (Human approach detector) = Between 40cm and 70cm
Cylindrical shape, height= 50cm–5cm (power bank spot) = 45cm
Diameter of the lid = 34cm = 0.34m
Motor blade rotates from 0°– 175/180°, Lid rotates from 0° – 85°/270°

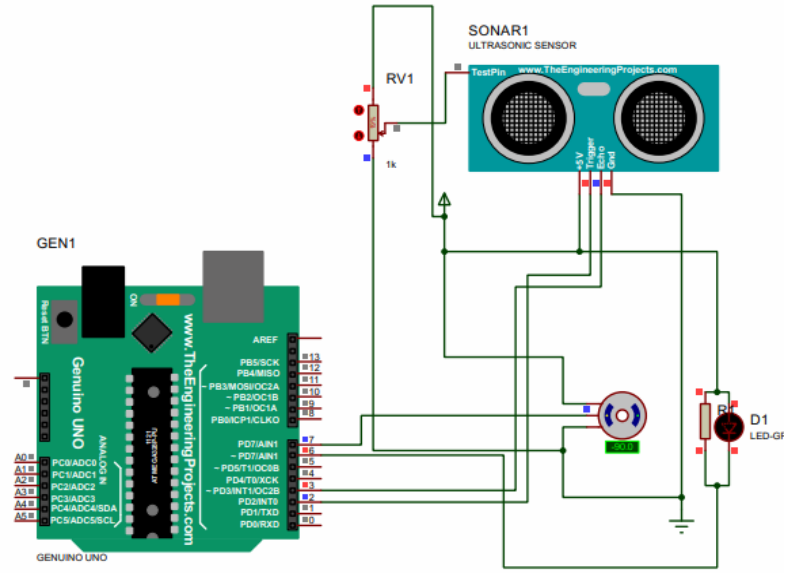


Figure 1 – Principle of Operation of the System

The system works by following the signal from the microcontroller incorporated with the sensors and other components. When a person approaches the bin (Figure 1*a*), the first ultrasonic sensor (comprises two speakers for sending and receiving signals) placed in front of the bin detects the human presence within the range of 40cm and 70cm. The first of the two speakers sends a wave signal that bounces back to the second after hitting a barrier (i.e. the dumper). If the person is within the range of 40cm and 70cm, the green LED pops up, the buzzer makes sound and consequently the bin opens (Figure 2*b*). If the dumper is not within this range- either closer than 40cm or farther than 70cm, the bin remains closed. Once the waste has been dumped and the dumper recedes outside the stated range (i.e. 40 to 70cm), the bin closes on its own without help from anyone.

Furthermore, the second ultrasonic sensor placed inside the bin, using the same principle as above monitors the waste level. At the height of 33cm of the waste level, in incorporation with the SIM module sends SMS to the person in charge for offloading. At this point of the filled level, the red LED remains ON. This will sensitize the person that wants to dump that the bin is filled up.



a *b*

Figure 2 – Developed smart waste bun device closed (*a*) and opened (*b*)

Results and discussion

From the test performed, the lid opens at distances between 40cm and 70cm, remaining closed beyond this range. Additionally, when trash reaches 33cm from the bin bottom, an SMS alert (Figure 3) is sent after 30 minutes, aiding in real-time waste level monitoring. Compared to existing systems, this IoT-based solution stands out, offering comprehensive waste management capabilities. From the test performed on the waste bin it was discovered that:

i. At a distance of $x > 70$cm, the cover of the waste bin remains closed (Plate 4.1a.)

ii. At a distance of $40\text{cm} \leq x \leq 70\text{cm}$, the bin cover opens and remains open (Plate 4.1b.)

iii. At a distance $x < 40$cm, the waste bin cover closes back and remains closed.

iv. At the height of $x \geq 33$cm from the bottom of the container, the trash detecting sensor senses the waste and sends SMS to the collector.

v. The green LED appears when the dumper is within the range and the bin will open and goes off when the dumper recedes.

vi. The red LED will appear continuously when the bin is filled up and hence sensitizes the dumper of its status.

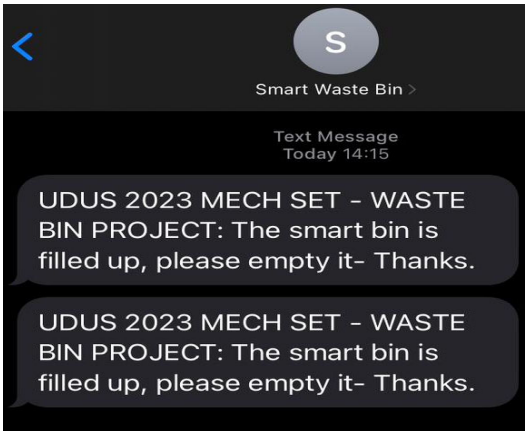


Figure 3 – SMS alert sent to the collector

Conclusion and recommendations

The device was modelled using 3-D modeling AutoCAD software and simulated using Auto-desk Fusion-360. Stainless steel was for the fabrication with rivetted joints. After testing and evaluation for its efficiency, it found that the lid opens at distances between 40cm and 70cm, remaining closed beyond this range. Additionally, when trash reaches 33cm from the bin bottom, an SMS alert is sent after 30 minutes, aiding in real-time waste level monitoring. Based on the results of the study, recommendations were suggested as follows:

i. The bin can be made to segregate waste into biodegradable or non-biodegradable waste to enhance recycling.

ii. Facility for mobility of the waste bin can be incorporated with remote control to enable one move the waste bin closer to him or her for convenience purpose.

iii. Facility for categorization of waste products can be incorporated to classify waste product according to their types for better management.

References

1. Noiki A. et al. Smart waste bin system: a review // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – Vol. 655. – No. 1. – pp. 012036.

2. Jože Guna, Katarina Polajnar Horvat, Dan Podjed. Invisible Life of Waste: Development of an Ethnography-based Solution for Waste Management in Households // L6-9364.

3. Kaza S. et al. What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. – World Bank Publications, 2018.

4. Kumar S. et al. Challenges and opportunities associated with waste management in India // Royal Society open science. – 2017. – Vol. 4. – No. 3. – pp. 160764.

5. Likotiko E. et al. Real time solid waste monitoring using cloud and sensors technologies // The Online Journal of Science and Technology-January. – 2018. – Vol. 8. – No. 1.

6. Yusof N. M. et al. Smart waste bin with real-time monitoring system //International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – Vol. 7. – No. 2.29. – pp. 725–729.

6. Polajnar Horvat, K. Georitem. Environmentally Friendly Behavior // ZRC Publishing, Anton Melik Geographical Institute: Ljubljana, Slovenia. – 2015.

7. Sarkis J., Zhu Q. Environmental sustainability and production: taking the road less travelled // International Journal of Production Research. – 2018. – Vol. 56. – No. 1-2. – pp. 743–759.

8. Sonawane T. P. D. N.D, Mandhare Gulab M., Dixit Shweta P., Londhe Sonali P. Smart Waste Management System Using IoT // Int. J. Res. Arts Sci. – 2019. – Vol. 5, No. Special Issue, – pp. 65–72.

УДК 631.315.6

Бекбосынов С.[1], кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;
Абдильдин Н.К.[2], кандидат технических наук, профессор
[1]ТОО «НПЦ Агроинженерии», г. Алматы, Республика Казахстан,
[2]Казахский национальный исследовательский университет,
г. Алматы, Республика Казахстан

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕДПОСЕВНОЙ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАБОЧЕГО ОРГАНА С ГИБКИМ ЭЛЕМЕНТОМ

Аннотация. Цель исследований – создать схему рабочего органа для предпосевной подготовки почвы с применением гибкого рабочего органа в виде троса. На основе анализа различных типов и принципов действия рабочих органов составлена принципиальная схема рабочего органа с гидровибратором, в которой применен гибкий элемент в виде троса.

Abstract. The purpose of the research is to create a diagram of a working body for pre-sowing soil preparation using a flexible working body in the form of a cable. Based on an analysis of various types and operating principles of working bodies, a schematic diagram of a working body with a hydraulic vibrator was drawn up, in which a flexible element in the form of a cable is used.

Ключевые слова. Рабочий орган с гибким элементом, гидровибратор, компенсатор, винтовой механизм, дроссель-расходомер.

Key words. Working body with a flexible element, hydraulic vibrator, compensator, screw mechanism, throttle-flow meter.

Качество предпосевной обработки почвы является одним из основных факторов. Влияющих на получение своевременных дружных всходов семян и в конечнем стчете высокого полноценного уражая сельскохозяйственных культур.

В условиях Юго-востока Казахстана приемы и орудия предпосевной обработки почвы должны обеспечить максимальное сохранение влаги в почве, полное подрезание и очистку поля от сорняков. Создание разрыхленного мелкокомковатого слоя на глубину посева семян. При этом обязательным условием предпосевной обработки почвы является выравненность поверхности поля и отсутсвие в верхнем слое почвенных комков размером более 10 мм [1].

Подготовленная к посеву почва должна соответствовать следующим агротехническим требованиям: быть мелкокомковатой и хорошо разрыхленной до глубины посева семян, иметь уплотненное ложе для лучшего контакта семян с почвой и свободного доступа к ним воздуха, тепла и влаги.

В настоящее время для предпосевной обработки почвы применяются преимущественно комбинированные орудия, имеющих различные комбиниции подрезающих, рыхлящих, вычесывающих, выравнивающих и прикатывающих рабочих органов различного конструктивного исполнения. Как показывает обзор современных комбинированных агрегатов для предпосевной обработки почвы. Большинство из них оснащены бесприводными ротационными рабочими органами, размещенными в задней части машины и выполняющие роль бороны и прикатывающего катка одновременно. Такие рабочие органы выполняют завершающую операцию выравнивания и создания мелкокомковатого уплотненного поверхностного слоя и оказывают существенное алияние на качество предпосевной обработки почвы. Применение таких типов комбинированных агрегатов для предпосевной подготовки почвы в зависимости исходного состояния обрабатывемого слоя почвы не всегда обеспечивается требуемое качество обработки почвы, которое выражается недостаточной выровненности поверхности поля и однородности по плотности обработанного слоя почвы.

Целью данной работы является совершенствование комбинированного агрегата для предпосевной подготовки почвы с применением рабочего органа вибрационного действия с гибким элментом в виде троса, обеспечивающий снижение энергетических затрат и повышения качества обработки почвы.

Обзор научно-технической и патентной литературы проводился согласно требованиям СТ РК ГОСТ Р15.011-2005. Анализ источников ведущих зарубежных стран проводился по бюллетеням «Изобретения стран мира», и официальным бюллетеням государств СНГ, а также по международным базам данных Elsevier. Определены тенденции развития отрасли и технический уровень известных разработок. На их основе обоснованы и предложены варианты технико-технологических решений.

Изучение качественных показателей работы различных типов рабочих органов с высоким эффектом отличаются рабочие органы с проволокой, имеющей минимальную поверхность трения.

Результатами специальных исследовании были определены возможности и целесообразности использования для регулирования агрофизических

свойств поверхностного слоя почвы проволоки или троса малым диаметром, и в дальнейшем которого будем называть гибким элементом. Схема воздействия гибкого элемента на почвенный слой представлена на рисунке 1.

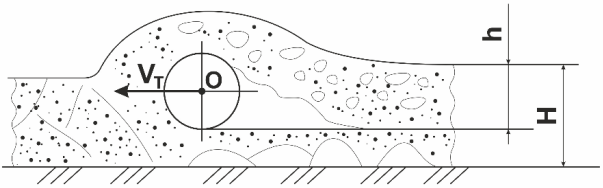


Рисунок 1 – Схема предполагаемого воздействия гибкого элемента с почвенным слоем

Изучение процесса работы гибкого элемента в почвенной среде показали, что под его воздействием в почве образуется валок, при движении которого на поверхности поля обеспечивается засыпка микронеровностей почвы па глубине обработки почвы h, при глубине основной обработки почвы H. Причем высота валка существенно превышает размеры поперечного сечения гибкого элемента.

Кроме того, из анализа схемы воздействия на почву гибкого элемента с круглой формой поперечного сечения видно, что он с одновременным рыхлением поверхностного слоя почвы обеспечивает уплотнение ее нижних слоев.

Для установления физической сущности процесса взаимодействия гибкого элемента с почвенным слоем воспользуемся имеющимися гипотезами и результатами Пигулевского В.П., Зеленина А.Н. и других. При этом проволоку с поперечным сечением в виде круга рассматриваем как одну из разновидностей клина с тупым лезвием.

Например, рассмотрим следующее условие:

$$\alpha + \varphi > 90°, \qquad (1)$$

где α – угол крошения;

φ – угол внешнего трения почвы.

Известно, что с увеличением угла крошения до величины, когда выполняется данное условие (1), почва перестает двигаться по клину и сгруживается впереди него. В этом случае напряжения сдвига на поверхности раздела почва-трос превышают внутреннюю прочность почвы и сдвиг пласта происходит не по поверхности троса, а в почвенном теле. Данное явление является нормальным и не препятствует процессу обработки почвы [2]. В этом случае часть уплотненной почвы, которая перемещается вместе с тросом образует почвенное ядро, обеспечивающее перемещение почвы и однородности плотности обрабатываемого слоя.

Причем угол крошения почвы в таком клине в каждой его точке не является постоянным и определяется исходным состоянием почвенного слоя. При иных значениях углов крошения и внешнего трения почвы может быть

выполнено условие при сумме углов меньше 90°, то есть происходить свободное скольжение почвенной массы по поверхности троса, которое является условием эффективной работы рассматриваемого типа рабочего органа. В связи с вышеизложенным, с учетом результатов известных и поисковых исследований, возникла необходимость в разработке предлагаемых рабочих органов почвообрабатывающей машины.

В то же время, как показывают исследования в области разработки новой почвообрабатывающей техники, обеспечение дальнейшего повышения эффективности, качества и снижения энегоемкости технологических процессов обработки почвы возможно за счет совершенствования орудий на основе применения различных видов вибраций и импульсных методов воздействия на обрабатываемую среду. В случае реализации вибрационного взаймодействия рабочего органа с почвой, уровень тягового сопративления существенно снижается и повышается эффективность обработки почвы. Для реализации такого взаимодействия с почвенной средой могут быть рассмотрены два подхода [3, 4].

При первом подходе вибрационное взпимодействие реализуется в форме автоколебательного процесса, обусловленного взаимодействием рабочего органа и почвенной средой. При втором случае вибрационное взаимодействие обеспечивается специальной системой принудительного вибровозбужения. Эти подходы в принципах действии машин и орудий осуществляется различными схемами . Первый подход является наиболее простыми и обеспечивается в основном за счет механических параметров системы, что не позволяет добиться оптимизации уровня взаймодействия с почвой без изменения характерных параметров механической системы.

В настоящее время в Казахском национальном исследовательском университете ведутся исследования по совершенствованию комбинированного агрегата для препосевной подготовки почвы с установкой рабочего органа с гибким элементом вибрационного действия.

На основании анализа существующих машин для поверхносной обработки почвы для повышения их эффективности нами предлагается применения при усовершенствовании почвобрабатывающего орудия устройства-рабочего органа с гибким элементом вибрационного действия (рис. 2).

Устройство-рабочий орган с гибким элементом включает винтового механизма *3* для регулирования положения гибкого элемента *2*, жестко закрепленного к раме *1* комбинированного агрегата, компенсатора пружинного типа для обеспечения исходного натяжения гибкого элемента *2* и гидровибратора *5*, соединенного гидравлической системе трактора.

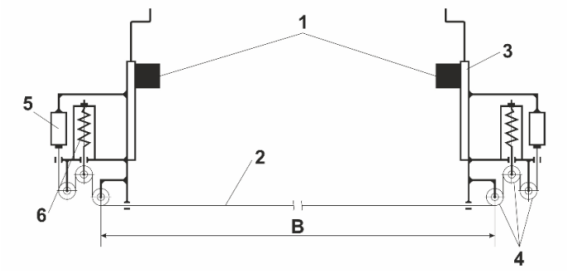


Рисунок 2 – Схема устройства-рабочего органа с гибким элементом

Почвообрабатывающее орудие, установленное устройство-рабочий орган с гибким элементом работает следующим образом. На рабочем ходу орудия гидровибратор создает вибрации гибкого элемента, тем самым последний совершая колебательное движение в почвенной среде дополнительно разрыхляет почву, выравнивет и создает условие равномерности плотности обрабатываемого слоя почвы. При этом гидровибратор выполнен с возможностью регулирования частоты колебания посредством дроселля-расходомера из кабины трактора.

Устройство-рабочий орган с гибким элементом является универсальным устройством: благодаря винтового механизма *3* можно добиться регулирование на требуемую глубину обработки почвенного слоя гибким элементом *2*, а также компенсатор пружинного типа позволяет настроить устройства на различные ширины захвата *B* агрегатов (рис. 2).

Таким образом, применение комбинированного агрегата с рабочим органом с гибким элементом обеспечивает условия создания мелкокомковатого посевного слоя с оптимальным для прорастания семян сложением и выровненной поверхностью почвы, уменьшения испарения влаги, очищения поля от всходов сорняков и создания уплотненного семенного ложа для обеспечения равномерной заделки семян на оптимальную глубину. Использование вынужденных и автоколебаний гибкого элемента рабочего органа в различных сочетаниях позволяет повысить качество крошения почвы, снизить затраты энергии и расход топлива. Преимуществом рассмотренного устройства с гибким элементом является его компактность и возможность работать в тяжелых условиях почвенной среды.

Список использованной литературы

1. Рзалиев, А.С. Влияние различных способов обработки почвы на ее агрофизические показатели / А.С. Рзалиев [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 12. – С. 105–109.

2. Пащенко, В.Ф. Физическая сущность процесса взаимодействия с почвой рабочего органа с гибким элементом / В.Ф. Пащенко, Ю.Н. Сыромятников, Н.С. Храмов // Сельское хозяйство. – 2017. – № 3. – С. 33–42.

3. Мяло, В.В. Энергосберегающие технологии при обработке почвы / В.В. Мяло, В.В. Мазуров // Вестник ОмГАУ.– 2016. – № 3 (23). – С. 242–246.

4. Заярный, С.Л. Анализ конструктивных схем квазимеханизмов в рабочих органах сельскохозяйственных машин / С.Л. Заярный, И.О. Лесовский // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2017. – Вып. 5. – С. 52–58.

Summary. The use of forced and self-oscillations of the flexible element of the working body in various combinations makes it possible to improve the quality of soil crumbling, reduce energy costs and fuel consumption. The advantage of the considered device with a flexible element is its compactness and the ability to work in difficult soil conditions.

УДК.363.258/638.178

Сапарғали А.Ж., докторант;
Кайрбаева А.Е., PhD
Алматинский технологический университет,
г. Алматы, Республика Казахстан

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СООТНОШЕНИЯ ПЕРГИ И ВОСКА В ПЧЕЛИНЫХ СОТАХ

Аннотация. В настоящей статье представлена ценность пчелиных продуктов в том числе перги для жизнедеятельности человека, которая содержит множество полезных веществ, таких как витамины, аминокислоты, и ферменты что делает ее ценным пищевым и лечебным продуктом. Пчеловоды и пчеловодческие хозяйства являются поставщиками перговых сотов, которые идут вначале на переработку, а затем перга на реализацию. Чтобы затраты на переработку не превысили стоимость полученной перги, необходимо знать, как расположен перги в сотах.

Abstract. This article presents the value of bee products, including bee bread, for human life, which contains many useful substances, such as vitamins, amino acids, and enzymes, which makes it a valuable food and medicinal product. Beekeepers and beekeeping farms are suppliers of bee bread, which first go for processing, and then bee bread for sale. In order for the processing costs not to exceed the cost of the resulting bee bread, it is necessary to know how the bee bread is located in the honeycomb.

Ключевые слова. Перга, сота, воск, пыльца, фракция, пчеловодство, пыльца.

Keywords. Pearl, honeycomb, wax, pollen, fraction, beekeeping, pollen.

Пчеловодства является одной из важных отраслей во всем мире. В последние годы в Казахстане уделяется большое внимание на развитие пчеловодству. В процессе своей жизнедеятельности пчелы производят ряд ценнейших продуктов: маточное молочко, мед, пчелиный яд, воск, прополис, обножку, пергу и другие. Одним из самых полезных продуктов пчеловодства является перга – производная от цветочной пыльцы. По сравнению с пыльцой перга обладает лучшей усвояемостью и дольше хранится, она богата витаминами и незаменимыми аминокислотами [1, 2]. В последние годы интерес к перге резко возрос благодаря многим ее преимуществам перед пыльцой. Она сбалансирована по всем питательным веществам, незаменимым аминокислотам, поскольку готовится пчелами на основе пыльцы разных видов растений, а пыльца некоторых не содержит отдельные незаменимые аминокислоты (например, в пыльце одуванчика отсутствуют три, а в пыльце ивовых – две незаменимые аминокислоты). Перга становится микробиологически стерильной с наличием дрожжей лишь нескольких видов, из пыльцы выделено 148 видов дрожжей. В перге полностью отсутствуют микотоксины (продукты жизнедеятельности грибков, которые очень быстро развиваются во влажной пыльце). У перги значительно шире спектр воздействия на организм человека вследствие более богатого набора и максимальной сохранности биологически активной ее части. Хранится перга дольше, чем пыльца, связано это с тем, что перга герметично закрыта в ячейках сотов медо-перговой крышечкой. В сухом, прохладном месте перга сохраняет свои свойства до 17 лет, а не 1 год, как пыльца, которая уже на стадии консервации и сушки теряет очень много биологически активных веществ. На получение перги пчеловод затрачивает меньше труда по сравнению с заготовкой пыльцы, что определяет более низкую ее себестоимость и большую доступность массовому потребителю [1, 2]. Перга является незаменимым белковым кормом для личинок и взрослых пчел. В настоящее время пергу получают в промышленных масштабах, и она нашла применение в медицине, косметологии, пищевой, витаминной и других промышленностях [3, 4]. Так же бесспорным фактом, подтвержденным многими исследователями, является незаменимость перги в качестве белковой подкормки, необходимой для питания пчел [5, 6].

Пчеловоды и пчеловодческие хозяйства являются поставщиками перговых сотов, которые идут вначале на переработку, а затем перга на реализацию. Чтобы затраты на переработку не превысили стоимость полученной перги, необходимо знать, как можно рассчитать количество перги в соте. Это можно сделать по следующей методике.

Масса гранулы перги в соте определяется по формуле

$$M_г = \rho_п V_г,$$

где $\rho_п$ – плотность перги в соте кг/м^3;

$V_г$ – объем гранулы перги, м^3.

Для определения физико-механических свойств перги и воска и их компонентов было отобрано 10 пчелиных рамок. В среднем 1 пчелиная рама весит в среднем около 900–1000 гр (рисунок 1).



Рисунок 1 – Вес пчелиной рамки с сотой

Для определение расположении перги и воска в сотах, разделено по фракциям. В каждой фракции расположение перги по разному (рисунок 2). Каждая фракция разделено по частям. Потерия из пчелиного гнезда и деления их на фракции составляет 6 гр. Общая масса пчелиных сот после деления на фракции составляет 715 гр.

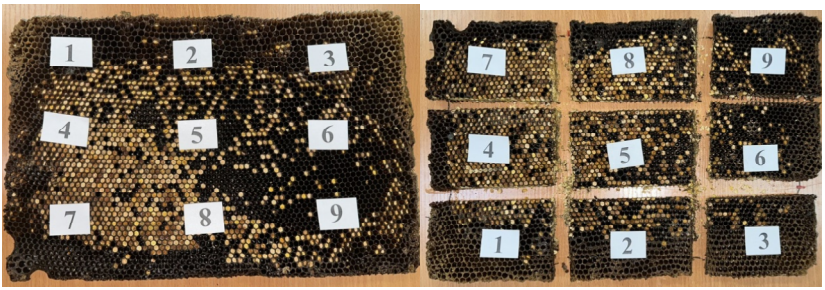


Рисунок 2 – Сота разделенный по фракциям

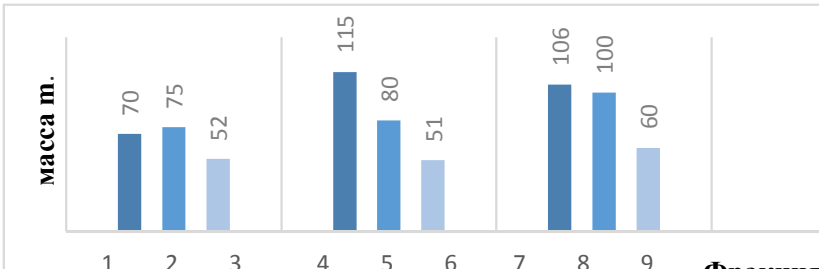


Рисунок 3 – Масса каждой фракции



Рисунок 4 – Агрегат АИП-10

После измельчение, надо пропустить через сит. Решетки ситы размеры разные (таблица 1).

Таблица 1 – Масса продукта оставшиеся в каждом сите

№	Масса с 1 решетки *m*, гр	Масса с 2 решетки *m*, гр	Масса с 3 решетки *m*, гр	Ауада жоғалған масса *m*, гр
1	6	21	24	6
2	9	4	30	8
3	7	13	19	4
4	8	58	27	12
5	6	33	22	10
6	6	15	22	8
7	7	54	34	7
8	9	48	26	15
9	8	25	19	8

После просеивание каждая фракция разделено по размером решетки на 4 части (рисунок 5).



Рисунок 5 – 9 фракций разделенных по размером решетки

Видно после просеивание потеря перги составила в среднем 5,8–6,9 гр. Чтобы потери перги минимизировать надо механическое воздействия.

Таблица 2 – Потерия и общая масса после просеивание перги и воска

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Потерия *m*, гр	Общая масса *m*, гр
Масса перги, *m*, гр	15,7	17,1	7,5	53	30,1	11,7	74	38,9	15,6	5,9	242,5
Масса воска, *m*, гр	49,0	55,5	40	53,6	44,9	40,9	55,9	59,8	43,7	–	443,3

Выводы. Недостаточный показатель потребления пчелиных продуктов населениями Республики Казахстан связаны недостаточным объемом производства продуктов из-за низкого уровня развития отрасли и низкой производительности продуктов пчеловодческими хозяйствами. Для разработки технологии и технические средства надо знать потери, затраты и объем расположения перги в сотах.

Список использованной литературы

1. Астраускене, А.Э. Исследование амино- и жирнокислотного состава перги / А.Э. Астраускене, Г.С. Швирмицкас, В.П. Швирмицкене // Апитерапия и пчеловодство. – Гадяч, 1991. – С. 187–190.

2. Астраускене, А.Э. Что мы знаем о перге / А.Э. Астраускене, К.В. Кадзяускене // Пчеловодство. – 1990. – № 7. – С. 30–32.

3. Билаш, Н.Г. Влияние запасов перги на качество пчел / Н.Г. Билаш // Пчеловодство. – 1990. – № 4. – С. 6–7.

4. Бронников, В.И. Цветочная пыльца в питании человека, медицине и косметике / В.И. Бронников // Новые разработки в технологии кормоприготовления : Материалы научно-практической конференции. – Рязань, 1991. – С. 137–140.

5. Сокольский, С.С. Научно обоснованная технология производства продуктов пчеловодства / С.С. Сокольский, Н.И. Кривцов, В.И. Лебедев. – Краснодар : «Агропромполиграфист», 2000.

6. Макарова, В.Г. / Продукты пчеловодства : биологические и фармакологические свойства, клиническое применение. Избранные лекции // В.Г. Макарова [и др.]. – Рязань, 2000. – 198 с.

7. Лебедев, В.И. Перга и ее заготовка на пасеке / В.И. Лебедев // Пчеловодство. – 2005. – №8. – С. 50–51.

Summary. Insufficient consumption of bee products by the population of the Republic of Kazakhstan is associated with insufficient production of products due to the low level of industry development and low productivity of products by beekeeping farms. For the operation of technology and technical means, you need to know the losses, costs and volume of the location of the pearl in the cells.

УДК 620.93

Кудашева А.Б.[1,3], докторант, младший научный сотрудник;
Хазимов М.Ж.[1,2,3], кандидат технических наук, профессор;
Ниязбаев А.К.[1,2], PhD, научный сотрудник
[1]*Институт проблем горения, г. Алматы, Республика Казахстан,*
[2]*Казахский национальный аграрный университет,*
г. Алматы, Республика Казахстан,
[3]*Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева,*
г. Алматы, Республика Казахстан

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ПОДАЧИ ВОЗДУХА В ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ КОТЛАХ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Аннотация. Показаны пути повышения эффективности работы котла малой мощности сжигающий твердое топливо путем совершенствования его конструкции для сжигания в полнослойном режиме. На основе анализа конструкции топочных систем котлов малой мощности модифицирована конструкция топочной камеры. Изложены результаты проведенного испытания усовершенственного котла малой мощности по предлагаемой схеме и определены технико-экономические показатели, которые свидетельствуют о повышении эффективности работы котла в сравнении с котлами малой мощности с колосниковой решеткой и обоснованность применение их в сельской местности.

Ключевые слова. Котел малой мощности, твердое топливо, неподвижный слой, уголь, колосниковая решетка, воздушные форсунки.

Abstract. Ways to improve the efficiency of a low-power boiler burning solid fuel by improving its design for combustion in full-layer mode are shown. Based on the analysis of the design of the furnace systems of low-power boilers, the design of the furnace chamber was modified. The results of the test of an improved low-power boiler according to the proposed scheme are presented and technical and economic indicators are determined, which indicate an increase in the efficiency of the boiler in comparison with low-power boilers with a grate and the validity of their use in rural areas.

Keywords. Low-power boiler, solid fuel, non-moving bed, coal, grate, air nozzles.

Котлы малой мощности, сжигающие уголь, являются важным элементом инфраструктуры сельской местности. Они обеспечивают надежное и эффективное теплоснабжение, используя доступное и экономически выгодное топливо (уголь). Эти котлы обычно имеют мощность от 10 до 100 кВт и могут обслуживать площадь от 100 до 1000 квадратных метров.

Однако разработка базовых принципов для котлов малой мощности со слоевым сжиганием относится ко второй половине XIX и началу XX веков. Известные котлы: котлы серии «Братск», «Минск», отопительный твердотопливный котел КВР-50К «Теплотрон», твердотопливные котлы сверх длительного горения типа «Энергия ТТ» могут работать только на отборных топливах, а именно на углях с большим размером фракций.

Большинство предприятий особенно в сельской местности снабжаются несколькими водогрейными котлами малой мощности для сжигания твердого топлива. Котлы имеют камеру сжигания топлива в плотном слое и снабжаются колосниковой системой. Такие конструкции котлов после загрузки топлива не подвергаются управлению, поэтому следует производить загрузку с учетом температуры нагрева и при необходимости произвести догрузку топлива. Кроме того, котлы, снабженные колосниковой системой, требуют определенный запас вытяжки воздуха. После загрузки топлива особо мелкие частицы топлива вместе с воздухом вытягиваются в атмосферу образуя темный копыт (вместе с выхлопным газом) после загрузки. Оставшиеся мелкие частицы через колосниковую решетку попадают в зольник и безвозвратно удаляются вместе с золой. Таким образом, потеря твердого топлива в колосниковых котлах в зависимости от степени измельчения достигает до 10–15%. Поэтому усовершенствование конструкции существующих или разработка новой конструкции котлов таких типов является актуальной задачей.

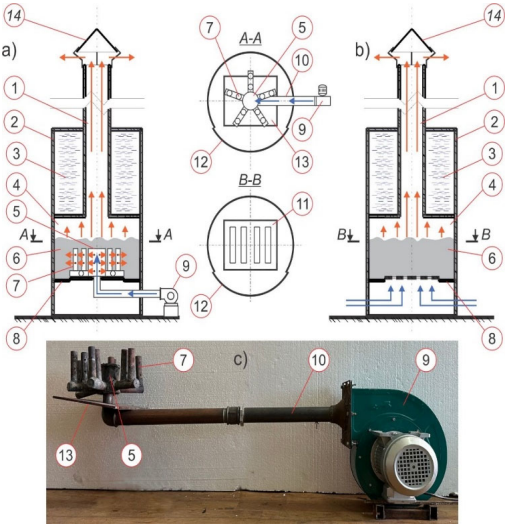
Цель: повысить эффективность работы котлов малой мощности промышленных предприятиях.

В Казахстане около 25 % тепловой энергии вырабатывается малыми котельными, которые характеризуются КПД на уровне 60 %, что приводит к перерасходу более 645 тыс. тонн условного топлива в год, а также к дополнительным выбросам в окружающую среду.

До настоящего времени в Казахстане также актуален вопрос замены устаревших водогрейных котлов малой тепловой производительности (до 3,15 МВт), в том числе на твердом топливе на новые водогрейные котлы с КПД на уровне 84–88 % и с режимом сжигания твердого топлива с существенно сниженными выбросами CO_2, SO_2 и других вредных и токсичных выбросов. Учитывая современные тренды в мире и в Казахстане по декарбонизации, рост экологического давления на окружающую среду, рост цен на первичные энергоресурсы, требуется срочно осуществлять внедрение новых технологий сжигания топлива, в том числе на малых котельных, со снижением значительных расходов топливных ресурсов, с резким сокращением выбросов парниковых газов и токсичных веществ в атмосферу. В регионах, где отсутствует газоснабжение эта задача является важной.

Для повышения эффективности сжигания угля в слое предлагается усовершенствованная конструкция котла, разработанная авторами [1–3]. Разработанная топка и конструкция котла малой мощности представленная на рисунке 1 в целом имеет ряд характерных отличий от существующих котлов: вместо

колосниковой решетки используется цельнометаллическая плита, что позволяет избежать попадания мелких частиц угля в поддон для золы; поток воздуха регулируется с помощью вертикальных воздухораспределителей в слое угля, имеющих радиальные отверстия в горизонтальном направлении. Кроме того, исключение подачи воздуха через колосниковую решетку позволит: снизить скорость воздушного потока в 2–2,5 раза, поскольку увеличивается время нахождения в теплообменнике; избежать выноса особо мелких частиц угля и выделения дополнительного тепла при сгорании этих частиц.



1 – труба; *2* – контур котла; *3* – вода; *4* – топочная камера; *5* – центральный воздухонагнетатель; *6* – слой угля; *7* – боковые воздухозаборные трубы; *8* – основание камеры сгорания; *9* – вентилятор для забора воздуха; *10* – линия забора воздуха; *11* – колосниковая решетка; *12* – дверца; *13* – плоская пластина; *14* – даг (выступ)

Рисунок 1 – Схемы котлов (*a*) усовершенствованного исполнения и (*b*) классического исполнения с колосниковой решеткой

В предлагаемом водогрейном котле топливо загружают через дверцы реакционной камеры которого, размещен ряд горизонтально установленных труб подачи воздуха с вертикальными форсунками. Радиальные отверстия на вертикально установленных форсунках (могут быть выполнены в два ряда), позволяют направить поток воздуха в горизонтальном направлении по всему слою, и обеспечить более полное сгорание загруженного слоя топлива, за счет чего повышается КПД котла.

Испытания усовершенственного котла малой мощности по предлагаемой схеме для определение технико-экономических показателей, проводились путем сжигания угля в котле с изменением способа по-

дачи воздуха: классическим способом через колосниковую решетку и без решетки с использованием воздуходувов в слой угля. В процессе исследования оценивались тепловые характеристики котла с помощью измерительных приборов, отслеживающих изменение температуры воздуха в помещении и воды в баке со временем. Содержание токсичных твердых примесей в дымовых газах измерялось с помощью газоанализатора Testo-300 в соответствии с заводской инструкцией по эксплуатации устройства.

Результаты испытаний: содержание оксида углерода (CO) и углекислого газа (CO□) в отходящих газах в предлагаемой схеме, ниже на 48 % и на 21 % соответственно, чем в классической схеме. Что показывает полноту сгорания топлива в новой схеме сжигания.

Процентной доли мелких частиц угля, попавших в зольник через решетку, определялось только для классического метода сжигания, так как в предложенном методе из-за отсутствия колосниковой решетки поступление мелких частиц угля исключается. Этот показатель превышало 7 % от объема загружаемого угля.

При сжигании угля с колосниковой решеткой, что потери с несгоревшими топливами q_3 больше на 25,43 %, чем по сравнению с предлагаемой схемой. Потери теплоты при сжигании угля классическом методом больше на 8,2 %, чем по предлагаемой схеме.

Заключение. Разрабатываемая авторами новая конструкция топочной камеры для промышленных котлов малой мощности путем исключения колосниковой системы была проанализована и экономически обоснована. Предлагаемая схема сжигания топлива водогрейном котле основана на: обеспечении полноты сгорания топлива загруженной в нижней части реакционной камеры в плотном слое путем снабжения коллектором для подачи воздуха в зону горения, состоящим из труб с отверстиями и установленном в топке над колосниковой решеткой; уменьшении вытяжной скорости дымовых газов, за счет выполнения колосника глухим (без щелевым) обеспечив продолжительность нахождения в камере; дожигание образованного летучего газа в камере за счет дополнительной подачи воздуха.

В сельской местности, где доступ к газовым сетям может быть ограничен, котлы малой мощности, работающие на угле, становятся идеальным решением. Они обеспечивают надежное и стабильное теплоснабжение, не требуя сложного обслуживания или дорогостоящих деталей.

Простота в обслуживании также снижает затраты на регулярное техническое обслуживание, что делает такие котлы еще более привлекательными для жителей сельских поселений.

Применение котлов малой мощности по предлагаемой схеме в сельской местности представляет собой эффективное и экологически чистое решение для обеспечения отопления в жилых и аграрных постройках.

Список использованной литературы

1. Хазимов М.Ж., Урмашев Б. А., Идришев К. Ж., Хазимов К. М. Водогрейный твердотопливный котел / Патент на полезную модель 3368. Заявл. 29.05.2018. Опубл. 16.11.2018, бюл. № 43.

2. Хазимов М.Ж., Бердімұрат А.Д., Кудашева А. Б., Сагындыкова Ж.Б., Хазимов К.М., Урмашев Б.А., Рахман Ш. Промышленный водяной отопительный котел малой мощности / Патент на изобретение РК 35521. Заявл. 08.09.2020. Опуб. 18.02.2022, бюл. № 7.

3. Kudasheva, A.B., Khazimov, M.Zh. Reduction of Harmful Emissions in Water Heating Solid Fuel Boilers of Low Power KVTS-0.2/AIP Conference Proceedings, 2023, 2812(1), 020028

Summary. The ways to increase the efficiency of a low-power boiler burning solid fuel by improving its design for combustion in a full-layer mode are demonstrated. Based on the analysis of the design of combustion chambers of low-power boilers, the design of the combustion chamber has been modified. The results of testing the improved low-power boiler according to the proposed scheme are presented, and the technical and economic indicators are determined, indicating an increase in the efficiency of the boiler compared to low-power boilers with a grate. The justification for their application in rural areas is provided.

УДК 631.363.258/638.178

Дауренова И.М.[1], докторант;
Тойбазар Д.М.[2], докторант;
Сапарғали А.Ж.[3], докторант;
Садыкова А.Қ.[2], докторант

[1]Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Республика Казахстан,
[2]Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, г. Алматы, Республика Казахстан,
[3]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика Казахстан

ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРГИ ИЗ ПЧЕЛИНЫХ СОТ В КАЗАХСТАНЕ

Аннотация. В статье представлены материалы, характеризующие ценность пчелиных продуктов, включая пергу для здоровья человека, которая содержит множество полезных веществ, таких как витамины, аминокислоты, и ферменты что делает ее ценным пищевым и лечебным продуктом. Рассмотренная технология переработки пчелиных сотов на пергу и восковое сырье включающая в себя использования специализированного оборудования выполняющие процессы в шести операциях. В самых энергоемких операциях, работающие продолжительное время, заменены новыми сушильными устройствами, потребляющими энергии солнца.

Abstract. The article presents materials characterizing the value of bee products, including peppers for human health, which contains many useful substances, such as vitamins, amino acids, and enzymes, which makes it a valuable food and medicinal product. The disclosed technology for processing bee honeycombs into feathers and wax raw materials includes the use of specialized equipment that performs processes in six operations. In the most energy-intensive operations, working for a long time, are replaced by new drying devices that consume solar energy.

Ключевые слова. Пчелиный воск, перга, прополис, пчелиный яд, маточное молочко, скарификация, гелиосушилка.

Keywords. Beeswax, perga, propolis, bee venom, royal jelly, scarification, gel dryer.

Введение. В современных условиях возможным направлением экономического роста любого государства может стать развитие различных отраслей в том числе и пчеловодства. Благодаря своему уникальному химическому составу пергу используют для лечения ряда заболеваний у людей: желудочно-кишечных расстройств, атеросклероза, сердечно-сосудистых заболеваний и других [1, 2]. Основная продукция пчеловодов в республике это ориентация на производство меда и в небольшом количестве другие продукты. Ограниченность выпуска продуктов пчеловодства в республике связаны отсутствием следующих недостатков: государственных стандартов для отдельных видов пчелиных продуктов как перга, прополис и др. [3]. Однако отсутствие технических средств не позволяют производить такую ценную продукцию из-за сложности получения ручным способом [4, 5]

Учитывая климатические условия Казахстана, где солнечная энергия более доступной и эффективной, для замены традиционных видов энергии в теплообменных процессах. Так как на равнинной территории Казахстана изменение интенсивности возможной прямой солнечной радиации в среднем для января составляет от 110 МДж/м^2 до 210 МДж/м^2, а в октябре от 290 МДж/м^2 до 390 МДж/м^2 [6]. Использование солнечной энергии для оборудования переработки перги в Казахстане позволяет сократить зависимость от традиционных источников энергии, для технологических процессов тепловой обработки перговых сот и гранулы перги.

Методы и материалы. Технологическая последовательность переработки пчелиных сотов на пергу и восковые сырье обычно включает следующие основные операции сбор сотов, заготовка сотов, отделение перги, очистка перги, транспортировка и хранение, скарификация сотов и сушка перги, сушка гранул перги и обработка [7].

Этот этап производится после того, как перга была извлечена из сот и высушена до определенной степени. После этого высушенная перга с восковой примесью может быть отделена от рамок [8].

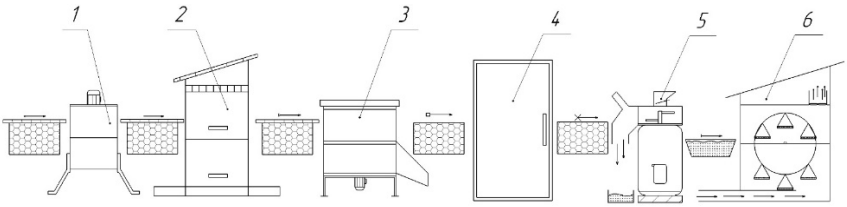
Для извлечения перги существуют следующие известные технологий: первая путем размачивания в воде сот, затем встряхиванием отделяют грану-

лы путем отцеживания и сушат; вторая технология осуществляется путем срезания ячеек с пергой до основания сотов, третья технология предусматривает процесса сушки сот с гранулами и извлечение перговые гранулы из сот при помощи вакуума; четвертый способ получения перги достигается сушкой сот, охлаждением, измельчением и отделением при помощи воздуха воскового материала; последняя (пятая) технология включает операции замораживание и измельчение сот, затем отвеивание восковых материалов [9, 10].

Однако, несмотря на преимущества разработанной технологии потребность в них отсутствует за исключением отдельных машин. Это связано по следующими причинами: во-первых – технология включает перечень высокопроизводительных машин с высокими энергозатратами; во-вторых – в СНГ и в Казахстане после развала Союза с переходом на частные собственности образовавшиеся пчеловодческие компании не в состоянии обеспечить загрузку сырьем. Поэтому полный комплекс машин не является приемлемым в нынешних условиях.

В связи с этим для существующих мелких пчеловодческих предприятий в Казахском национальном аграрном исследовательском университете разработана малогабаритные оборудования с применением нетрадиционных источников энергии при заготовке перги. Уменьшение энергозатрат, за счет применения не традиционных видов энергии, позволит уменьшить себестоимость пчелиных продукции, увеличить ассортимент продуктов и доходность.

Перечень оборудования, входящего в технологическую линию состоит из 6 установок, которые выполняют операции: скарификация сот на центробежном аппарате; сушка сот в гелиосушилке; отделение воскоперговой массы от рамок; охлаждение сот; извлечение гранул перги; сушка гранул перги на гелиосушилке. В 2-х операциях были изменены установки с использованием солнечной энергии в процессах сушки (сот и гранул) и реконструированы 2 установки для повышения выхода продукции (скарификация сот и извлечение гранул перги).



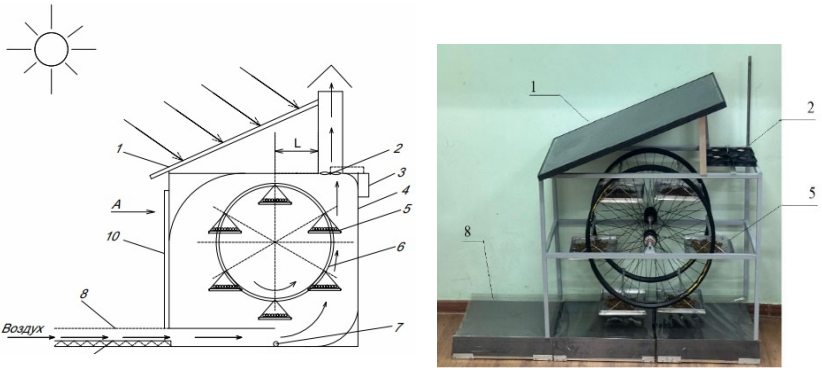
1 – центробежный скарификатор перговых сот; *2* – гелиосушилка для перговых сот; *3* – отделение воскоперговой массы от рамок; *4* – охладитель перговых сот; *5* – агрегат для извлечения перги; *6* – карусельная гелиосушилка гранула перги

Рисунок 1 – Схема технологического процесса получения перги из сотов

Для сушки перги в сотах до влажности 14–15 % была изготовлена гелиосушилка для вертикально устанавливаемых перговых сот в один или несколько рядов (друг на друга в кассетах) в зависимости от начальной влажности. Существующая сушилка питалась от электричества, нагрев воздуха и его нагнетание осуществлялись от электрической энергии. Разработанная гелиосушилка для перговых сот была снабжена солнечной панелью для выработки электричества приводящее воздух отсасывающего вентилятора и воздухонагревательного коллектора. Солнечная сушилка монтировалась в обычных ульевых корпусах и могла подержать температуру сушильного воздуха в пределах 40–42 °С [11, 12].

Отделение высушенной воскоперговой массы от рамок соты обычно проводится с помощью специализированных инструментов, таких как пергорезка или нож для удаления воска.

Освобождённые соты от рамы загружается в холодильное устройство для создания хрупкости (до -5 °С при выдержке 1 час). После охлаждения соты без рамы загружаются в аппарат для извлечения перги.



1 – солнечная электропанель; 2 – вытяжной вентилятор; *3* – электронный блок управления; *4* – кожух для направления потока теплого воздуха; *5* – стеллажи с пергой; *6* – вращающиеся колеса; *7* – датчик температуры воздуха; *8* – прозрачная пленка; *9* – коллектор

Рисунок 2 – Схема и общий вид гелио сушильной установки для гранул перги

Сушилка представляет собой устройство, включающее в себя: самовращающиеся параллельно расположенные колесный блок со стеллажами для гранулы перги; солнечный электропанель с блоком управления электровентиляторей. После гелиоколлектора поток нагретого воздуха поступает в магистраль для направления теплого воздуха в правый отсек, где отсасываются блоком вентиляторов влажный воздух и направляется в атмосферу. Стеллажи, расположенные в потоке теплого продуваются и происходит испарение влаги, а также медленно перемещаются по направлению потока воздуха по

мере уменьшения массы продукта, размещенного в них. Работа вентиляторов управляется с помощью электронного блока в зависимости команды от датчика температуры, расположенного в магистрали воздуха. При повышении температуры воздуха расход воздуха также будет увеличиваться за счет подключения всех вентиляторов. Питание осуществляется от электропанель. Согласно техническим характеристикам оборудования.

Результаты сравнения удельных энергозатрат показывает, что предлагаемая технология переработки пчелиных сот на пергу составляет 2,68 кВт·час порядка, а традиционной 15,47 кВт·час технологией переработки пчелиных сот. Более энергоемкой операцией в традиционной технологии является сушилка барабанными устройствами которые требует значительных энергозатрат и кроме того может негативно сказываться на качестве продукта. т. е. гранулы перги при соударении с лопатками измельчаясь теряет товарный вид и происходит неравномерность сушки мелких и крупных частиц при одинаковом времени тепловой обработки и температуры сушки.

Таблица 1 – Сравнительные данные удельной энергозатрата по операциям при переработке пчелиных сот на пергу и воск

Виды технологии	Собственные, кВт·час/кг	Традиционные, кВт·час/кг
скарификация	0,04	0,07
сушка перги в сотах	0,225	0,5
отделение	0,04	0,24
охлаждение	0,03	0,043
измельчение	0,291	0,29
сушка гранул перги	0,24	3,7

Результаты и обсуждение. В условиях Казахстана плотность солнечной энергии составляет от 110 МДж/м^2 до 210 МДж/м^2, а в октябре от 290 МДж/м^2 до 390 МДж/м^2, что показывает достаточность для использования гелиотехнических средств малой механизации и электрификации. В результате сравнительной оценки энергозатрат предлагаемой и существующей технологий переработки пчелиных сот на пергу и восковое сырье затрата энергии по предложенному методу уменьшается на 80–90 %. Предложенные гелиосушильные устройства в условиях Казахстана может работать в отдаленных участках, где отсутствует линии электропередач. Срок окупаемости гелиосушилки за один сезон может быть оправдан.

Выводы. Существующие технологии и технические средства производства для получения пчелиных продуктов в том числе и перги являются не приемлемым для пчеловодов республики из-за дороговизны оборудования потребления энергии.

Разработанная технология и технические средства с использованием солнечной энергии являются боле приемлемыми из-за низкой затратой энергии и простотой конструкции, что позволит окупить себестоимость в течение одного сезона.

Список использованной литературы

1. https://www.unep.org/ru/novosti-i-istorii/istoriya/pochemu-pchely-neobkhodimy lyud-yam-i-planete
2. https://eldala.kz/specproekty/1609-medovye-reki-kazahstana
3. Технические условия Межгосударственный стандарт, Москва Стандартинформ 2013
4. https://www.undp.org/ru/belarus/stories/nauka-innovacii-i-tvorcheskiy-podkhod-pomogayut-pchelovodstvu-stat-motivatorom-razvitiya-selskogo-predprinimatelstva
5. https://tea.ru/article/chem-perga-luchshe-i-poleznee-myeda-i-kak-eye-edyat/
6. Актинометрические данные как основа для оценки ресурсов солнечной энергий https://www.kaznu.kz/content/files/pages/folder26971/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%208.pdf

Summary. Existing technologies and technical means of production for the production of bee products, including feathers, are not acceptable for beekeepers of the republic due to the high cost of equipment for energy consumption. The developed technology and technical means using solar energy are more acceptable due to low energy costs and simplicity of design, which will allow you to recoup the cost in one season.

УДК 631.363.258/638.178

Тойбазар Д.М.[1], докторант;
Дауренова И.М.[2], докторант;
Сапарғали А.Ж.[3], докторант;
Ниязбаев А.К.[2], PhD,
[1]*Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, г. Алматы, Республика Казахстан,*
[2]*Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Республика Казахстан,*
[3]*Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика Казахстан,*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРАНУЛ ПЕРГИ

Аннотация. В данной работе представлено изменение теплофизических свойств перговых гранул в сыпучем состоянии в зависимости от их влажности. Целью исследований было установить функциональную зависимость между теплофизическими характеристиками (теплоемкостью, теплопровод-

ностью и температурапроводностью) и плотностью пчелиной перги от влажности. Для изучения использовался шаровой бикалориметр. Температура на границах образцов измерялась термометром “Fluke”, а влажность определялась влагомером “Sartorius MA 37” для разных уровней влагосодержания, пригодных для хранения по стандарту. Исследование показало, что при влажности перги от от 11,9 % до 19,5 % ее теплопроводность варьируется от 0,67 до 0,96 Вт/(м·К), теплоемкость – от 0,16 до 0,28 кДж/(кг·К), а температурапроводность – от $0{,}0356 \cdot 10^{-7}$ до $0{,}0372 \cdot 10^{-7}$ м^2/с.

Abstract. This article examines the changes in the thermophysical properties of bee bread granules in a loose state depending on their moisture content. The aim of the study was to establish a functional relationship between the thermophysical characteristics (specific heat capacity, thermal conductivity, and thermal diffusivity) and the density of bee bread as a function of moisture content. A spherical bicalorimeter was used for the measurements. The temperature at the sample boundaries was measured using a "Fluke" thermometer, and the moisture content was determined using a "Sartorius MA 37" moisture analyzer for various levels of moisture suitable for storage according to the standard. The study showed that for bee bread with a moisture content ranging from 11,9 % to 19,5 %, its thermal conductivity varies from 0,67 to 0,96 W/(m·K), specific heat capacity ranges from 0,16 to 0,28 kJ/(kg·K), and thermal diffusivity ranges from $0{,}0356 \cdot 10^{-7}$ to $0{,}0372 \cdot 10^{-7}$ m²/s.

Keywords. Thermophysical properties, ball bicalorimeter, bee bread, thermal conductivity, heat capacity, thermal diffusivity.

Ключевые слова. Перговые гранулы, теплотехнические характеристики, шаровой бикалориметр, теплопроводность, теплоемкость, температурапроводность.

Пчелиная перга, смесь пыльцы, секретов пчел и небольшого количества нектара, представляет собой уникальное природное вещество, которое привлекает внимание своими ценными свойствами и богатым составом микроэлементов, полезных для организма человека. Процесс формирования пчелиной перги начинается со сбора пчелами цветочной пыльцы, ее смешивания с секретами и ферментами, а затем ферментативного превращения в улье. Одной из ключевых особенностей пчелиной перги является ее разнообразный биологический активный состав, включающий в себя витамины (группы B, C, E), минералы (кальций, магний, калий), аминокислоты, флавоноиды, антиоксиданты и другие питательные вещества [1, 2]. Исследования подтверждают ее способность укреплять иммунитет, защищать клетки от окислительного стресса, а также улучшать общее состояние организма, включая энергию, пищеварение, стрессоустойчивость и качества сна [3, 4, 5]. Для хранения гранулы перги необходимов сушить до влажности 10–12 %. Для обоснования параметров и режимов сушильной установки важно знать теплофизические свойства этого продукта.

Цель данного исследования состоит в выявлении функциональных зависимостей между теплофизическими характеристиками и влажностью пчелиной перги [6].

На рисунке 1 (*а*) представлен общий вид установки. Это устройство состоит из двух медных сферических резервуаров – внешней сферы и внутренней сферы, объеденных общим центром. Внешний диаметр внутренней сферы составляет 77,6 миллиметра, а внутренний диаметр внешней сферы – 42,3 миллиметра. Пространство между сферами заполняется исследуемой пчелиной пергой. Перед определением их теплофизических свойств проводился анализ влажности при помощи анализатора влажности «Sartorius» (рисунок 2 (*а*, *б*)). В рамках эксперимента использовались пять образцов одной массы пчелиной перги с различной влажностью (рисунок 2 (*в*)).

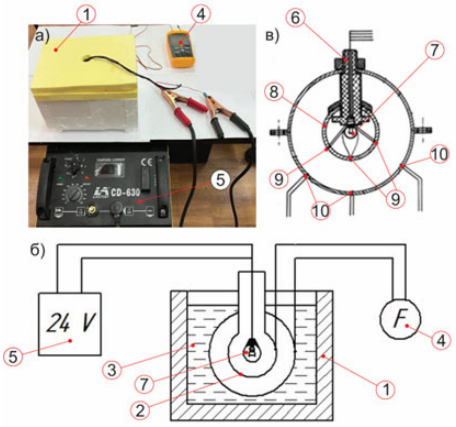
Плотность пчелиной перги рассчитывалось по следующей формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}, \qquad (1)$$

где ρ – плотность пчелиной перги, кг/м^3;

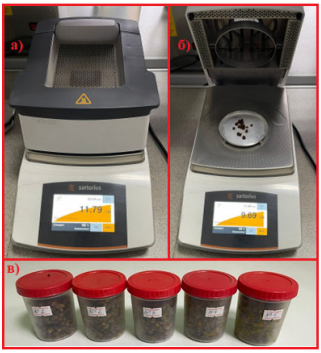
m– масса пчелиной перги в фиксированном объеме, кг;

V – объем пчелиной перги, м^3.



а – общий вид установки; *б* – электрическая схема установки;
в – схема шарового бикалориметра;
1 – термостат; *2* – шаровой бикалориметр; *3* – трансформаторное масло;
4 – термометр «Fluke»; *5* – источник питания, *6* – эбонитовый стержень;
7 – электрическая лампочка; *8* – внутренний шар;
9, 10 – внутренние и наружные термопары

Рисунок 1 – Общий вид установки для определения теплофизических свойств пчелиной перги



а, *б* – общий вид влагомера «Sartorius MA-37»;
в – пчелиная перга разной влажности
Рисунок 2 – Устройство определяющий влажность пчелиной перги

Объем, при изменяющейся плотности, определялся с использованием стандартного пикнометрического метода. В рамках эксперимента также оценивалось влияние влажности материала на объемную массу. Помимо измерения объема и оценки влияния влажности материала на его объемную массу, были предприняты дополнительные шаги для обеспечения точности результатов. Все измерения производились при стандартных условиях, что включало контроль температуры и давления. Для проверки точности измерений проводились повторные эксперименты, а также проверялась калибровка используемого оборудования.

Коэффициент теплопроводности пчелиной перги был вычислен с использованием следующей формулы:

$$\lambda = \frac{Q\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)}{4\pi\left(t_{c1} - t_{c2}\right)}, \quad (2)$$

где Q – тепловой поток, проходящий от внутренней поверхности к внешней поверхности шарового слоя пчелиной перги, Вт;

R_1, R_2 – радиусы внутренней и внешней сферических поверхностей, м;

t_{c1}, t_{c2} – температуры внутренней и внешней поверхностей шарового слоя, К.

Тепловой поток определялся по расходу электроэнергии в лампочке, как:

$$Q = W, \quad (3)$$

где W – мощность, потребляемая лампочкой, Вт.

Коэффициент теплоемкости определялся по формуле:

$$c = \frac{Q}{m\,\Delta T}, \quad (4)$$

где Q – тепловой поток, проходящий от внутренней поверхности к внешней поверхности шарового слоя пчелиной перги, Вт;

m – масса исследуемой пчелиной перги, кг;

ΔT – разность температур, внутренней и внешней поверхностей шарового слоя, °С.

По известным значениям теплопроводности и теплоемкости определялся коэффициент температуропроводности:

$$a = \frac{\lambda}{c\rho}, \tag{6}$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);

c – коэффициент теплоемкости, кДж/(кг·К).

Функциональные связи между теплофизическими характеристиками и плотностью пчелиной перги в зависимости от ее влажности представлены на рисунках 3–6 в виде графиков. Плотность пчелиной перги изменяется в пределах от 1042 до 1144 кг/м^3 в зависимости от степени уплотнения.

При увеличении влажности наблюдается рост удельной теплоемкости, теплопроводности, температуропроводности и увеличение плотности перги. Наличие определенного количества влаги в порах материала способствует более эффективному теплообмену.

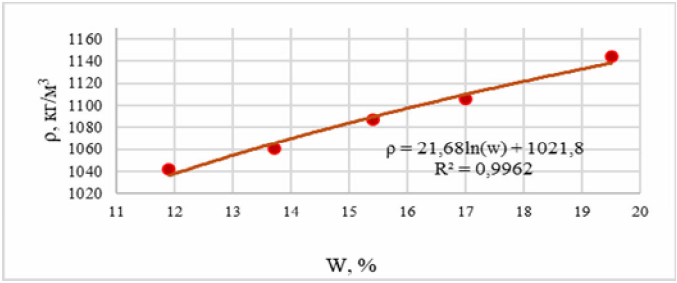


Рисунок 3 – Зависимость плотности пчелиной перги от ее влажности

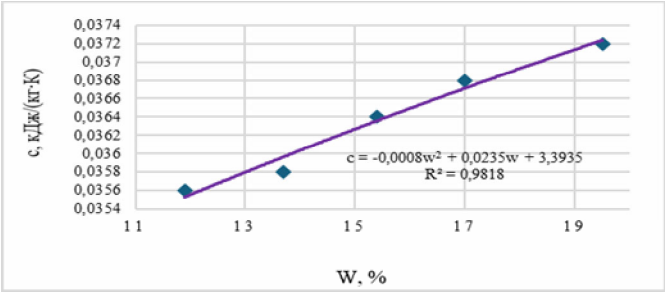


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента теплоемкости пчелиной перг и от ее влажности

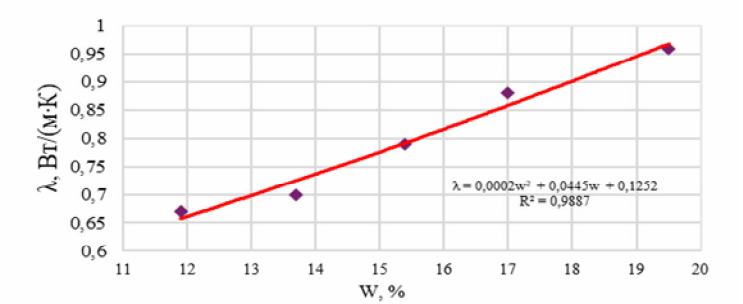


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента теплопроводности пчелиной перги от ее влажности

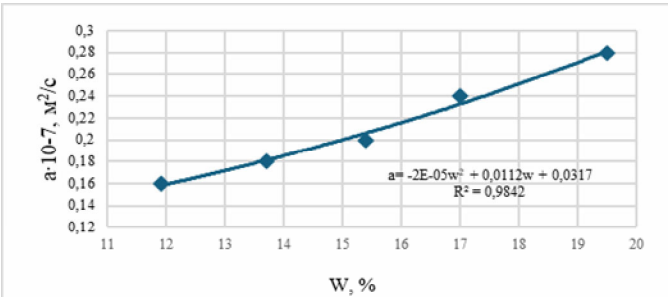


Рисунок 6 – Зависимость коэффициента температуропроводности пчелиной перг и от ее влажности

Полученные функциональные зависимости теплофизических свойств пчелиной перги от ее влажности в пределах влажности от 11,9 % до 19,5 % изменялись для: удельной теплоемкости от 0,0356 до 0,0372 кДж./(кг·К); теплопроводности – от 0,67 до 0,96 Вт./(м·К); температуропроводности от $0{,}16 \cdot 10^{-7}$ м^2/с до $0{,}28 \cdot 10^{-7}$ м^2/с. Плотность пчелиной перги в зависимости от влажности в этих пределах менялась от 1042–1144 кг/м^3. Эти результаты достаточно хорошо согласуются предыдущим исследованиям в этой области аналогичными структурно-механическими свойствами. Полученные результаты могут быть использованы для производственных процессов и разработки новых оборудований для термический обработки пчелиной перги. Дальнейшие исследования по теплофизическим свойствам пчелиной перги требует установление зависимости от изменения температурных значений.

Список использованной литературы

1. Бышов, Д.Н. Исследование прочностных свойств перговых гранул при их сжатии / Д.Н. Бышов Д.Н. [и др.]. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2016. – № 1 (29). – С. 59–62.

2. Мамонов, Р.А. Технология заготовки и подготовки пчелиных сотов к промышленной переработке на пергу и восковое сырье / Р.А. Мамонов, Т.В. Торженова // Вестник Рязанского ГАУ им. П.А. Костычева. – 2013. – № 2. – С. 30–33.

3. Гинзбург, А.С. Теплофизические характеристики пищевых продуктов. Справочник / А.С. Гинзбург, М.А. Громов, Г.И. Красовская // Пищевая промышленность. – Москва, 1990. – 288 с.

4. Кондратьев, Г.М. Регулярный тепловой режим / Г.М. Кондратьев. – М. : 2003. – 408 с.

5. Кондратьев, Г.М. Тепловые измерения / Г.М. Кондратьев. – Л. : 1957. – 244 с.

6. Чудновский, А.Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов / А.Ф. Чудновский. – М. : Физматгиз. 1962. – 407 с.

Summary. This article examines the changes in the thermophysical properties of bee bread granules in a loose state depending on their moisture content. The aim of the study was to establish a functional relationship between the thermophysical characteristics (specific heat capacity, thermal conductivity, and thermal diffusivity) and the density of bee bread as a function of moisture content.

УДК 53.08.001.57

Садықова А.Қ.[1], докторант;
Ниязбаев А.К.[2], PhD;
Дауренова И.М.[2], докторант,;
Тойбазар Д.М.[1], докторант;
Калиев А.М.[1], магистрант
[1]Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, г. Алматы, Республика Казахстан,
[2]Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Республика Казахстан,

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ, ТЕПЛОЕМКОСТИ И ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ СОЕВОЙ ОКАРЫ

Аннотация. В статье представлены: значение использования соевой окары как высокобелковые (до 27 %) добавки к пищевым (для кондитерской продуктов) и кормовым продуктам; пути получения соевой окары и ее влагосодержание, теплофизические характеристики. Из-за невозможности хранение соевой окары в продолжительное время с высоким содержанием влаги до 76 % (кроме замораживания) требуется подвергать к тепловой обработке, не нарушая питательные свойства. Для обоснования параметров и режимов термической обработки путем тепловых расчетов процесса сушки были изучены теплофизические свойства (теплоемкость, теплопроводность и температурапроводность) и плотность соевой окары.

Abstract. The article presents: the importance of using soy okara as high-protein (up to 27 %) additives to food (for confectionery products) and feed products; ways to obtain soy okara and its moisture content, thermophysical characteristics. Due to the impossibility of storing soy okara for a long time with a high moisture content of up to 76 % (except freezing), it is required to be subjected to heat treatment without violating the nutritional properties. To substantiate the parameters and modes of heat treatment by thermal calculations of the drying process, the thermophysical properties (heat capacity, thermal conductivity and thermal conductivity) and the density of soy okara were studied.

Ключевые слова. Теплофизические свойства, шаровой бикалориметр, соевая окара, теплопроводность, теплоемкость, температуропроводность.

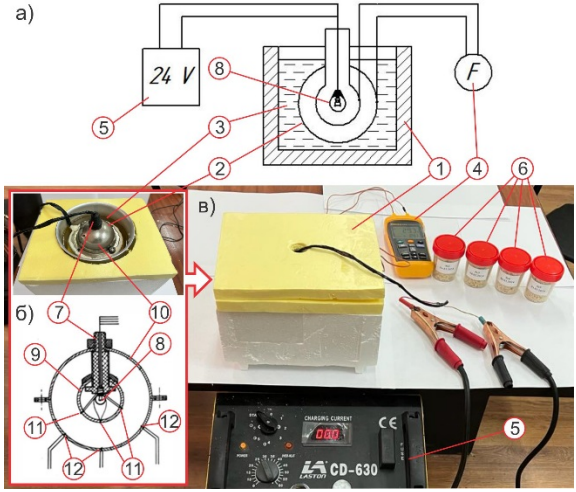
Keywords. Thermophysical properties, ball bicalorimeter, soy okara, thermal conductivity, heat capacity, thermal diffusivity.

За последнее десятилетие в мире значительно возрос интерес к использованию растительных белков в пищевых продуктах из-за легко переносимости человеческого организма. Соевые бобы являются важным компонентом рационов для людей, скота и птицы. По своему аминокислотному составу белковый комплекс сои практически не уступает мясу, что делает её одним из наиболее важных растительных источников протеина [1, 2]. Один из продуктов, получаемых при переработке соевых бобов, представляет собой соевый пищевой обогатитель, известный как окара. Этот продукт представляет собой концентрат высококачественного белка и пищевой диетической клетчатки, который производится путем фильтрации соевого экстракта [3]. Окара применяется при производстве различных пищевых продуктов в качестве: основы для производства соевой пасты и соевой икры; добавок в пищевые полуфабрикаты (мясные, рыбные, овощные и т.д.); добавок в кулинарные изделия [4]. В связи с тем, что свежая соевая окара сильно обводнена (влажность 80–85 %) и имеет ограниченный срок хранения (120 часов при температуре 4 ±2 ºС), целесообразно использовать методы, которые позволили бы увеличить срок годности соевого обогатителя, поэтому применяют различные способы консервации, такие как сушка, вяление, замораживание [5].

Научная новизна работы заключается в выявлении закономерности влияния влажности на теплофизические свойства и плотности соевой окары.

Целью исследования является установление функциональных зависимостей теплофизических характеристик и плотности соевой окары от ее влажности. Для достижения этой цели следует выполнить следующие задачи: выбор схемы и комплектование оборудований и приборов для исследования теплофизических констант и плотности; составление методики проведение экспериментальных исследований; проведение исследований и обработка результатов экспериментальных данных.

На рисунке 1 (*б*), показана схема бикалориметра, используемого для измерения теплофизических характеристик соевой окары.



а – электрическая схема установки; *б* – общий вид и схема шарового бикалориметра; *в* – общий вид приборов для эксперимента;
1 – термостат; *2* – шаровой бикалориметр; *3* – трансформаторное масло;
4 – термометр «Fluke»; *5* – источник питания, *6* – соевая окара, разной влажности;
7 – эбонитовый стержень; *8* – электрическая лампа; *9* – внутренний шар;
10 – наружный шар; *11, 12* – внутренние и наружные термопары
Рисунок 1 – Общая конфигурация установки для анализа теплофизических свойств соевой окары

Прибор состоит из двух медных тонкостенных шаров с общим центром. Внутренний шар оснащен электрической лампочкой, создающей тепловой поток, в то время как внешний шар выполняет функцию изоляции. Пространство между шарами заполняется соевой окарой. Для измерения температуры внешней и внутренней поверхностей шаров используется термометр «Fluke». После загрузки бикалориметр помещается в термостат с трансформаторным маслом, где температура поддерживается постоянной. Температурные изменения записываются через каждую минуту после опускания бикалориметра в термостат.

Коэффициент теплопроводности, исследуемой соевой окары был рассчитан при помощи данной формулы:

$$\lambda = \frac{Q\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)}{4\pi\left(t_{c1} - t_{c2}\right)}, \quad (1)$$

где Q – тепловой поток, проходящий от внутренней поверхности к внешней поверхности шарового слоя соевой окары, Вт;

R_1, R_2 – радиусы внутренней и внешней сферических поверхностей, м;

t_{c1}, t_{c2} – температуры внутренней и внешней поверхностей шарового слоя, К.

Коэффициент теплоемкости определялся по формуле:

$$c = \frac{Q}{m \Delta T}, \quad (2)$$

где Q – тепловой поток, проходящий от внутренней поверхности к внешней поверхности шарового слоя соевой окары, Вт;

m – масса исследуемой соевой окары, кг;

ΔT – разность температур, внутренней и внешней поверхностей шарового слоя, К.

По известным значениям теплопроводности и теплоемкости определялся коэффициент температуропроводности:

$$a = \frac{\lambda}{c\rho}, \quad (3)$$

где λ – коэффициет теплопроводности, Вт/(м·К);

c – коэффициент теплоемкости, кДж/(кг·К);

ρ – плотность исследуемой соевой окары, кг/м^3.

На рисунках 2–4 представлены графики уравнений второго порядка, отражающие зависимости теплофизических свойств и плотности соевой окары от ее влажности. Можно заметить, что с увеличением влажности удельная теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность и плотность соевой окары также возрастают. Наличие достаточного количества влаги в порах материала способствует для лучшей передаче теплообмена. Это означает, что в противоположенном случае, т. е. по мере удаления влаги из продукта теплообмен затрудняется, следовательно, энергетическая потребность в этом процессе возрастает. С увеличением значения влажности от 28 % до 76 % также числовые значения удельной теплоемкости возрастает от 0,199 до 0,211 кДж/(кг·К), как показано на рисунке 2. С изменением плотности соевой окары от 403 до 1096 кг/м³ наблюдается увеличение коэффициентов теплоемкости, теплопроводности и температуропроводности. Это обусловлено тем, что при низкой плотности материала теплообмен происходит главным образом за счет конвекции воздуха в порах. По мере увеличения плотности поры уменьшаются, и тепло передается через твердые частицы материала или влагу, заполняющую поры.

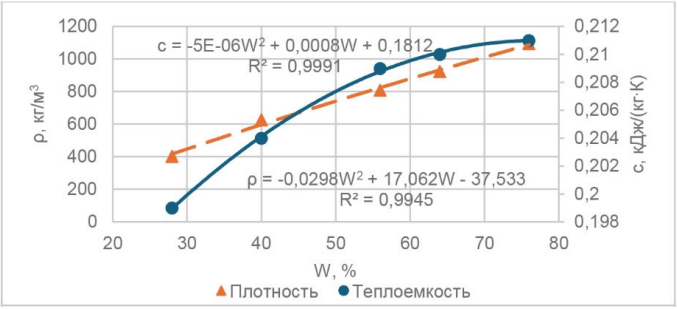


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента теплоемкости
и плотности соевой окары от ее влажности

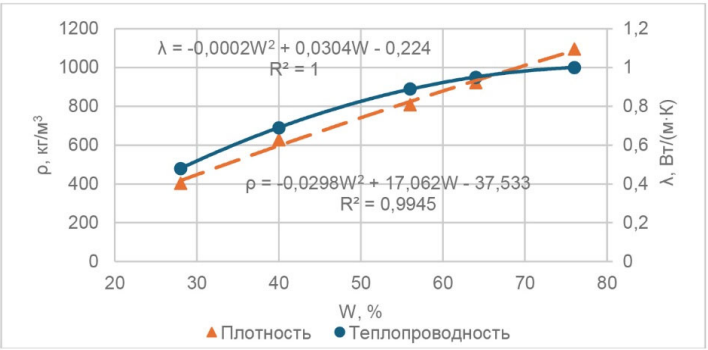


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента теплопроводности
и плотности соевой окары от ее влажности

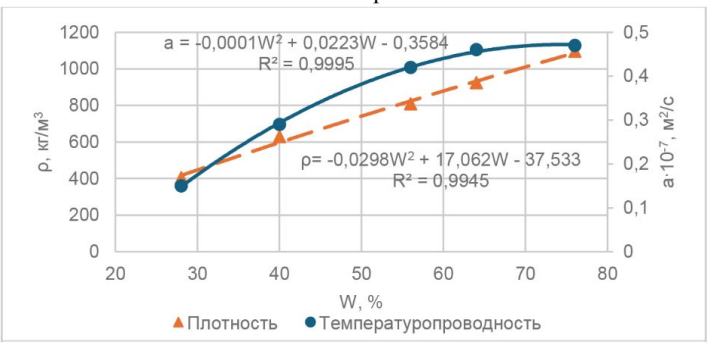


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента температуропроводности
и плотности соевой окары от ее влажности

Полученные результаты могут быть использованы для производственных процессов и разработки новых оборудований для термический обработки

соевой окары и аналогичных пищевых материалов. Полученные данные в представленном материале «Определение теплофизических свойств методом шарового бикалориметра» являются новыми, так как исследование теплофизических характеристик проводилось для соевой окары до температуры 80°С, где разложение полезных компонентов исключаются. Данные пределы температуры выбраны для установления значения теплофизических констант умеренного режима тепловой обработки в сушильной установке соевой окары с целью сохранения питательных веществ. Это позволяет использование высокобелкового сушенного продукта в кондитерской и пищевой промышленности. Методика измерения параметров с использованием термометра «Fluke» с термопарами позволило получить более достоверные результаты и упрощает комплектацию измеряемого оборудования. Это подчеркивает важность развития новых методик при проведении исследований аналогичных материалов.

Список использованной литературы

1. Сидорик, И.В. Агроэкологическая оценка сои в условиях Костанайской области / И.В. Сидорик, С.В. Дидоренко, А.В. Зинченко // Материалы Международной науч.-практ. конф. молодых ученых. – Горки. – Ч. 1. – С. 163–169.

2. Singh, V.K. Phenolic content in okara / V.K. Singh, A. Kulia, G. Yadav, B. Baneerje // Food Technol. Biotechnol. – 2012. – V. 9. – pp. 32– 38.

3. Храмцов, А.Г. Компонентный состав и пребиотические свойства соевой пищевой окары / А.Г. Храмцов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004.– № 4. – С. 50–53.

4. Тюрина, Л.Е. Использование и переработка сои : учеб. пособие / Л.Е. Тюрина // Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2008. – 90 с.

5. Кузнецова, А.А. Использование биомодифицированной соевой окары в технологии пищевой продукции / А.А. Кузнецова [и др.] // Пищевая промышленность. 2014. – 108 с.

Summary. The article presents: the importance of using soy okara as high-protein (up to 27 %) additives to food (for confectionery products) and feed products; ways to obtain soy okara and its moisture content, thermophysical characteristics

УДК 628.5: 637.6

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

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ БАКТЕРИЦИДНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА МИКРООРГАНИЗМЫ

Аннотация. В статье отражена суть механизма действия бактерицидного ультрафиолетового излучения на микроорганизмы.

Abstract. The article reflects the essence of the mechanism of action of bactericidal ultraviolet radiation on microorganisms.

Ключевые слова. Ультрафиолетовое излучение (УФИ), микроорганизмы, обеззараживание воздушной среды.

Keywords. Ultraviolet radiation (UV), microorganisms, air disinfection.

Развитие птицеводства как в крупных хозяйствах с промышленной технологией, так и в фермерских хозяйствах, связано с целым рядом проблем, важнейшей среди которых является предупреждение и устранение инфекционных болезней. В случае возникновения инфекционных болезней хозяйствам наносится огромный экономический ущерб в результате гибели и снижения продуктивности животных. В этой связи стоит задача снижения концентрации болезнетворных микроорганизмов в воздухе помещений для птицы ниже предельно допустимых значений. Допустимое количество микроорганизмов в воздухе помещений не должно превышать санитарные нормы, которые для молодняка птиц составляют около 100 тыс. бактерий, а для содержания взрослой птицы – не более 240 тыс. бактерий в $1м^3$ воздуха. При концентрации более 280 тыс./$м^3$ возрастает заболеваемость и падеж птицы. При напольном выращивании концентрация микроорганизмов в воздухе помещения повышается и при возрасте птицы 120–150 дней эти показатели могут достигать миллиона в $1м^3$. Установлено, что при концентрации микроорганизмов 910 тыс./$м^3$ заболеваемость увеличивается до 25 %, а падеж увеличивается до 10 %. Современные интенсивные методы ведения птицеводства представляют потенциальный риск для здоровья как птицы, так и людей, работающих на птицефабриках. Без решения этой проблемы невозможно дальнейшее успешное развитие отрасли. Многочисленными научными исследованиями показано, что одной из наиболее перспективных технологий обеззараживания воздуха и поверхностей является бактерицидное ультрафиолетовое (УФ) излучение.

Бактерицидное действие УФ-излучения на микроорганизмы впервые было описано в конце девятнадцатого века, и с тех пор ведутся исследования по изучению и применению ультрафиолетового излучения для улучшения качества воздуха в помещениях различного назначения, путем снижения пороговой численности микроорганизмов**.** В 1887 году английские исследователи Артур Даунс и Томас Блант обнаружили, что увеличение числа микроорганизмов останавливается, когда они подвергаются воздействию солнечного света. В 1956 году были опубликованы «Временные указания по применению бактерицидных ламп». По мнению М.Г. Шандалы [1] дезинфекция при помощи УФ-лучей является не только эффективным, но и необходимым дополнением к другим способам дезинфекции.

Ультрафиолетовое излучение – это электромагнитное излучение, охватывающее диапазон длин волн от 100 до 400 нм оптического спектра электромагнитных колебаний. По классификации международной комиссии по освещению (CIE) спектр УФ излучения делится на три диапазона:

УФ-А (черный свет) длинноволновый диапазон от 315 до 400 нм; УФ-В средневолновый диапазон от 280 до 315 нм; УФ-С коротковолновый диапазон от 100 до 280 нм. Виды ультрафиолетового излучения представлены на рисунке 1.

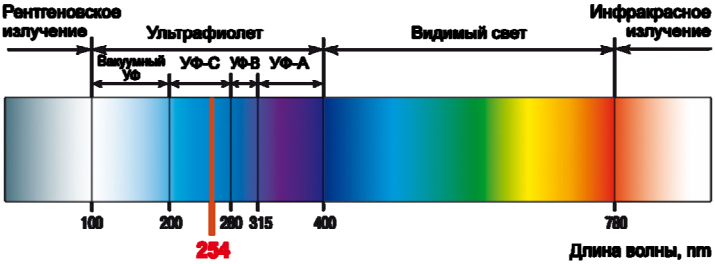


Рисунок 1 – Виды ультрафиолетового излучения

Каждый из диапазонов характеризуется определенным преимущественным влиянием на живой организм: антирахитичным, эритемным, бактерицидным [2]. Бактерицидным действием обладает ультрафиолетовое излучение с диапазоном длин волн 205–315 нм, оно вызывает деструктивно-модифицирующее фотохимическое повреждение ДНК клеточного ядра микроорганизма.

Механизм действия бактерицидного УФ-излучения заключается в поглощении ультрафиолетовых фотонов молекулами ДНК и РНК внутри клетки, разрывом имеющихся и образованием новых связей в молекуле ДНК. Изменения в ДНК микроорганизмов накапливаются и приводят к замедлению темпов их размножения и дальнейшему вымиранию в первом и последующем поколениях.

Кривая зависимости **относительной спектральной бактерицидной эффективности** $\mathbf{S}(\lambda)_{отн}$ от длины волны излучения λ(нм) представлена на рисунке 2.

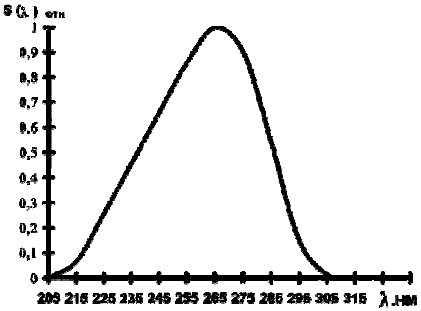


Рисунок 2– Кривая относительной спектральной бактерицидной эффективности ультрафиолетового излучения

Для различных видов микроорганизмов ход кривой относительной спектральной бактерицидной эффективности практически одинаков [3]. Реакция живой микробной клетки на ультрафиолетовое излучение неодинакова для различных длин волн. Установлена зависимость бактерицидного действия УФ излучения от интенсивности потока с выделением суббактерицидной дозы, минимальной и полной бактерицидной (гермицидной) дозы. Бактерицидное действие УФО наиболее выражено при максимуме бактерицидной эффективности с λ 254–265 нм, имеет примерно одинаковый характер воздействия на разные типы бактерий, плесени и вирусов. Спектр бактерицидного действия в коротковолновой УФ-области приближается к спектру поглощения ДНК, которая является основной мишенью, воспринимающей УФ-излучение при бактерицидном действии.По данным [4] антимикробное действие УФИ проявляется в деструктивно-модифицирующих фотохимических повреждениях ДНК в клеточном ядре микроорганизмов, что приводит к гибели микробной клетки. Микроорганизмы относятся к кумулятивным фотобиологическим приемникам. Результат взаимодействия ультрафиолетового бактерицидного излучения и микроорганизма зависит, с одной стороны, от особенностей и вида микроорганизмов, а с другой – от энергии излучения, поглощенной клеткой, и, следовательно, пропорционален бактерицидной дозе, на что указывает М.Г. Шандала [1].

Разные виды микроорганизмов характеризуются различной устойчивостью к УФ-облучению. Более чувствительны к воздействию УФ излучению вирусы и бактерии в вегетативной форме (палочки, кокки), менее чувствительны – грибы и простейшие микроорганизмы. Процент пораженных бактерий не пропорционален дозе облучения, хотя и возрастает с ее увеличением, при этом бактерицидный эффект не имеет порогового уровня [4]. По мере увеличения длины волны, вплоть до видимой области, спектральная бактерицидная эффективность снижается на несколько порядков.

Слабым инактивирующим действием на клетки, по данным [5] обладает и ближнее УФ-излучение (более 320 им). Лучи области А обладают бактерицидным эффектом, хотя и значительно более слабым по сравнению с лучами области С. Чтобы получить летальный эффект при облучении ближним УФ светом, необходимы дозы в 10^5 раз большие, чем при использовании «среднего ультрафиолета» – УФ-В. Хотя относительный эффект лучей УФ-А и значительно ниже, однако, принимая во внимание большее их количество и в солнечном потоке, и в излучении многих искусственных источников, бактерицидный эффект нельзя не учитывать. Имеются данные о том, что летальный эффект света с длиной волны более

320 нм может быть связан с непрямым повреждением ДНК. Дальний вакуумный УФ свет (< 200 нм), наоборот, весьма эффективен, что может быть обусловлено его ионизирующим воздействием [6].

Многие авторы отмечают влияние окружающей среды на степень дезинфекции, в которой находятся микроорганизмы**.** Так, на активность УФ облучения влияет присутствие органических веществ, длина волны излучения, температура и относительная влажность воздуха, тип микроорганизма, интенсивность УФО, которая, в свою очередь, зависит от типа бактерицидной лампы и от расстояния до источника [6].

К преимуществам ультрафиолетового обеззараживания воздуха и поверхностей относятся высокая скорость обработки, универсальный механизм обеззараживания (инактивации) для всех микроорганизмов и, как следствие, универсальный спектр действия, экологичность метода, возможность сочетания с любым химическим методом обеззараживания.

Список использованной литературы

1. Шандала, М.Г. Гигиенические вопросы профилактического применения бактерицидного ультрафиолетового излучения / М.Г. Шандала // Гигиена и санитария. – 1998. – №4. – С.40–42.

2. Борисоглебская, А.П. Современные методы обеззараживания воздуха в помещениях / А.П. Борисоглебская // «АВОК». – 2009. – № 2. – С. 30–33.

3. Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях: Руководство. – М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2005. – 46 с.

4. Вассерман, А.Л. Ультрафиолетовое обеззараживание воздушной среды и поверхностей / А.Л. Вассерман // Светотехника. – 2010. – № 3. – С. 59–62.

5. Смышлякова, А.В. Некоторые аспекты иоздейстния длинноволнового УФ света на организм / А.В. Смышлякова, Ю.Б. Кудряшов // Биологические науки. – 1990. – № 9. – С. 5–20.

6. Исследования бактерицидной эффективности ультрафиолетового облучения на популяционной тест-модели / Р.Д. Клебанов [и др.] // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены ; гл. ред. С.И. Сычик. – Минск : РНМБ, 2016. – Вып. 26. – С. 23–26.

Summary. As a result of the studies, it was concluded that the advantages of ultraviolet disinfection of air and surfaces include a high processing speed, a universal disinfection (inactivation) mechanism for all microorganisms and, as a result, a universal spectrum of action, environmental friendliness of the method, the ability to combine with any chemical disinfection method.

УДК 622.271

Романюк Н.Н., кандидат технических наук, доцент;
Еднач В.Н., кандидат технических наук, доцент;
Агейчик В.А., кандидат технических наук, доцент;
Хартанович А.М., магистрант
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Беларусь

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ФОРМИРОВАНИЯ СЕМЕННОГО ЛОЖА ОДНОДИСКОВЫМ СОШНИКОМ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы формирования семенного ложа однодисковым сошником зернотуковой сеялки.

Abstract. The article discusses the issue of forming a seedbed with a single-disc coulter of a grain drill.

Ключевые слова. Семенное ложе; дисковый сошник; семя; прикатывающий диск.

Keywords. Seedbed; disc coulter; seed; rolling disc.

На данный момент в сельском хозяйстве применяются ряд основных технологий включая нулевую обработку почвы, предусматривающую посев в стерню. Данная технология, по сравнению с классической, за счет уменьшения количества операций позволяет снизить эксплуатационные затраты до 40 % [1, 2], что позволяет её считать энергоресурсосберегающей.

Получение качественного урожая зависит от условий прорастания высеянного семенного материала, которое обеспечивается за счет совершенствования конструктивно-технологических параметров сошниковой группы: стабильное перемещение сошника в почве, постоянная глубина посева, качественное формирование семенного ложа. Для обеспечения стабильного движения сошника, необходимо обеспечить разрезание растительных остатков и стерни за счет рабочих органов и достаточного давления от сеялки на сошник и предотвратить скапливание растительных остатков перед сошником. Кроме того, необходимо обеспечить заданные агротехнические параметры при формировании семенного ложа, которые обеспечивают заданный баланс воздуха, влаги и температуры. Так, рыхлая почва с большим количеством пустот предотвращает пересыхание и сильные перепады температур, а более плотная способствует перемещению капиллярной влаги. Поэтому многое агрономы требуют, чтобы семя находилось в плотном слое почвы, а засыпано было рыхлым. Установлено [1, 3–6], что оптимальная плотность почвы нахождения семени соответствовала интервалу от 1,1 до 1,5 г/см^3, а плотность рыхлого слоя от 0,95 до 1 г/см^3. Для обеспечения вышеперечисленных требований нами разработан комбинированный однодисковый сошник, представленный на рисунке.

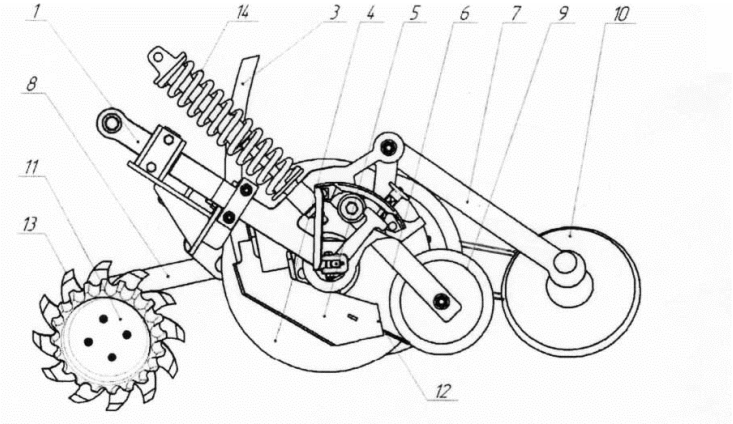


Рисунок – Комбинированный однодисковый сошник

Однодисковый сошник сеялки содержит подпружиненный несущий рычаг *1*, опорное колесо *2*, семяпровод *3*, дисковый нож *4*, выполненный полым заодно с семяпроводом *3* формирователь бороздки *5* установленные на крепежных рычагах *6*, *7* и *8* с возможностью регулирования в вертикальном направлении прикатывающий *9*, заделывающий *10* и очищающий *11* колеса.

Формирователь бороздки *5* снабжен семянаправителем *12* в виде гибкой пластины с возможностью отклонения при возникновении чрезмерного усилия. Опорное колесо *2* установлено на несущем рычаге *1* с наружной стороны дискового ножа *4*.

Прикатывающее колесо выполнено с резиновым ободом. Очищающее колесо *11* выполнено с зубовыми очистителями *13*, направленными навстречу движению сошника. Давление сошника на почву регулируется нажимной пружиной сжатия *14*. Дисковый нож *4* выполнен плоским со сформированным односторонним режущим лезвием. Опорное колесо *2* выполнено с возможностью регулирования по высоте.

Заделывающее колесо *10* выполнено в виде цилиндрического колеса с резиновым ободом, рабочая поверхность которого выполнена ребристой, при этом ребра *15* выполнены высотой 2…4 мм, расположены под углом друг к другу симметрично вертикальной плоскости симметрии заделывающего колеса *10* и при пересечении между собой образуют тупые углы, вершины которых расположены на вертикальной плоскости симметрии заделывающего колеса *10* и направлены в его нижней части против направления движения сеялки (в сторону противоположную дисковому ножу *4*), а в верхней части по направлению движения, причем ребра наклонены к оси или параллельной ей линии вертикально расположенной по направлению движения плоскости симметрии заделывающего колеса *10* под углом α большим угла трения почвы о резину 30…42 градусов [2],

причём при отношении размеров наружного диаметра *D* опорного колеса *2* к наружному диаметру *d* заделывающего колеса *10* равном 1,2…1,3 они соединены между собой клиноременной передачей 16 с передаточным отношением равным единице.

Однодисковый сошник сеялки работает следующим образом.

При движении сошника дисковый нож *4* разрезает почву и растительные остатки на глубину заделки семян и гранулированных удобрений. Разрезанный слой почвы сдвигается в сторону за счет одностороннего лезвия дискового ножа *4*, а формирователь бороздки *5* образовывает бороздку постоянной заданной глубины с равномерно уплотненным ложем и стенками. Семена, перемещаясь по семяпроводу *3* в образованную бороздку, поступают на семянаправитель *12*, после которого семена и удобрения равномерно укладываются на дно бороздки. Налипшая почва удаляется с поверхности внутренней стороны дискового ножа *4* посредством формирователя бороздки *5*. Прикатывающее колесо *9* прижимает семенной материал ко дну бороздки, а заделывающий *10* колесо разравнивает за счет воздействия ребер *15* с движением их в зоне взаимодействия с почвой относительно поверхности поля по направлению движения сеялки, за счет передачи соответствующего вращающего момента с помощью клиноременной передачи *16* от опорного колеса *2*, и уплотняет слой почвы над семенами, обеспечивая этим оптимальные условия для их произрастания.

В процессе движения сошника семянаправитель *12* в виде гибкой пластины предотвращает раздувание семенного материала воздушными потоками пневмотранспортной системы и укладывает семенной материал на дно борозды, прикатывающее колесо *9* придавливает семенной материал ко дну борозды для формирования оптимальных условий для всходов, заделывающее колесо *10* предназначено для закрытия борозды, а очищающее колесо *11* сдвигает в сторону пожнивные остатки для облегчения резания дискового ножа *4* и препятствует самовыглублению сошника при наезде на крупные стебли и скопления пожнивных остатков. Нажимная пружина сжатия *14* обеспечивает усилие врезания дискового ножа *4*. Глубина высева регулируется опорным колесом *2*, перемещаемым относительно режущего лезвия дискового ножа 4, который установлен под углом к оси несущего рычага *1*, что позволяет не только прорезать, но и раздвигать почву. Семенной материал и гранулированные удобрения подаются в семяпровод *3* с внутренней стороны дискового ножа *4*.

Для очистки почвы от пожнивных остатков и стеблей перед проходом дискового ножа *4* установлено под углом к направлению движения сошника очищающее колесо, при движении проникающее в почву зубовыми очистителями *13* и сдвигающее пожнивные остатки с поверхности почвы в сторону для облегчения врезания дискового ножа *4*.

Предлагаемый сошник обеспечивает поддержание на постоянном заданном уровне глубину заделки семян и формирование равномерно уп-

лотненного ложа на постоянной глубине почвы, что позволяет улучшить качественные показатели посева семян.

Список использованной литературы

1. Юсупов, Р.Ф. Результаты экспериментальных исследований посевной секции для посева по нулевой технологии / Р.Ф. Юсупов [и др.] // Аграрная наука в инновационном развитии АПК : Материалы международной научно-практической конференции в рамках XXV Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2015». Часть II. – Уфа : Башкирский ГАУ, 2015 – С. 319–322.
2. Шило, И.Н. Механический предохранитель рабочего органы машины для обработки почвы / И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, В.А. Агейчик // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 1 – С.30–33.
3. Сабликов, М.В. Сельскохозяйственные машины. Ч.2 / М.В. Сабликов. – М.: «Колос», 1968, – С. 8–9.
4. Бондаренко, Д.Н. Двухдисковый двухстрочный сошник для способа узкорядного посева / Д.Н. Бондаренко, В.Н. Еднач, Н.Д. Лепешкин // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 22–24 ноября 2017 г. – Минск : БГАТУ, 2017. – С. 75–77.
5. Расчет тягового усилия сошника зернотуковой сеялки для подпочвенного разбросного посева / С.О. Нукешев, Н.А. Какабаев, Н.Н. Романюк, А.М. Хартанович // Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. – Алматы. – 2020. – №4. – С. 325–334.
6. Совершенствование конструкции сошника для разбросного подпочвенного посева зерновых культур / С.О. Нукешев, Н.Н. Романюк, Н.А. Какабаев // Сборник научных статей Междунар. науч.-практич. конф. ««Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве», 8– 9 июня 2016 г . / редкол. : Н.Н. Романюк [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2016. – С.66–70.

Summary. The proposed coulter ensures that the depth of seed embedding is maintained at a constant set level and the formation of an evenly compacted bed at a constant depth of soil, which improves the quality of seed sowing.

УДК 636.083

Бакач Н.Г., кандидат технических наук, доцент;
Жилич Е.Л., заведующий лабораторией механизации процессов производства молока и говядины;
Бернацкая Д.В., научный сотрудник
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Аннотация. Рассмотрены основные параметры формирования микроклимата в животноводческих помещениях, такие как температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, хи-

мический состав воздуха, наличие взвешенных частиц пыли и микроорганизмов, освещенность, ионизация воздуха.

Ключевые слова. Параметры, микроклимат, система вентиляции, влажность, температура, освещенность, ионизация воздуха.

Abstract. Main parameters of formation of mic-rocklimate in livestock premises, such as air temperature, relative humidity, air velocity, air chemical composition, presence of suspended dust particles and micro-organisms, illumination, air ionization are considered.

Keywords. Parameters, microclimate, ventilation system, humidity, temperature, illumination, air ionization.

В обеспечении рентабельности животноводческих предприятий на промышленной основе большую роль играют биотехнологические факторы, в частности микроклимат, который наряду с кормлением определяет оптимальные условия существования животных. Известно, что между организмом и средой его обитания существует тесная и неразрывная связь. При этом совокупность факторов внешней среды постоянно воздействует на организм, вызывая в нем различные ответные реакции.

Нарушение оптимальных условий содержания или несоответствие среды естественному проявлению этологических реакций животных приводит к изменению гомеостатического равновесия в организме, вызывая в нем состояние напряжения – стресс, который приводит к потере продуктивности, увеличению затрат кормов и преждевременной выбраковке, а также падежам животных.

Микроклиматом животноводческих помещений называется совокупность физических и химических факторов сформировавшейся внутри них воздушной среды [1]. К важнейшим параметрам микроклимата относят: температуру воздуха, относительную влажность воздуха, скорость движения воздуха, химический состав воздуха, наличие взвешенных частиц пыли и микроорганизмов, освещенность.

Важными факторами, влияющими на формирование микроклимата, являются также: температура внутренних поверхностей ограждающих конструкций, величина лучистого теплообмена между конструкциями и животными и ионизация воздуха.

По принципу действия системы вентиляции делят на: естественную (гравитационную), принудительную с механическим побудителем потока, комбинированную.

Работа системы естественной вентиляции основывается на перепадах давления внутри и снаружи зданий. Холодный воздух с улицы вытесняет теплый, который находится в животноводческих помещениях. Благодаря этому осуществляется его естественная циркуляция [2].

Важно учитывать, что такая вентиляционная система будет эффективной только в том случае, если разница температуры снаружи и внутри составляет не менее плюс 8–10 °С. Естественно, летом такого перепада не

будет. Поэтому в помещении нет необходимой циркуляции воздушного потока, возникнет застой [3].

Когда на улице температура ниже минус 15 °С, необходимо контролировать приток кислорода при помощи заслонок. Он должен поступать в ограниченном количестве, так как тепла, которое выделяется телом животных, будет недостаточно для его обогрева. Также в качестве альтернативы можно предусмотреть отопление животноводческих помещений [1, 3].

Расчет необходимого воздухообмена животноводческого помещения является начальным этапом при проектировании системы микроклимата и производится по предельно допустимым зоогигиеническим нормам с учетом содержания углекислоты, аммиака, а также уровня влажности воздуха в помещении для разных видов животных.

Наряду с созданием необходимого воздухообмена в помещениях, большое внимание следует уделять поддерживанию оптимального температурно-влажностного режима [3], поскольку благоприятная температура – одно из необходимых условий для нормального течения обмена веществ в организме животных.

При температуре ниже критической усиливается обмен веществ (у крупного рогатого скота – на 2–3 %, у свиней – на 4 % на каждый градус понижения), что приводит к увеличению расхода кормов (на 15–30 % и более), так как организму животного необходима дополнительная теплота, чтобы сохранить температуру тела постоянной.

Оптимальной температурой называют температуру, при которой животные проявляют наивысшую продуктивность при минимальных затратах кормов и средств на обеспечение микроклимата [2].

При температуре воздуха выше 26 °С снижается удой коров в среднем на 30 % и жирность молока до 40 %. Длительное содержание коров при температуре 30 °С приводит к их временной стерильности.

Для формирования и поддержания оптимального температурно-влажностного режима, на сегодняшний день, существует ряд конструктивных решений. Одним из таких технологических вариантов является система охлаждения воздуха помещений туманом (мелкодисперсионное орошение), которая является передовой и наиболее прогрессивной на мировом рынке оборудования по регулированию микроклимата.

Система туманного охлаждения – это линии с распылительными форсунками, установленные параллельно боковых стен помещения. С помощью насоса вода под высоким давлением проходит через форсунки, таким образом образуется высокодисперсный туман.

Использование системы туманообразования, без системы вентиляции недопустимо и должно осуществляться под контролем средств автоматики, работающих с индексом THI для достижения определенного показателя влажности.

Важным параметром, определяющим эффективность вентиляции в помещении коровника, является скорость движения воздуха. Недостаточ-

ное или избыточное движение воздуха может привести к неравномерному распределению тепла, утрате влаги и нарушению обмена тепла между коровами и окружающей средой.

Оптимальная скорость движения воздуха (в коровниках для беспривязного и привязного содержания, зданиях для молодняка и скота на откорме в холодный период года нормируется в пределах 0,5 м/с, допустимая в теплый период 1,0 м/с) обеспечит равномерное распределение тепла, поддерживая приятную температуру для животных и предотвращая появление зон с перегревом или переохлаждением.

Также различными учеными и исследователями доказано значительное влияние химического состава воздуха на продуктивность сельскохозяйственных животных.

В воздухе плохо проветриваемых животноводческих помещений можно обнаружить довольно значительную примесь аммиака. Этот ядовитый газ образуется при разложении мочи, кала, грязной подстилки. При гниении кала в результате разложения его в жижеприёмниках и в других местах в воздухе помещений при плохом их проветривании накапливается сероводород (H_2S). Вследствие этого возникает целый ряд нарушений в состоянии организма, а именно воспаление слизистых оболочек, кислородное голодание, нарушение функции нервной системы (паралич дыхательного центра и центра управления кровеносных сосудов) и многое другое.

Помимо химического состава воздуха в животноводческих помещениях необходимо учитывать пылевую и микробную обсемененность.

От размера пыли зависит длительность нахождения ее в воздухе и влияние на организм животных. Наибольшую опасность представляют частицы размером менее 5 мк. Они могут проникать в самые глубокие отделы дыхательных путей – альвеолы, оседать там и вызывать раздражение слизистых оболочек, а затем их воспаление [3].

Загрязнение кожи животных пылью минерального и растительного происхождения, выделением сальных и потовых желез, омертвевшими клетками эпидермиса и микроорганизмами вызывает раздражение, зуд и воспалительные процессы.

Помимо оптимального температурно-влажностного режима имеет место контроль освещения животноводческих помещений. Освещенность является одним из важных параметров микроклимата, обеспечивающих нормальный рост и развитие животных, находящихся в помещениях. Достаточное и правильное освещение в коровнике способствует образованию витамина А, бетакаротина и витамина D3, в том числе, свет положительно влияет на гормональный баланс молочных коров. Выделение мелатонина (гормона сна) подавляется, что приводит к увеличению времени активности.

Перемены в микроклимате могут серьезно отразиться на здоровье животных и снизить их продуктивность, в среднем на 30 %. Особенно тяжело переносят это высокопродуктивные коровы и племенной скот. При этом, ес-

ли говорить о температуре, вредны как очень низкие показатели, так и жара, причем духоту крупный рогатый скот переносит особенно тяжело. Именно поэтому, для сохранения высокой продуктивности и биологического потенциала животных необходимо уделять особое внимание системам содержания.

Список использованной литературы

1. Дидактические материалы по гигиеническим расчетам при проектировании животноводческих объектов : учеб.-метод. пособие для студентов биотехнологического факультета по специальности 1-74 03 01 «Зоотехния» / В.А. Медведский [и др.]. – Витебск : ВГАВМ. – 2017. – 52 с.

2. Карташова А.Н. К вопросу обеспечения оптимального микроклимата животноводческих помещений / А.Н. Карташова, М.И. Закревский // Ветеринарные и зооинженерные проблемы животноводства : материалы I Международной научно-практической конференции (г. Витебск, 28–29 ноября 1996 г.) / Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск. – 1996. – С. 183.

3. Медведский, В.А. Зоогигиена с основами проектирования животноводческих объектов. Практикум : учеб. пособие / В.А. Медведский. – Минск : ИВЦ Минфина. – 2018. – 328 с.

Summary. Changes in the microclimate can seriously affect the health of animals and reduce their productivity, on average by 30%. This is especially difficult for highly productive cows and livestock. At the same time, if we talk about temperature, both very low indicators and heat are harmful, and cattle tolerate stuffiness especially hard. That is why, in order to maintain high productivity and biological potential of animals, special attention must be paid to containment systems.

УДК 637.116.2

Бакач Н.Г., кандидат технических наук, доцент;
Жилич Е.Л., заведующий лабораторией механизации процессов производства молока и говядины;
Рогальская Ю.Н., научный сотрудник;
Никончук В.В., научный сотрудник
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДОИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ВЫМЕНИ КОРОВЫ ПРИ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ДОЕНИЯ

Аннотация. Подробно рассмотрены системы позиционирования доильного аппарата на вымени с помощью 3D-камер, лазера и ультразвуковых датчиков.

Ключевые слова. Доильное оборудование, позиционирование, робот, вымя, лазер, ультразвуковой датчик, сосок, доильный аппарат.

Abstract. Systems for positioning the milking machine on the udder using 3D cameras, lasers and ultrasonic sensors are examined in detail.

Keywords. Milking equipment, positioning, robot, udder, laser, ultrasonic sensor, nipple, milking machine.

Доильная робототехника – это совокупность автоматических программируемых устройств, выполняющих все операции доильного цикла с высокой точностью, повторяемостью и низкой вариативностью результатов без участия человека или посредством команд оператора [1].

Роботы для автоматизированной системы доения выполняют множество функций, а именно: подготавливают вымя перед подключением доильного аппарата; находят соски и подключают к ним доильный аппарат; своевременно снимают доильный аппарат; дезинфицируют сосковую резину; подсчитывают количество шагов коровы, сделанных ею после последней дойки (выявление коров в охоте).

Из второстепенных функций – роботы подают сигналы селекционным воротам для выборки проблемных коров, измеряют удой молока, кислотность, температуру, количество соматических клеток и т.д.

Роботизированная технология доения коров имеет как существенные преимущества, так и определенные недостатки. В качестве основного недостатка можно выделить сложность при позиционировании доильного оборудования на вымени коров, ввиду чего при формировании стада приходится отбраковывать до 15 % коров, которые не соответствуют требованиям к роботизированной системе доения [2].

При проектировании и создании манипулятора доения производители выбирают из следующих способов позиционирования доильного аппарата на вымени:

– с помощью 3D-камер;

– с помощью лазера;

– с помощью ультразвуковых датчиков.

Необходимо отметить, что большинство производителей комбинируют несколько из вышеперечисленных устройств, облегчающих процесс позиционирования.

Основным и наиболее распространенным способом позиционирования доильного оборудования является использовании 3D-камер, которые составляют основы технического зрения.

В таких камерах применяется технология RGBD (в переводе с английского – красный, зеленый, синий, глубина). Данная технология позволяет обрабатывать 2D-изображения RGB и данные 3D-глубины с помощью датчика глубины. Этот датчик основан на активном стереофоническом подходе,

который использует инфракрасный структурированный свет для вычисления глубины 3D из сцены. Карта глубины строится путем анализа закодированного изображения инфракрасного лазерного излучения и трансформируется в трехмерное «облако» точек. Этот датчик имеет лучшее разрешение, чем его аналоги TOF-камеры времяпролетного действия (Time of Flight) [3].

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 [3].

Хотя технология RGBD является более надежной, но большинство производителей используют TOF-камеры в комплексе с другими устройствами, облегчающими процесс 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.

Последним действием в системе наведения служит отдельное лазерное трехуровневое сканирование каждого соска. Это позволяет системе определять нахождение каждого соска в пространстве относительно нулевой точки, скорректировать положение манипулятора и произвести одевание доильного стакана.

В доильном роботе DeLaval – VMS система технического зрения установлена непосредственно «в руке» манипулятора. 3D-камера определяет местоположение вымени и сосков относительно манипулятора. Также в доильном роботе DeLaval – VMS присутствует система определения упитанности животных, основанная на использовании этих же камер.

Доильный робот GEA Farm Technologies – MIone для определения вымени и сосков использует 3D TOF-камеру без лазерных излучателей. 3D-камера установлена в «руке» манипулятора [4].

Основными недостатками текущих систем и 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.

На сегодняшний день в совокупности с 3D-камерами целесообразно применение лазерных и ультразвуковых датчиков расстояния.

Использования датчиков расстояния способствует более быстрому определению расположения до сосков и их крайних точек.

Благодаря использованию данных датчиков манипулятор более точно корректирует свое местоположение, что позволяет системе определять нахождение каждого соска в пространстве относительно нулевой точки, скорректировать положение манипулятора и произвести одевание доильного стакана.

Проведенный анализ промышленных систем позиционирования доильного оборудования ведущих зарубежных фирм, используемых при роботизированной системе доения, показывает их конструктивную схожесть. Исходя из вышеизложенного, целесообразно обобщить опыт проектирования промышленных и специализированных роботов для доения коров с целью разработки и создания доильного робота отечественного производства.

Список использованной литературы

1. Кирсанов, В.В. Направления исследований в создании автоматизированных систем почетвертного доения для станочных доильных установок / В.В. Кирсанов [и др.] // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2017. – № 4 (28). – С. 16–20.

2. Кирсанов, В.В. Концепция, модели и схемы дифференцированного управления в роботизированном манипуляторе доения / В.В. Кирсанов [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – № 22 (1) – С. 128– 135.

3. Кирсанов, В.В. Сравнительный анализ и подбор систем технического зрения в молочном животноводстве / В.В. Кирсанов [и др.] // ВЕСТНИК НГИЭИ. – 2019. – №1 (92). – С. 69–79.

4. Концепция «Разумного доения» компании GEA. Иллюстрированное руководство по оптимальной технике доения коров / Н. Шуринг // Copyright 2016 by GEA Farm Technologies, Inc. – USA. – 160 с.

Summary. The analysis of industrial positioning systems of the leading foreign companies used in the robotic milking system shows their structural scheme. Based on the above, it is advisable to generalize the experience of designing industrial and specialized robots for milking cows in order to develop and create a milking robot of domestic production.

УДК 631.171:636.064.6

Комлач Д.И.[1], кандидат технических наук, доцент,
Жилич Е.Л.[1], заведующий лабораторией механизации процессов производства молока и говядины;
Рогальская Ю.Н.[1], научный сотрудник;
Бондаренко И.И.[2], кандидат технических наук, доцент
[1]*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь*
[2]*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» г. Минск, Республика Беларусь*

СУЩЕСТВУЮЩИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОМЕРОВ ТЕЛА И ЖИВОЙ МАССЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Аннотация. Рассмотрены существующие системы дистанционного определения промеров тела и живой массы сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова. Автоматизация, промеры тела, упитанность, живая масса, дистанционная система, измерение.

Abstract. Existing systems for remote determination of body measurements and live weight of agricultural animals are considered.

Keywords. Automation, body measurements, fatness, live weight, remote system, measurement.

Введение. Перспективное направление в создании ферм нового поколения – полная автоматизация производственных процессов, превращение биотехнического комплекса фермы в гибкую самоадаптирующуюся систему машин, параметры и режимы которых увязаны с продуктивностью животных. При этом, в качестве важнейших элементов производственного процесса вычленяются животные, корма, комплекс машин, кадры и условия содержания, в совокупности составляющие сложную биотехническую систему «человек-машина-животное» [1].

Практическая реализация производственных операций и специфических приемов организации и управления процессами в таком случае осуществляется по V и VI-му технологическим укладам, то есть с использованием информационно-коммуникационных технологии, элементов искусственного интеллекта и робототехники на основе микро- и радиоэлектроники, биотехнологий, включая генно-инженерные и клеточные технологии.

Ферма, работающая по такому принципу, может классифицироваться как «умная».

Основная часть. В настоящее время в сельском хозяйстве одной из наиболее трудоёмких технологических операций является взвешивание животных. Перевеска скота в сельскохозяйственных организациях проводится не менее двух раз в месяц и требуется для определения состояния здоровья животного, количества необходимого корма, готовности к убою и прочее [2]. Для взвешивания используются либо стационарные, либо передвижные весы, что требует значительных затрат времени и человеческих ресурсов. Другие параметры животных (например, объём тела, площадь шкуры и т. п.), в настоящее время определяются только после убоя, поскольку это очень затратный и в целом небезопасный процесс.

Именно поэтому для повышения эффективности процесса определения живой массы и промеров тела животного необходимо разработать устройство дистанционного определения данных показателей, что в конечном итоге позволит снизить риск опасной реакции животных на стресс и существенно сократить время получения промеров.

На сегодняшний день бесконтактные дистанционные измерения параметров экстерьера животных представляют значительный интерес как для животноводства в целом, так и в частности в селекционно-племенной работе с крупным рогатым скотом. Измерение животных или взятие промеров является более объективным способом, по сравнению с глазомерной и пунктирной оценкой [3].

Промеры берут с помощью мерной палки, циркуля, штангенциркуля и мерной ленты. Чтобы показатели были более точными, измерения делают дважды, а некоторые промеры берут с обеих сторон тела. Между промерами животных и их живой массой отмечается определенная взаимосвязь. Это дает возможность определить живую массу скота по величине промеров. Однако, осуществление данных промеров вручную зачастую является затруднительным и требует значительных затрат времени.

Для снижения трудовых и материальных ряд производителей предлагают различные дистанционные системы определения промеров тела и упитанности. Как пример компания DeLaval предложила систему определения упитанности коров DeLaval BCS.

Данная система позволяет не только получать данные о состоянии животных в режиме реального времени, но и более эффективно распределять рабочее время специалистов, ранее задействованных для оценки упитанности. Также ежедневный подсчет балла позволяет своевременно скорректировать рацион как для каждого животного индивидуально, так и для группы или стада в целом.

Исполнительным элементом данной системы является камера (рисунок 1).



Рисунок 1 – Камера DeLaval BCS

Система определения упитанности коров BSC определяет баллы упитанности с высокой точностью. Камера DeLaval BCS устраняет неточности ручной оценки. IR проектор освещает необходимые слои, IR камера считывает эти слои, камера постоянно записывает движение коровы, до момента хорошего расположения животного [4].

Любые отклонения позволяют предпринимать профилактические действия на ранних стадиях, что позволяет сохранить высокую продуктивность животных.

Также компания DeLaval выпускает робота-дояра с поддержкой технологии автоматического определения упитанности коров VMS Spectra.

Следующим представителем системы дистанционного определения живой массы является приложение «Ангус» фирмы «ИнфоТеКС», позволяющее менее, чем за минуту определить вес животного дистанционно. Комплекс «Ангус» включает в себя смартфон, сканер, и разработанное программное обеспечение.

Программа «Ангус» позволяет вести электронный учет, фиксирующий показатели веса животного от 5-месячного возраста пород: Голштинская, Ангус, Шароле, Аквитанская светлая, Герефорд, Лимузин.

Программное обеспечение сопоставляет снимок животного с эталонным силуэтом, учитывая возраст и пол животного, и далее выводит на экран мобильного устройства показатели веса с точностью 95 %. Общий вид приложения «Ангус» представлен на рисунке 2.

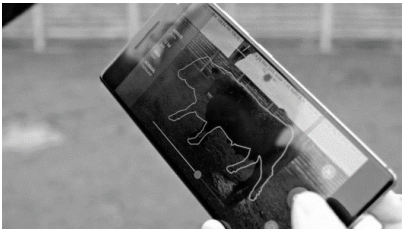


Рисунок 2 – Общий вид приложения «Ангус»

На сегодняшний день комплекс «Ангус» помимо определения веса КРС также способен определять вес свиней. В данном случае полная система машинного зрения включает в себя источник света, объектив, камеру, карту захвата изображения, платформу обработки изображения, а также программное обеспечение машинного зрения.

В области молочного скотоводства более широкое распространение получила система для дистанционной оценки упитанности молочных коров BCS Cowdition Bayer AG на базе мобильных устройств от подразделения Bayer Animal Health. Программное обеспечение Bayer's BCS Cowdition находится в свободном доступе.

Программное обеспечение BCS Cowdition – это инновационное расширение пятибалльной системы BCS, целью которого является предоставление детального описания коров с различным состоянием здоровья – варьирующимся от пониженного веса, нормального веса до избыточного.

В данной системе представлены практически все «импортные» породы, однако отсутствуют породы, распространенные в странах СНГ. Имеющаяся возможность сопоставления с генетически наиболее близкой породой, в свою очередь дает дополнительный процент погрешности при определении живой массы и промеров тела животного.

Для оценки упитанности предусмотрено три шкалы:

– стандартная 5-ти бальная BCS шкала;

– австралийская 8-ти бальная BCS шкала;

– новозеландская 10-ти бальная BCS шкала.

При работе приложения для оценки упитанности используются шаблоны очертания, которые необходимо сопоставлять с силуэтом коровы.

Также фирма Bayer выпускает систему для дистанционной оценки упитанности свиноматок BCS SowDition, которая позволяет определять индекс их упитанности значительно быстрее аналогов. Приложение определяет индекс упитанности, исключая погрешности, связанные с визуальной оценкой.

Оба приложения BCS обладают интуитивным интерфейсом, просты в использовании, и не требуют значительного времени на обучение персонала. Приложения значительно сокращают затраты времени, записывая, храня и анализируя данные по измеренным индексам упитанности, помогая отслеживать показатели во времени.

Заключение. Несмотря на наличие на рынке систем дистанционного определения промеров тела и живой массы сельскохозяйственных животных, их использование в Республике Беларусь является затруднительным, поскольку они имеют ряд недостатков. В случае с системой определения упитанности коров DeLaval BCS – это высокая стоимость и необходимость приобретения и монтажа комплекса управления стадом DeLaval DelPro. В двух других – это отсутствие в каталоге приложений распро-

страненных пород коров в республике, что в последующем негативно отразится на точности измерений. Также используемые сканеры и алгоритмы определения упитанности имеют ряд недостатков, в виду сложностей возникающих при наложении программных шаблонов на животное, находящееся в динамике, поскольку в данном случае невозможно четко сопоставить силуэт животного с соответствующим шаблоном.

Другой, немаловажной причиной является алгоритмизация при обработке полученного двумерного изображения, в виду невозможности определения минимально установленного количества промеров тела. Также, необходимо отметить отсутствие возможности интеграции всех вышеуказанных систем в отечественную систему управления менеджментом стада.

Список использованной литературы

1. Тимошенко, В.Н. Технологическая концепция и конструктивно-технические решения молочно-товарного комплекса нового поколения / В.Н. Тимошенко [и др.] // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2022. – № 25-2. – С. 83–93.

2. Хакимов, И.Н. Балльная оценка упитанности мясных коров и её взаимосвязь с промерами тела / И.Н. Хакимов, Р.М. Мударисов, А.Л. Акимов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 40–46.

3. Ганущенко, О. Оценка упитанности коров и ее практическая значимость / О. Ганущенко // Ветеринарное дело (Минск). – 2020. – № 11. – С. 26–35.

4. Павкин, Д.Ю. Бесконтактная оценка упитанности молочных коров с использованием ToF-технологии / Д.Ю. Павкин [и др.] // Агроинженерия. – 2021. – № 2 (102). – С. 39–44.

Summary. The existing systems for remote determination of body measurements and live weight of farm animals are considered.

УДК 636.084.74

Бакач Н.Г., кандидат технических наук, доцент,
Никончук В.В., научный сотрудник;
Рогальская Ю.Н., научный сотрудник;
Бернацкая Д.В., научный сотрудник
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь

ПОГРУЗЧИК-СМЕСИТЕЛЬ-РАЗДАТЧИК КОРМОВ

Аннотация. Разработан погрузчик-смеситель-раздатчик кормов, предназначенный для погрузки, смешивания и раздачи полнорационных кормосмесей для различных половозрастных и высокопродуктивных групп животных на фермах крупного рогатого скота.

Ключевые слова. Погрузчик-смеситель-раздатчик кормов, энергоемкость, металлоемкость, кормосмесь, кормовой стол, фрезбарабан.

Abstract. A forklift-mixer-feed distributor has been developed, designed for loading, mixing and distributing full-ration feed mixtures for various age and sex groups of animals on cattle farms.

Keywords. Forage loader-mixer-distributor, energy-density, metal consumption, feed mixture, forage table, milling drum.

Введение. Недостатками известных погрузчиков-смесителей-раздатчиков является наличие большого количества механизмов, приводящее к большой металлоемкости, энергоемкости, низкой надежности. Недостатком мобильных погрузчиков-смесителей-раздатчиков является невозможность приготовления полнорационных кормосмесей для различных групп животных, а также не приспособленность к приему и дозированной раздаче жидких кормовых добавок и раздает корма только на кормовой стол.

Ликвидация указанных недостатков позволит приготавливать полнорационные кормосмеси для любых групп животных, уменьшить металлоемкость, энергоемкость процесса, капиталоемкость оборудования и повысить производительность труда на процесс приготовления и раздачи кормов.

Основная часть. Погрузчик-смеситель-раздатчик кормов предназначен для погрузки, смешивания и раздачи полнорационных кормосмесей для различных половозрастных и высокопродуктивных групп животных на фермах крупного рогатого скота.

Изобретение относится к области сельского хозяйства, и в частности, к механизации процесса погрузки, смешивания и раздачи кормов на фермах крупного рогатого скота.

Известен погрузчик-смеситель-раздатчик кормов [1], содержащий установленные параллельно две секции бункеров, для стебельчатых кормов и высокоэнергетической кормосмеси с рабочими органами. Так для высокоэнергетических кормов установлена мешалка, выполненная в виде вала, на котором закреплены со смещением относительно друг друга лопасти, на конце которых установлены под углом к оси вала ножи-лопатки и на внутренней поверхности бункера, в рабочей зоне ножей-лопаток, закреплены деки, рифы которых выполнены в виде клиньев, установленных под углом к оси.

Такое усложнение смесителя высокоэнергетических кормов потребовалось, поскольку погрузчик-смеситель-раздатчик должен был принимать не только комбикорм, но и корнеклубнеплоды. В настоящее время во всех развитых странах, в том числе и в Беларуси, корнеклубнеплоды в рационах животных не используются.

Недостатком указанного погрузчика-смесителя-раздатчика является наличие перечисленных механизмов, что приводит к уменьшению надежности машины, усложнению ее устройства, привода, требующих как дополнительных затрат энергии, так и увеличение металлоемкости, стоимости погрузчика-смесителя-раздатчика. Кроме того, в нем отсутствует уст-

ройство для приема и дозированной раздачи жидких кормовых добавок таких как патока, пивная дробина и т. д.

Известные самоходные погрузчики-смесители-раздатчики кормов «Матрикс» [2], содержащие, установленные на колесном ходу раму, на которой спереди установлены кабина водителя, а сзади бункер-смеситель.

Для загрузки стебельчатых кормов и комбикормов в бункер-смеситель имеется фрезбарабан, который размещен спереди кабины и винтовой конвейер с гидроподъемником.

Недостатками мобильных погрузчиков-смесителей-раздатчиков является не возможность приготавливать полнорационные кормосмеси для любых половозрастных и других групп животных, а также отсутствие приема и дозированной раздачи жидких кормовых добавок.

Наиболее близким к заявленному техническому решению является погрузчик-смеситель-раздатчик кормов [3], содержащий установленные на колесном ходу два бункера для стебельчатых кормов и высокоэнергетических кормов. В бункере высокоэнергетических кормов установлена мешалка, выполненная в виде вала, на котором закреплены со смещением относительно друг друга лопатки, на концах которых установлены под углом к оси вала ножи-лопатки, при этом на внутренней поверхности бункера, в рабочей зоне ножей-лопаток закреплены деки, а под мешалкой параллельно ее валу установлены наружный и внутренний шнеки, причем на внутреннем шнеке выполнены встречные навивки, между которыми установлены лопатки, а в рабочей зоне наружного шнека выполнено перекрываемое дозирующей заслонкой выгрузное окно, а другое выгрузное окно с заслонкой выполнено около торца этого шнека, при этом в зоне выгрузки стебельчатых и высокоэнергетических кормов, частично перекрывая ее, установлен шарнирно на вертикальной оси свободно вращающий усеченный конус.

Недостатком наиболее близкого по техническому решению погрузчика-смесителя-раздатчика является наличие большого количества механизмов, приводящие к большой металлоемкости, энергоемкости и капиталоемкости.

Кроме того, он не приспособлен к приему и дозированной раздаче жидких кормовых добавок, способствующих балансировать сахаропротеиновое соотношение, требует дополнительных механических средств для загрузки комбикормов и может раздавать подготовленную кормосмесь только в коровниках, оборудованных кормовыми столами.

Все вышеперечисленное приводит к большой металлоемкости, энергоемкости, большим трудовым затратам на процесс приготовления и раздачи кормов и большим расходам кормов на получаемую продукцию.

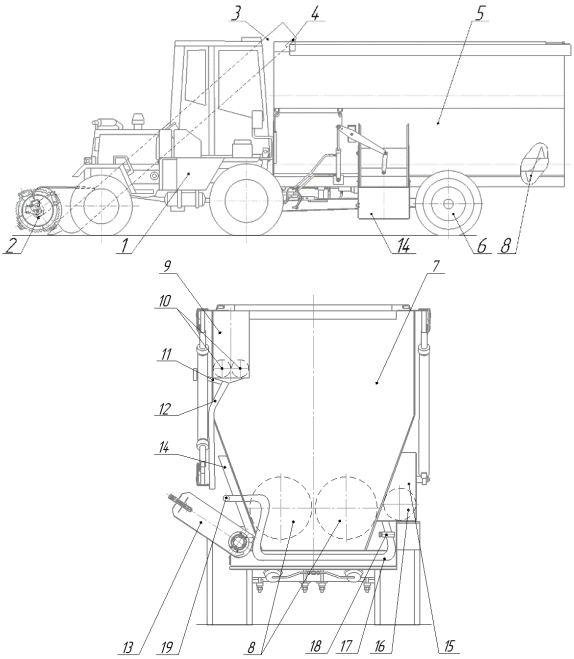
Задачей предлагаемого изобретения является уменьшение капиталоемкости, металлоемкости, энергоемкости, расхода кормов и увеличение производительности труда.

Решение поставленной задачи достигается тем, что предлагаемый погрузчик-смеситель-раздатчик кормов, содержащий бункер для стебельчатых кормов, на дне которого установлены два выравнивающе-выгрузных

конвейера, бункер для комбикормов с выгрузным конвейером, емкость для жидких кормов с выгрузным шнеком с крышкой, сборный транспортер для выгрузки кормосмеси в кормушку или на кормовой стол навешены на трактор и опираются на два самоустанавливающиеся колеса, фиксируемые в прямом движении только при движении назад и для загрузки стебельчатых кормов и комбикормов в разные бункера он оборудован фрезбарабаном с винтовым или ленточным конвейером, имеющим на выгрузном конце шиберный затвор, направляющий поток кормов в тот или другой бункер.

Навеска на трактор бункера стебельчатых кормов совместно с другими бункерами, опирающиеся на два самоустанавливающиеся колеса, фиксируемые в прямом направлении только при движении назад, и фрезбарабана с винтовым или ленточным конвейером, имеющие на конце шиберный затвор, направляющий поток кормов в тот или другой бункер, позволяет упростить процесс загрузки кормов, увеличить производительность процесса приготовления и раздачи кормов, уменьшить металлоемкость, капиталовложения, расход жидкого топлива и обслуживающего персонала.

На рисунке 1*а* представлен вид погрузчика-смесителя-раздатчика с боку, а на рисунке 1б вид сзади.



а)

б)

а) вид сбоку; *б*) вид сзади

Рисунок 1 – Погрузчик-смеситель-раздатчик кормов

Погрузчик-смеситель-раздатчик (рисунок 1а) состоит из трактора *1*, на котором спереди навешен фрезбарабан *2* с погрузочным конвейером *3*, имеющий на конце шиберный затвор *4*, а сзади смеситель-раздатчик кормов *5*, опирающийся на два самоустанавливающиеся колеса *6*, состоящий из бункера стебельчатых кормов *7* (рисунок 1*б*), на дне которого установлены два винтовых выравнивающе-выгрузных конвейера *8*, внутри которого в верхней части установлен бункер *9* комбикормов, оборудованный двумя винтовыми конвейерами *10* и связанный посредством шибера *11* с направляющим лотком *12*, под которым, примыкающим непосредственно к нижней части бункера, установлен сборный ленточный транспортер *13*, над которым установлена, регулирующая поступление стебельчатых кормов, заслонка *14*.

На противоположной стороне бункера стебельчатых кормов, снаружи конической части бункера, установлена емкость *15* для жидких кормов с винтовым выгрузным конвейером *16*, связанным посредством трубопровода *17* с дозирующим вентилем *18* и распылителем жидких кормов *19*, установленным над сборным ленточным транспортером *13*.

Погрузчик-смеситель-раздатчик работает следующим образом.

Погрузчик-смеситель-раздатчик производит загрузку всех кормов по весу (массе) – каждый в соответствующий бункер и доставляет к животным. При подъезде к группе животных оператор включает в работу сборный ленточный транспортер *13*, подающие конвейера *8*, *10*, *16* и затем дозирующие устройства (шибер *11*, заслонку *14*, вентиль *18*).

Все корма одновременно и дозировано поступают на сборный ленточный транспортер *13*. Поскольку сборный транспортер расположен ниже дозирующих устройств других кормов, и начало его движения со стебельчатыми кормами начинается несколько раньше, то комбикорма и жидкие корма всегда поступают на движущиеся разрыхленные стебельчатые корма.

При подъезде к каждой группе животных оператор корректирует работу дозирующих устройств.

Заключение. Результативность производства и объем животноводческой продукции напрямую зависят от уровня и качества кормления животных, а также сбалансированности рационов с учетом питательности кормов для различных групп животных. Поэтому прогрессивным и перспективным направлением развития животноводства является дозированная раздача концентрированных, жидких и комбинированных кормов в зависимости от продуктивности животных и половозрастной группы.

Список использованной литературы

1. Техническое обеспечение животноводства. Учебник для вузов. Санкт-Петербург. Москва, Лань. – 2022. – 516 с.

2. Самоходный смеситель-кормораздатчик Матрикс / Наше сельское хозяйство. – октябрь 2021 г.

3. Погрузчик-смеситель-раздатчик кормов : пат. 9284 Респ. Беларусь, С 1 А01К 5/02 / В.И. Передня, А.В. Китун, В.Н. Глицевич ; заявитель Белорусский гос. аграрный технический ун-т. – № а 20031024 ; заявл. 11.11.2003 ; опубл. 30.06.2005. – 2007.

Summary. The efficiency of production and the volume of livestock products directly depend on the level and quality of animal feeding, as well as the balance of diets, taking into account the nutritional content of feed for various groups of animals. Therefore, a progressive and promising direction in the development of animal husbandry is the dosed distribution of concentrated, liquid and combined feed, depending on the productivity of animals and the sex and age group.

УДК 631.36

Комлач Д.И., кандидат технических наук, доцент,
Цалко С.А., заведующий сектором;
Никончук В.В., научный сотрудник;
Екельчик О.Л., научный сотрудник
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь

ПОДТАЛКИВАТЕЛЬ-РАЗРЫХЛИТЕЛЬ КОРМОВ ПОЛУНАВЕСНОЙ ПКП-0,9

Аннотация. С целью механизации ряда процессов на фермах и комплексах по содержанию крупного рогатого скота, а также для снижения трудозатрат разработан подталкиватель-разрыхлитель кормов полунавесной ПКП-0,9, который предназначен для перемещения грубых кормов и кормосмесей на кормовой стол при одновременном их перемешивании.

Ключевые слова. Подталкиватель-разрыхлитель кормов, грубые корма, кормосмесь, спираль двухзаходная.

Abstract. In order to mechanize a number of processes on farms and complexes for the maintenance of cattle, as well as to reduce labor costs, a semi-suspended PKP-0,9 feed leavening pusher has been developed, which is de-signed to move coarse feeds and feed mixtures to the feed table while mixing them.

Keywords. Feed nudger-disintegrator, coarse feed, feed mixture, two-start spiral.

Введение. На сегодняшний день задача по снижению трудовых затрат при обслуживании крупного рогатого скота на молочно-товарных фермах и комплексах, а также повышение уровня механизации трудоемких процессов остается актуальной.

Для решения поставленной задачи сотрудниками РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан подталкиватель-разрыхлитель кормов полунавесной ПКП-0,9, который предназначен

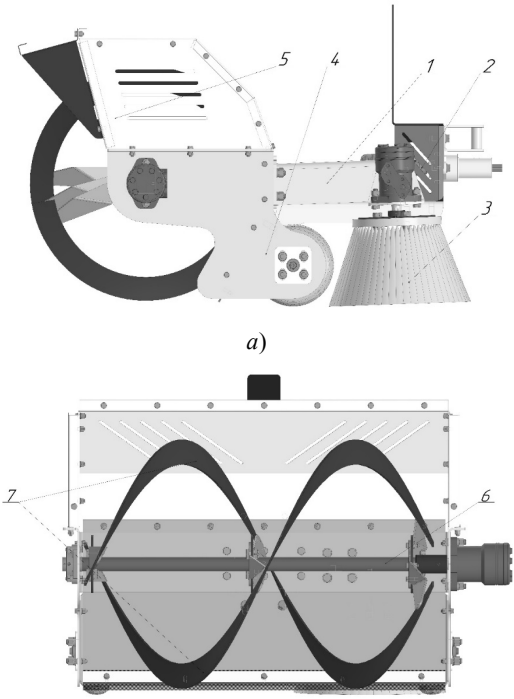
для использования на фермах по содержанию крупного рогатого скота для подталкивания, ворошения и перемешивания большого объёма корма, находящегося на кормовом столе.

Основная часть. Подталкиватель-разрыхлитель кормов полунавесной ПКП-0,9 предназначен для перемещения грубых кормов, таких как сено, солома, силос, сенаж и кормосмесей, с целью их разрыхления и подталкивания с прохода на кормовой стол. Применение данного подталкивателя препятствует слеживанию кормосмеси.

Подталкиватель агрегатируется с мотоблоками, оснащенными ВОМ и мощностью двигателя более 6 л.с.

По отдельной заявке заказчика подталкиватель может поставляться вместе с мотоблоком соответствующей мощности и необходимой комплектации.

На рисунке представлен общий вид подталкиватель-разрыхлитель кормов полунавесной ПКП-0,9.



а)

б)

а) – вид сбоку; *б*) – вид спереди

1 – рама; *2* – привод гидравлический; *3* – щетка радиальная; *4* – опорные колеса; *5* – кожух защитный; *6* – вал; *7* – двухзаходная спираль

Рисунок – Общий вид подталкивателя-разрыхлителя кормов полунавесного ПКП-0,9

Подталкиветель-разрыхлители кормов состоит из рамы *1*, привода гидравлического *2*, щетки радиальной *3*, корпуса с регулируемыми опорными колесами *4*, кожуха защитного *5*, вала *6* с парой двухзаходных спиралей 7.

При движении вдоль кормового стола по кормовому проходу, кормовая масса захватывается парой спиралей двухзаходных, перемешивается и подталкивается в зону досягаемости животного. При этом щетка радиальная обеспечивает полное снятие остатков корма с кормового стола. Кожух защитный предотвращает выбрасывание корма из рабочей зоны пары спиралей двухзаходных.

Техническая характеристика разработанного подталкивателя-разрыхлителя кормов полунавесного ПКП-0,9 представлена в таблице.

Таблица – Техническая характеристика подталкивателя-разрыхлителя кормов полунавесного ПКП-0,9

Наименование показателя	Значение
Марка	ПКП-0,9
Тип	Полунавесной
Габаритные размеры, мм, не более: -длина -ширина -высота	 1250 1150 750
Рабочая скорость, км/ч, не более	4
Масса, кг, не более	150
Диаметр шнека, мм	600 ± 50
Ширина захвата, мм, не более	900
Привод	от автономной гидросистемы
Рабочее давление в гидросистеме, МПа, не более	16,0
Срок службы, лет, не менее	8

Заключение. Использование разработанного подталкивателя-разрыхлителя кормов способствует снижению трудозатрат, а также снижению расхода кормов, при этом за счет одновременного ворошения кормовой массы происходит ее аэрация – корм не слеживается, благодаря чему и сохраняются качественные и вкусовые свойства корма.

Summary. Use of the developed fodder nudger-disintegrator contributes to reduction of labour costs, as well as to reduction of fodder consumption; at that, due to simultaneous agitation of fodder mass, its aeration occurs - fodder does not cake, due to which qualitative and taste properties of fodder are preserved.

УДК 636.083

Комлач Д.И., кандидат технических наук, доцент,
Цалко С.А., заведующий сектором;
Бернацкая Д.В., научный сотрудник
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь

РАСЧЕТ ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Аннотация. Приведен расчет вентиляции животноводческих помещений.

Abstract. The calculation of ventilation of livestock premises is given.

Ключевые слова. Вентиляция, воздухообмен, кратность воздухообмена, влажность, углекислота, водяной пар.

Keywords. Ventilation, air exchange, air exchange rate, humidity, carbon dioxide, water vapor.

Введение. Вентиляция помещений оборудуется с учетом теплоизоляции зданий, количества выделяемого животными тепла, влаги, способа уборки навоза, системы содержания скота и т.д. Вентиляция должна обеспечивать непрерывный воздухообмен в соответствии с зоогигиеническими нормативами. Цель вентиляции – это замена воздуха помещений свежим, наружным. В воздухе животноводческих помещений быстро накапливаются вредные газы, водяные пары, микроорганизмы. С помощью вентиляции поддерживается благоприятный воздушный режим.

Основная часть. Основным показателем для определения типа и способа вентиляции животноводческих помещений является кратность воздухообмена. Кратность воздухообмена – это интенсивность обмена воздуха, определяемая числом смены воздуха за единицу времени. Фактически это величина, значение которой показывает, сколько раз в течение одного часа воздух в помещении полностью меняется на новый. Значение кратности воздухообмена равняется отношению объема, поступающего в течение одного часа воздуха к объему помещения [1].

При кратности воздухообмена К < 3 выбирают естественную вентиляцию, при К от 3 до 5 – принудительную вентиляцию без подогрева подаваемого воздуха и при К > 5 – принудительную вентиляцию с подогревом подаваемого воздуха [2].

Вентиляция с естественным побуждением воздуха происходит под влиянием ветра (ветровой напор) и вследствие разности температур (тепловой напор). Принудительная вентиляция осуществляется при помощи вентиляторов.

Кратность часового воздухообмена определяют по формуле:

$$K = \frac{L}{V_n}, \qquad (1)$$

где L – воздухообмен животноводческого помещения (воздухообмен по влажности V_w либо по содержанию CO_2, т.е. V_{CO2}), м^3/ч;

V_n – объем помещения, м^3.

Расчет необходимого воздухообмена животноводческого помещения производится по предельно допустимым зоогигиеническим нормам содержания углекислоты или влажности воздуха в помещениях для разных видов животных. Поскольку сухость воздуха в животноводческих помещениях имеет особое значение для создания у животных устойчивости к заболеваниям и высокой продуктивности, то правильнее вести расчет объема вентиляции по норме влажности воздуха [3].

Объем вентиляции, рассчитанный по влажности, выше, чем рассчитанный по углекислоте.

Воздухообмен по влажности определяется по формуле:

$$L_w = \frac{C \cdot m}{C_1 - C_2}, \tag{2}$$

где C – количество водяных паров, выделяемых одним животным, г/ч;

m – количество животных в помещении;

C_1 – допустимое количество водяного пара в воздухе помещения, г/м^3;

C_2 – содержание влаги в наружном воздухе в данный момент (C_2 = 3,2–3,3 г/м^3), г/м^3.

Допустимое количество водяного пара в воздухе C_1 определяется нормами относительной влажности W (%) и температуры t (^{o}C) в данном животноводческом помещении.

Расчет величины требуемого воздухообмена по содержанию углекислоты производят по формуле:

$$L_{CO_2} = \frac{P \cdot m}{P_1 - P_2}, \tag{3}$$

где P – количество углекислоты, выделяемое одним животным в течение часа, л/ч;

P_1 – предельно допустимое количество углекислоты в воздухе помещения, л/м^3;

P_2 – содержание углекислоты в свежем (приточном) воздухе, л/м^3 (P_2 = 0,3–0,4 л/м^3).

Из полученных расчетом значений величин V_w и V_{CO2} принимается большее. По ним и подсчитывается требуемая кратность воздухообмена К, которая и определяет тип вентиляции.

При естественной вентиляции в первую очередь определяется общая площадь $S_в$ вытяжных каналов

$$S_в = \frac{L}{3600v}, \tag{4}$$

где v – скорость движения воздуха при прохождении через трубу определенной высоты и при определенной разнице температур, м/с.

Значение v (м/с) в каждом случае может быть определено по формуле

$$v = 2{,}2\sqrt{\frac{h\left(t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}\right)}{273}}\ , \qquad (5)$$

где h – высота канала, м;

$t_{\text{вн}}$ – температура воздуха внутри помещения, °С;

$t_{\text{н}}$ – температура воздуха снаружи помещения, °С (берется для переходных периодов «осень-весна»).

Далее, исходя из схемы животноводческих помещений, принимается число вытяжных каналов $n_{\text{в}}$. Поперечное сечение S_1 (м^2) одного канала при этом определяется из формулы

$$S_1 = \frac{S_{\text{В}}}{n}\ . \qquad (6)$$

Площадь приточных каналов S_n обычно составляет 60–70 % от площади вытяжных $S_{\text{в}}$.

Расчет вентиляции с искусственным побуждением воздуха производится при кратности воздухообмена К > 3.

Заключение. Помещения для содержания животных оборудуют вентиляцией исходя из условий обеспечения расчетных параметров внутреннего воздуха. Конструкция вентиляционного оборудования должна обеспечивать надежную работу в течение всего периода эксплуатации.

Список использованной литературы

1. Патология терморегуляции : уч.-мет. пособие для студентов факультета ветеринарной медицины / М.А. Макарук [и др.]. – Витебск : УО ВГАВМ. – 2005. – 28 с.

2. Медведский, В. А. Создание комфортных условий содержания для крупного рогатого М42 скота : учеб.-метод. пособие для студентов по специальности 1-74 03 01 «Зоотехния» и слушателей факультета повышения квалификации / В.А. Медведский, Н.В. Мазоло. – Витебск : ВГАВМ. – 2019. – 20 с.

3. Брыло, И.В. Комплексные нормы технологического проектирования новых, реконструкции и технического перевооружения существующих животноводческих объектов по производству молока, говядины и свинины, КНТП–1–2020 / И. В. Брыло [и др.] // Секция животноводства НТС Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь (протокол № 09-1-6/8 от 16.12.2019 г.). – Минск. – 2021. – 122 с.

Summary. Premises for keeping animals are equipped with ventilation based on the conditions for ensuring the design parameters of internal air. The design of ventilation equipment should ensure reliable operation throughout the entire period of operation.

УДК 631.361.025/.027

Бондаренко Д.Н., старший преподаватель;
Романюк Н.Н., кандидат технических наук, доцент;
Еднач В.Н., кандидат технических наук, доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Беларусь

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОЧИСТКИ РЕШЕТ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Аннотация. В статье представлено оригинальное конструкторское решение механизма очистки решет от застрявших зерен, позволяющее повысить производительность и качество разделения на фракции.

Abstract. The article presents an original design solution for cleaning sieves from stuck grains, which allows to increase productivity and quality of separation into fractions.

Ключевые слова. Решето, сортировка, очистка, фракции.

Keywords. Sieve, sorting, cleaning, fractions.

Одной из основных технических характеристик семяочистительных машин является их производительность, которая связана с рядом факторов: размер зерен, размер решета, живое сечение решета, кинематический режим работы решета, эффективность работы очистительного устройства, соразмерность примеси и основной культуры. Все вышеперечисленные факторы имеют существенное влияние на эффективность работы машины. В данной статье обращено внимание на применение дополнительных устройств, позволяющих очищать решета от забивающихся зерен при работе машины.

Для оценки эффективности работы решет довольно часто используют показатели забиваемости и коэффициента живого сечения решета [1]. Кроме того, установлено, что к застреванию в ячейках решет склонны зерна удлиненной формы, а также значительная часть ячеек перекрывается зернами, размеры которых близки к размерам ячеек [2, 3]. Приведённые исследования показали, что для повышения качества очистки отверстий сортировальных решет необходима комбинация очистительных элементов, которые позволяют без значительных затрат энергии очищать поверхность от запавших зерен и выбивать заклиненные.

Для достижения поставленной цели разработано оригинальное комбинированное устройство для очистки отверстий решет [4], которое содержит наклоненное к горизонту решето *1* (рисунок), с возможностью подачи на его верхний конец зерновой смеси и схода отсортированного зерна с нижнего конца, при этом решето *1* совершает с помощью извест-

ного в технике приспособления возвратно поступательные движения параллельно плоскости решета в направлении его уклона со скоростью $V_р$.

Под решетом *1* установлены с возможностью вращения с угловой скоростью ω в опорах относительно расположенных на одинаковых расстояниях H = 150 мм от нижней поверхности решета *1* своих осей симметрии и вращения цилиндрические щетки *2* с индивидуальным приводом, при этом вектор окружной скорости частей цилиндрических щеток *2* в их верхнем положении направлен в сторону уклона. Цилиндрические щетки 2 содержат равномерно расположенные закрепленные на их внешней цилиндрической поверхности с внешним радиусом $R_щ$ = 153мм десятью параллельными осям цилиндрических щёток *2* рядами *3*, с возможностью проникновения во время вращения цилиндрических щёток *2* вглубь решета на расстояние от 2 до 3 мм и выталкивания оттуда застрявших в отверстиях частиц вороха, щеточные элементы *3* между которыми в двух диаметрально противоположных местах закреплены параллельными осям цилиндрических щёток *2* рядами биты *4* с внешним радиусом $R_б$ =155мм, с возможностью ударного контакта их во время вращения цилиндрических щёток *2* с нижней поверхностью решета *1*, причем проходящие через биты *4* и оси вращения цилиндрических щёток *2* их плоскости симметрии у соседних цилиндрических щёток *2* повернуты относительно друг друга на 90°.

На остальных свободных от бит *4* участках внешней цилиндрической поверхности цилиндрических щёток *2* между рядами щеточных элементов *3* равномерно расположены и закреплены на их внешней цилиндрической поверхности с внешним радиусом $R_с$ = 150 мм восемью параллельными осям цилиндрических щёток *2* рядами полиуретановые скребки *5* с возможностью соприкосновения их с нижней поверхностью решет *1* во время вращения цилиндрических щёток *2*. Расстояние между осями симметрии и вращения соседних цилиндрических щёток *2* равно A = 350мм. Между цилиндрическими щётками *2* на одинаковом расстоянии от их осей вращения под нижней поверхностью решета *1* с возможностью контакта с ней установлен на всю ширину решета *1* эластичный цилиндрический баллон низкого давления *6* с внешним радиусом $R_в$ = 80мм с золотником с возможностью вращения относительно своей прижимаемой пружинами растяжения *7* к нижней поверхности решета *1* оси *8*, причем ось вращения эластичного цилиндрического баллона низкого давления *6* параллельна осям вращения цилиндрических щёток *2*, а сама внешняя упругая эластичная цилиндрическая поверхность баллона низкого давления *6* в результате воздействия упругих сил пружин растяжения *7* и регулирования давления внутри баллона низкого давления 6 с помощью золотника получает возможность проникновения вглубь решета *1*.

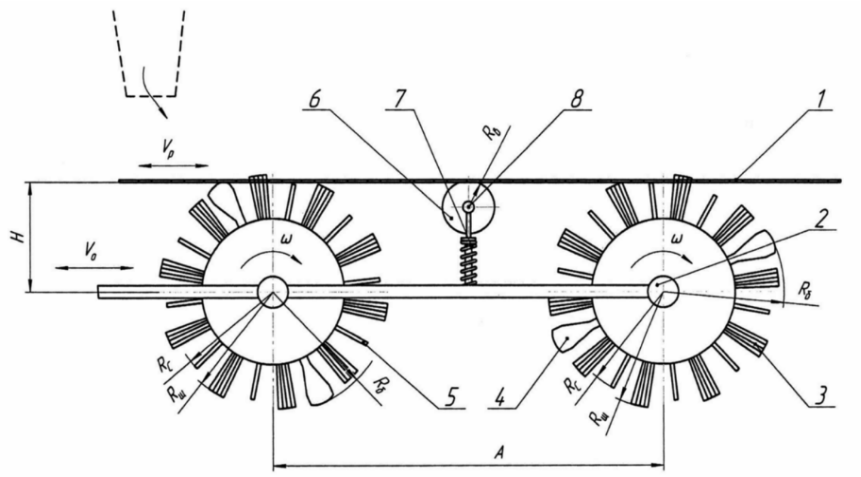


Рисунок – Устройство для очистки отверстий сортировального решета

Устройство для очистки отверстий решет работает следующим образом. При работе устройства, на поступающий на верхнюю поверхность решета *1* ворох зерновой смеси воздействуют при вращении цилиндрических щёток *2* проникающие вглубь решета на расстояние от 2 до 3 мм и выталкивают застрявшие в отверстиях частицы вороха щеточные элементы *3*. Частицы, которые заклинились в отверстиях решета *1*, выдавливаются скребками *5*. Комбинация в одном рабочем органе принципов выталкивания и выдавливания призвана минимизировать повреждения зерен и повысить эффективность работы очистки. Одновременно с тем, что цилиндрическая щетка *2* удаляет зерна, перекрывающие отверстия решета *1*, находящиеся непосредственно над щеткой *2*, биты *4* наносят удары по поверхности решета *1* с цикличностью, пропорциональной частоте вращения цилиндрической щетки *2* своему радиальному положению на ней. Благодаря этому используется выбивающий принцип очистки решета *1*, колебания от ударного действия бит *4* распространяются не только в зоне над цилиндрической щеткой *2*, но и вблизи её. В зонах между цилиндрическими щётками *2* внешняя упругая эластичная цилиндрическая поверхность баллонов низкого давления *6* в результате воздействия упругих сил пружин растяжения *7* и регулирования давления внутри баллонов низкого давления *6* с помощью золотников проникает вглубь решета *1* и дополнительно воздействует на застрявшие там зерна и сорные частицы, в том числе препятствуя их закреплению там в результате воздействия на них сил тяжести и динамических сил вследствие вибрации. Это позволяет уве-

личить расстояние между цилиндрическими щетками *2,* обеспечить высокий коэффициент живого сечения и повысить качество очистки отверстий сортировальных решет за счет уменьшения вероятности застревания в них зерен и растительных остатков, что повышает производительность и качество выполнения технологического процесса.

Список использованной литературы

1. Сивицкий, В.И. Влияние влажности зерновых культур на забиваемость решет сортировальных машин / В.И. Сивицкий ; науч. рук. В.Н. Еднач // Техсервис–2022 : материалы научно-практической конференции студентов и магистрантов, Минск, 12–13 мая 2022 г. – Минск : БГАТУ, 2022. – С. 210–212.

2. К вопросу очистки решет зерноочистительных машин / В.Н. Еднач, Н.Н. Романюк, Д.Н. Бондаренко, В.И. Свидинский, М.Б. Гарба // Сборник науч. статей III Междунар. науч.-практич. конф. «Актуальные проблемы и перспективы развития сельских территорий и кадрового обеспечения АПК», 7–8 июня 2023 г. / редкол. : Н.Н. Романюк [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2023. – С.220–223.

3. Устройство для очистки сортировального решета : патент 16285 С2 Респ. Беларусь, МПК A 01F 12/44, B 07B 1/54 / И.Н. Шило, В.А. Агейчик, Н.Н. Романюк, А.В. Агейчик ; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т.– № a 20100744 ; заявл. 15.05.2010 ; опубл. 30.08.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці.–2012. – №4.– С.50.

4. Устройство для очистки отверстий сортировального решета в зерноочистительной машине : патент на изобретение 24256 С1 Респ. Беларусь, МПК A01F 12/44; B07B 1/54 / Д.Н. Бондаренко, Н.Н. Романюк, В.П. Чеботарев, В.А. Агейчик, В.Н.Еднач (BY) ; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № a 20220056; заявл. 11.03.2022; опубл. 05.04.2024 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2024. – № 1.

Summary. Resume. In the zones between the cylindrical brushes, the external elastic elastic cylindrical surface of low-pressure cylinders, as a result of the elastic forces of the tension springs and pressure regulation inside the low-pressure cylinders, penetrates deep into the sieve and additionally affects grains and weed particles stuck there, including preventing them from fixing there as a result of gravity and dynamic forces due to vibration. This makes it possible to increase the distance between cylindrical brushes, ensure a high coefficient of live section and improve the quality of cleaning the holes of sorting sieves by reducing the likelihood of grains and plant residues getting stuck in them, which increases productivity and the quality of the technological process.

УДК 631.316.22

Романюк Н.Н.[1], кандидат технических наук, доцент;
Нукешев С.О.[2], доктор технических наук, профессор;
Еднач В.Н.[1], кандидат технических наук, доцент;
Агейчик В.А.[1], кандидат технических наук, доцент;
Косатбекова Д.Ш.[2]; Хартанович А.М.[2]
[1]УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Беларусь,
[2]НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», г. Астана, Казахстан

ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ ПРИ ЯРУСНОЙ БЕЗОТВАЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ

Аннотация. В статье рассматривается оригинальное конструкторское решение устройства для внесения при безотвальной обработке почвы.

Abstract. The article discusses the original design solution of the device for application during non-tillage tillage.

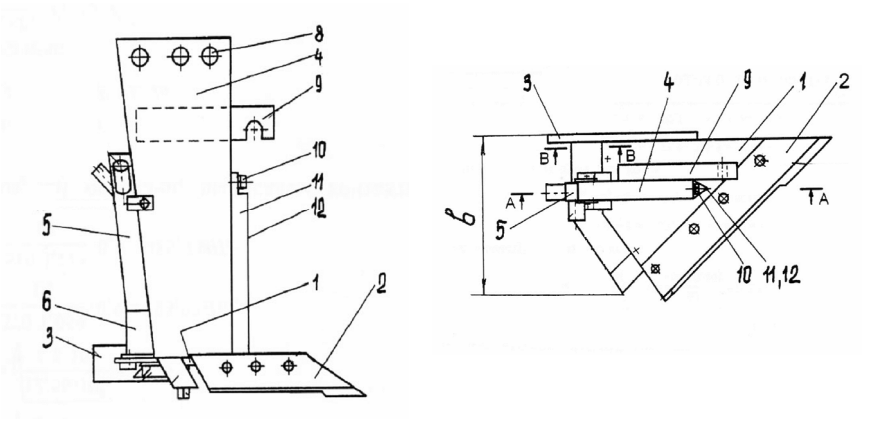
Ключевые слова. Удобрения, ярусная вспашка, безотвальная обработка почвы, глубокорыхлитель.

Keywords. Fertilizers, longline plowing, tillage-free tillage, deep loader.

Почву необходимо рассматривать как сложную и живую систему, развивающуюся согласно своим внутренним правилам, и под плодородием следует понимать комплекс её свойств и процессов, которые обеспечивают оптимальные условия для роста растений. Восстановление плодородия является длительным и затратным процессом, поэтому крайне важно регулярно контролировать состояние почвы, предотвращая её истощение или загрязнение, и применять методы защиты почвы [1–5]. Падение плодородия часто связано с неправильным использованием агротехнических технологий и машин. Обработка почвы одна из наиболее энергозатратных операций, направлена на формирование оптимальной структуры почвы позволяющая получить и поддерживать высокую урожайность культур [2, 4]. При этом важнейшим элементом в питании растений является наличие удобрений в нужной форме и определенном слое почвы. Равномерное распределение удобрений в слое почвы позволяет обеспечить доступ к питательным элементам в необходимый период вегетации, а также предотвратить их потерю от водной и ветровой эрозий. Для получения максимальной эффективности от использования вносимых удобрений растениями сельскохозяйственных культур необходимо разработать устройство, позволяющее вносить минеральные удобрения в нужный ярус почвы при безотвальной ее обработке.

Предлагается устройство для внесения минеральных удобрений одновременно с безотвальной обработкой почвы, включающее плоскорежущую лапу *1* с лемехом *2* и полевой доской *3*, стойку *4*, тукопровод *5*, распределительную камеру *6* с установленным в ней отражателем *7* воздушно-туковой смеси (рисунок 1).

Верхняя часть стойки *4* снабжена монтажными отверстиями *8* и планкой *9* для соединения хомута с балкой рамы плуга. На фронтальной части стойки *4* средством крепления *10* установлен двугранный нож *11* с режущей кромкой *12*. Лапа *1* сопряжена со стойкой *4* сварными швами. На левом обрезе плоскорежущей лапы *1* средствами крепления закреплена полевая доска *3*. Лемех *2* болтами с потайными головками закреплен под углом к направлению движения на лобовой части плоскорежущей лапы *1*. Под плоскорежущей лапой *1* в створе стойки *4* установлен резец для разрушения плужной подошвы и фиксации вносимых минеральных удобрений на дне борозды. Тукопровод *5* средствами крепления и установочными штифтами зафиксирован сзади стойки *4*. В верхней части тукопровода *5* имеются воронки для подачи воздушно-туковой смеси.

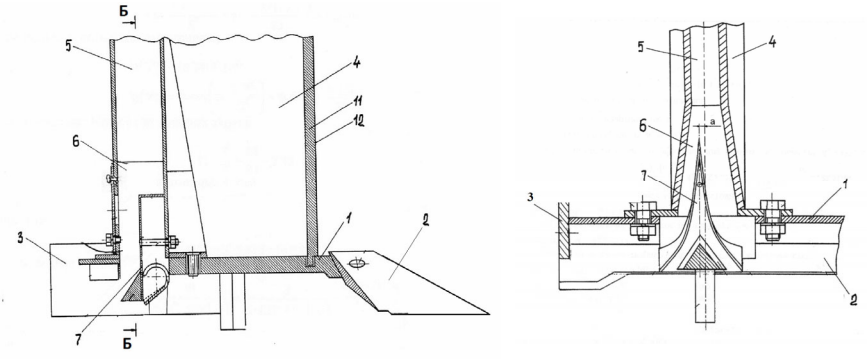


а *б*

Рисунок 1 – Глубокорыхлитель

Отражатель *7* воздушно-туковой смеси выполнен в виде клина (рисунок 2), вершина которого смещена от оси симметрии тукопровода *5* на величину a = 5–20 мм. Отражатель *7* смонтирован посредством резьбовой шпильки в передней стенке распределительной камеры *6*.

Распределительная камера *6* имеет форму полой усеченной пирамиды, верхнее основание которой сопряжено с тукопроводом *5*.



а *б*

Рисунок 2 – Устройство распределения удобрений в слое

Устройство для внесения минеральных удобрений одновременно с безотвальной обработкой почвы функционирует следующим образом.

После установки стоек *4* на раму почвообрабатывающего орудия воронки соединяют рукавами с дозатором бункера удобрений и вентилятором.

При установившемся движении режущей кромкой *12* двугранного ножа *11* на фронтальной части стойки *4* пласт разрезается вертикально. Лезвием лемеха *2* пласт подрезается горизонтально и им приподнимается над плоскорежущей лапой *1*. Резец под плоскорежущей лапой *1* разрыхляет плужную подошву и делает вертикальную канавку для фиксации минеральных удобрений.

Поданные в тукопровод *5* минеральные удобрения воздушным потоком смещаются в распределительную камеру *6* и отражателем *7* подаются в трех направлениях: в сторону полевой доски *3*, в канавку, выполненную резцом *14*, и в сторону правого конца лемеха *2*. За счет смещения отражателя *7* в распределительной камере *6* меньшая часть удобрений и воздушного потока поступает на левую часть потокообразователя. Оставшаяся часть удобрений вместе с воздушным потоком в гнутом профиле распределяется под правую часть плоскорежущей лапы *1*. Таким образом обеспечивается равномерное распределение удобрений по ширине захвата «*b*» плоскорежущей лапы *1*.

При выглублении рабочего органа, например, на поворотах в конце поля, периодически путем быстрого отсоединения верхней части упругой пластины от цилиндрического стержня с набалдашником и нагибанием её верхнего конца вниз осуществляется визуальный контроль за процессом налипания минеральных удобрений на поверхности отражателя воздушно-туковой смеси и в случае необходимости осуществляется быстрая зачист-

ки рабочих поверхностей отражателя от налипших минеральных удобрений с помощью лопаток или других рабочих инструментов, затем верхняя часть упругой пластины вновь быстро устанавливается в рабочее положение на цилиндрический стержень с набалдашником.

Список использованной литературы

1. Шило, И.Н. Механический предохранитель рабочего органы машины для обработки почвы / И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, В.А. Агейчик // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – №1 – С.30–33.

2. Романюк, Н.Н. Снижение уплотняющего воздействия на почву мобильных энергосредств : монография / Н.Н. Романюк // Минск : БГАТУ, 2020. – 200 с.

3. Влияние многоосной ходовой системы машинно-тракторных агрегатов на плотность почвы / И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, А.Н. Орда, С.О. Нукешев, В.Г. Кушнир // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2018. – №1 – С.31–36.

4. Романюк, Н.Н. Снижение уплотняющего воздействия на почву вертикальными вибродинамическими нагрузками пневмоколесных движителей : дис. … канд. техн. наук: 05.20.03, 05.20.01 / Н.Н. Романюк. – Минск : БГАТУ, 2008. – 206 с.

5. Закономерности накопления повторных осадок почвы при воздействии ходовых систем мобильной сельскохозяйственной техники / И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, А.Н. Орда, В.А. Шкляревич, А.С. Воробей // Агропанорама. – 2014. – № 6. – С. 2–7.

Summary. Non-waste treatment is a very relevant and justified soil treatment, at the same time, the presented development solves the issue of applying fertilizer to the desired tier of the root layer.

УДК 331.465

Андруш В.Г., кандидат технических наук, доцент;
Шелегова Е.В., магистрант;
Рыжук И.М., студент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ОПАСНОСТЬ ГРОЗОВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ НА ПАСТБИЩЕ

Аннотация. В данной статье анализируются причины возникновения несчастных случаев. Определение причины (комплекса причин) является ключевым моментом при разработке мер безопасности и недопущению повторения аналогичных опасных ситуаций в дальнейшем. Статья будет интересна госинспекторам, руководителям предприятий, инженерам по охране труда.

Annotation. This article analyzes the causes of accidents. Determining the cause (set of causes) is a key point in developing safety measures and preventing the recurrence of similar dangerous situations in the future. The article will be of interest to state inspectors, enterprise managers, and labor protection engineers.

Ключевые слова. Производственный травматизм, несчастный случай, методы расследования, требования безопасности, пастбищное содержание скота, животновод.

Keywords. Occupational injuries, accidents, investigation methods, safety requirements, grazing livestock, livestock breeder.

В мире содержание крупного рогатого скота на пастбищах является приоритетным. Кормление животных пастбищной травой повышает продуктивность молочного скота, снижает себестоимость продукции. Пастбищное содержание животных повышает рентабельность и конкурентоспособность сельхозорганизаций, использующих данную технологию, вследствие своей малозатратности. При этом необходимые человеку продукты животноводства получаются при эффективном и непрерывном использовании нужных для жизнедеятельности животных продуктов растениеводства.

Надои молока за пастбищный период бывают выше по сравнению со стойловым периодом на 25–35 % и превышают среднегодовые на 18–20 %. Трава – наиболее естественный корм для жвачных животных. Из-за высокого уровня концентратного питания могут возникать проблемы со здоровьем коров, их репродуктивной функцией. Четырех часов на пастбище достаточно, чтобы провести оздоровление животных и получить по 8000 кг и более молока на одну корову в год [1].

На 1 января 2023 года поголовье скота в Республике Беларусь составило 4,1 млн. голов крупного рогатого скота, что по сравнению с 2010 г. показало увеличение на 6,3 %, молочных коров – 1,4 млн. голов (увеличилось на 11,2 %) [2]. Среди видов экономической деятельности «растениеводство и животноводство» занимает второе место после «промышленности» по количеству работающих, пострадавших в результате несчастных случаев на производстве. В 2023 году было травмировано 429 человек, погибло – 25. Экономическая деятельность «сельское, лесное и рыбное хозяйство» имеет самый высокий коэффициент частоты производственного травматизма, наряду с промышленностью и строительством. В 2022 году этот показатель составлял 149,7 на 100 тыс. работников, в 2023 – 149,0; со смертельным исходом 10,6 и 9,0 соответственно. Одной из самых травмоопасных профессий АПК является профессия животновода (91 несчастный случай в 2023 году, 5 из них со смертельным исходом) [3]. По количеству травм и несчастных случаев со смертельным исходом, она опережает такие профессии, как тракторист, электрогазосварщик, оператор машинного доения, электромонтер.

По данным международных и отечественных источников больше половины несчастных случаев со смертельным исходом происходит с работниками, обслуживающими молочное стадо крупного рогатого скота, что составляет 52,5 % от общего числа погибших при производстве про-

дукции животноводства [4]. При летнем стойлово-пастбищном, пастбищном содержании скота происходят несчастные случаи на производстве, в результате которых животноводы гибнут и получают травмы с тяжелыми последствиями. Причинами являются: неправильное (грубое) обращение с животными; нарушение правил погрузки, разгрузки, прогона и содержания животных; неприменение работниками СИЗ; применение технически неисправного оборудования для подвоза воды и производства животноводческой продукции на пастбищах; отсутствие или неисправность устройств молниезащиты, первичных средств пожаротушения в сторожевых домиках (вагончиках); действия опасных и вредных факторов природного характера. Часто причиной гибели работников, занятых на открытых территориях, становится поражение грозовыми разрядами [5].

Департаментом государственной инспекции труда давались рекомендации по разработке в республике нормативно-правовых актов по охране труда, устанавливающих меры безопасности работников при летне-пастбищном содержании скота, в том числе при выполнении работ в сложных метеорологических условиях, однако и сегодня данный вид работ весьма мало представлен в нормативных документах.

Выпас скота на летних пастбищах начинается в конце апреля (начале мая) и заканчивается в конце октября (начале ноября). На работающих возможно воздействие следующих опасных и вредных производственных факторов: повышенная влажность воздуха, биологическая опасность (болезнетворные микроорганизмы, животные), химическая опасность, опасность поражения электрическим током, пожароопасность. К выполнению работ при пастьбе скота с применением электроизгороди допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний; прошедшие производственное обучение; вводный и первичный на рабочем месте инструктаж по охране труда, стажировку; имеющие 1 группу по электробезопасности. Работающие должны знать правила личного поведения и безопасные приемы пастьбы и перегона животных на пастбищах, при ливневых дождях и грозовых разрядах, тумане и других неблагоприятных факторах [6].

В среднем на территории Беларуси в течение года наблюдается 25–30 дней с грозой. Как видно из рис. 1, наблюдается тенденция увеличения числа дней с грозами с северо-запада на юго-восток и на юго-запад. Максимальных значений данный показатель достигает в Гомельской области и на стыке Гродненской и Брестской областей и составляет более 29,0 дня. Максимальное количество дней с грозой – 49 – отмечено на станции Полесская, а также в Гомеле, Василевичах, Брагине.

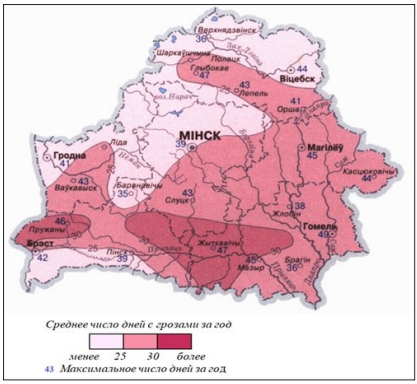


Рисунок 1 – Распределение среднегодового количества дней с грозой

Свыше 99 % гроз (рис. 2) приходится на теплый период года: с апреля по сентябрь. В среднем в месяце бывает 4–7, а на юге 5–8 дней с грозой. В отдельные годы в одном летнем месяце может отмечаться до 14–22 дней с грозой [7].

В 2023 году в Гомельской области выпасалось около 125 тыс. коров (58 % от общей численности), в том числе 30 % выпасаемых коров и телок всех возрастов находились на пастбищах круглосуточно. В Житковичском районе, где зафиксировано максимальное количество дней с грозами (49 дней) стойлово-пастбищное содержание применялось для 3,5 тыс. коров (для 750 голов – круглосуточное пастбищное).

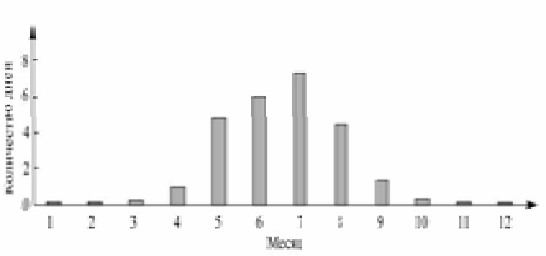


Рисунок 2 – Среднемесячное количество дней с грозой

Для классической вероятностной модели вероятность возникновения произвольного случайного события A (грозового дня) определяется соотношением:

$$P = P(A) = \frac{|A|}{|\Omega|} = \frac{|M|}{|N|},$$

где $N = |\Omega|$ – число всех элементарных событий (количество дней выпаса скота с мая по октябрь);

$M = |A|$ – число элементарных событий, входящих в A (количество грозовых дней с мая по октябрь $M = 0{,}99 \cdot 49 = 48{,}5$).

Следовательно, вероятность возникновения грозового дня во время летне-пастбищного содержания скота во многих районах Гомельской области составляет:

$$P = 48{,}5 / 184 = 0{,}26.$$

В результате глобального потепления климат Беларуси зимой смягчается, а в теплое время года учащаются случаи грозовых явлений, следовательно, количество грозовых дней может увеличиваться [8]. Таким образом, повышается актуальность разработки комплекса мер молниезащиты, направленных на предупреждения опасного воздействия прямого удара молнии или ее вторичного проявления на работника, животных или сельскохозяйственные объекты.

Список использованной литературы

1. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь [Электронный ресурс] : Удачное начало пастбищного сезона – залог высокой продуктивности коров. – 2019. – Режим доступа : http://mshp.gov.by/information/materials/jivotn/abe1a57aa07e03a8.html. – Дата доступа : 22.05.2024.

2. Сельское хозяйство Республики Беларусь : Статистический буклет / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2023. – 30 с.

3. Департамент государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь [Электронный ресурс] : Доклад о соблюдении законодательства о труде и об охране труда в Республике Беларусь в 2023 году. – Режим доступа : http://storage.git.gov.by/source/1/GvN2mjU7NiQQbMoYUWgkJStHRV7SNehH.pdf. – Дата доступа : 22.01.2023).

4. Федорчук, А.И. Снижение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в АПК : монография / А.И. Федорчук, В.Г. Андруш. – Минск : БГАТУ, 2012. – 244 с.

5. Андруш, В.Г. О профилактике травматизма при летне-пастбищном содержании скота / В.Г. Андруш, Е.В. Шелегова, И.М Рыжук // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции : сб. статей VI МНПК. Минск, 30–31 марта 2023 г. / под общ. ред. : В.Я. Груданова. – Минск : БГАТУ, 2023. – 468 с. – С. 316–319.

6. Андруш, В.Г. Повышение защищенности животноводов в летне-пастбищный период / Андруш В.Г. и [и др.]. // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. / редкол. : В. В. Гусаров (гл. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2024. – Вып. 9. – 322 с. – С. 11–15.

7. Белгидромет [Электронный ресурс] : Опасные явления погоды в теплый период года: грозы, ливни, шквалы, град. – 2020. – Режим доступа :

https://belgidromet.by/ru/news-ru/view/opasnye-javlenija-pogody-v-teplyj-period-goda-grozy-livni-shkvaly-grad-3201/. – Дата доступа : 22.05.2024.

8. Андруш, В.Г. Влияние изменения климата на безопасность труда в сельском хозяйстве / Шелегова Е.В., Андруш В.Г., Рыжук И.М. // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества : сб. материалов международной студенческой НПК (Горки, 18–19 апреля 2024 г.) / редкол. : В. Н. Босак (гл. редактор) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2024. – 252 с.– С. 237–239.

Summary. As a result of global climate warming in Belarus, cases of thunderstorms are increasing, therefore, the relevance of developing a set of lightning protection measures aimed at preventing the dangerous impact of a direct lightning strike or its secondary manifestation on workers, animals or agricultural facilities is increasing.

УДК 635.21.077: 621.365

Бондарчук О.В.[1], кандидат технических наук;
Пашинский В.А.[2], кандидат технических наук, доцент;
Селюк Ю.Н.[1], старший преподаватель

[1]УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» г. Минск, Республика Беларусь,
[2]УО «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СОЛОДА ПРИ ЕГО ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОАКТИВАЦИЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ

Аннотация. В статье представлены сравнительные результаты исследования показателей качества солода контрольного образца и после электроактивации пивоваренного ячменя в переменном электрическом поле. В результате наблюдается увеличение энергии прорастания на 2,5…7 %, подъем амилолитической активности на 12…19 %, рост экстрактивности на 1…2 %, снижение продолжительности осахаривания на 15…20 %.

Abstract. The article presents comparative results of the study of malt quality indicators of the control sample and after electroactivation of malting barley in an alternating electric field. As a result, an increase in extractivity by 1...2 %, an increase in germination energy by 2,5...7 %, an increase in amylolytic activity by 12...19 %, a decrease in saccharification duration by 15...20 % are observed.

Ключевые слова. Пивоваренный ячмень, солод, электроактиватор, амилолитическая активность, экстрактивность, продолжительность осахаривания, энергия прорастания, качество солода.

Keywords. Malting barley, malt, electroactivator, amylolytic activity, extractivity, duration of saccharification, germination energy, malt quality.

Одним из перспективных и постоянно наращивающих объем продовольственных рынков является рынок солодовенной продукции.

Исходным сырьем для производства солода служит пивоваренный ячмень, технология подготовки и обработки которого сильно влияет на показатели качества солода.

Наиболее значимые показатели, влияющие на качество солода это физико-химические и органолептические показатели. В частности, амилолитическая активность и массовая доля экстракта в сухом веществе солода (экстрактивность), энергия прорастания пивоваренного ячменя, продолжительность осахаривания.

Диапазон изменения указанных параметров узкий, а их влияние на конечный продукт велико. Например, повышение массовой доли экстракта в сухом веществе солода всего на один процент способствует увеличению выпуска товарного пива на 50…60 литров с одной тонны солода.

В данной статье представлены результаты исследований показателей качества после электроактивации в переменном электрическом поле промышленной частоты (50 Гц) и высокой напряженности (250 кВ/м), а также контрольного образца ячменя и солода. Обработка выполнена на разработанном электроактиваторе [1].

Методика исследований принципиально не отличается от общепринятых методов измерения влажности, массы, напряжения, частоты и других показателей. При решении поставленных в работе задач использовались комплексные теоретические и экспериментальные методы исследования. Методы аналитического и численного математического моделирования, теоретического анализа, вычислительного и натурного эксперимента.

Результаты исследования влияния электрического поля на показатели качества солода оценивали в аккредитованных лабораториях: НИАЛ НИИМЭСХ БГАТУ, ОАО «Белсолод», ОАО «Крыница», ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». Выявлены основные электрофизические факторы, оказывающие максимальное влияние на показатели качества солода. После ранжирования факторов определены наиболее значимые из них.

В исследованиях изменяли дозу энергии, поглощенную зерном в рабочей зоне, варьируя величину напряжения на электродах, меняя тем самым напряженность электрического поля в ячмене.

Исследование показало, что обработка ячменя в переменном электрическом поле способствует увеличению энергии прорастания (на 38 %), длины (на 19 %) и количества корешков (на 52 %) через 36 часов после начала солодоращения [2].

Также представляет интерес, в течение какого времени у обработанного ячменя сохраняются электроактивационные свойства. С этой целью проведен эксперимент, в котором варьировали время между электрообработкой и началом солодоращения.

Установили, что при увеличении времени между электрообработкой и солодоращением до двух суток, показатели растут, а затем медленно снижаются и на 8 сутки эффект становится малозначительным. Следовательно, электроактивацию наиболее эффективно проводить за 1–4 суток до солодоращения ячменя [3].

Далее исследовали амилолитическую активность солода [4]. Согласно ГОСТ необходимое количество фермента для получения пива должно составлять: для светлого – 300 ед./г, темного – 400 ед./г. Из эксперимента определили, что амилолитическая активность сухого ячменя, обработанного в электрическом поле через 5 суток солодоращения соответствует данным показателям (351 ед./г.), в отличие от контрольного образца (283 ед./г).

Для того чтобы провести анализ ферментативной активности, требуется много времени и реактивов. Ключевым признаком амилолитической активности является продолжительность осахаривания, которая представляет собой промежуток времени, в течение которого крахмал полностью превращается в сахар под действием ферментов.

Из проведенных исследований получили, что наименьшая продолжительность осахаривания наблюдается у партий ячменя с напряженностью переменного электрического поля в зерне 250 кВ/м; временем воздействия 7–11 с; количеством воздействий на одну партию ячменя 2–3 раза; временем паузы между электрообработками 3–5 с.

Так как основным показателем качества солода является экстрактивность (содержание массовой доли экстракта в сухом веществе солода), были выполнены однофакторные и многофакторные эксперименты. В однофакторных экспериментах выделяли влияющие факторы, стабилизировали не влияющие, поочередно варьировали параметры электрического поля.

При проведении исследования определили наилучшее сочетание факторов: напряженность электрического поля в зерне $(2…2{,}5)\cdot 10^5$ В/м, время воздействия поля на партию ячменя – 3…5 с и количество воздействий – 2…3 раза, при этом время паузы между обработками принято – 5 с [5]. Экстрактивность при этом режиме обработки увеличилась с 76,9 % до 79,1 %.

Обработка зерна в переменном электрическом поле напряженностью в зерновке $2{,}5 \cdot 10^5$ В/м оказывает влияние на физиологические показатели пивоваренного ячменя: энергия прорастания увеличивается на 38 %, длина корешков на 19 %, а количество корешков – на 52 % через 36 часов после начала эксперимента [2].

Электроактивация ячменя способствует выходу зерна из стадии биологического покоя. Эффект от электрообработки сохраняется до 7 суток, а затем медленно снижается. Наилучшее время между электроактивацией и проращиванием – 1…4 суток [3].

Определено влияние переменного электрического поля напряженностью в зерне $2{,}5 \cdot 10^5$ В/м на амилолитическую активность солода, которая увеличивается на 20 %. Также сокращается время солодоращения в среднем на 40 %, повышается экстрактивность в среднем на 1…3 %, снижается продолжительность осахаривания на 15–25 % [4].

Эффект от электрооборабоки для солода с экстрактивностью 79 % и более выражается в виде повышения экстрактивности на 0,5…0,6 %, для солода с экстрактивностью 78 % – на 1,0…1,5 %, для солода с экстрактивностью 76 % – на 2…3 % [6].

Список использованной литературы

1. Бондарчук, О.В. Методика расчета основных узлов электроактиватора биологической системы ячменя / О.В. Бондарчук // Агропанорама. – 2022. – № 3. – С. 25–28.

2. Пашинский, В.А. Стимулирование прорастания пивоваренного ячменя / В.А. Пашинский, О.В. Бондарчук // Агропанорама. – 2008. – № 6. – С. 25–28.

3. Пашинский, В.А. Влияние электрообработки и времени отлежки на способность прорастания ячменя / В.А Пашинский, О.В. Бондарчук, М.А. Сай // Инновационные технологии в производстве сельскохозяйственной продукции: материалы Междунар. научн.-практ. конф., Минск, 2–3 июня 2015 г. / Белорус. гос. аграрн. техн. ун-т ; под ред. В.Б. Ловкиса. – Минск : БГАТУ, 2015. – С. 424–427.

4. Пашинский, В.А. Увеличение амилолитической активности солода / В.А. Пашинский, Н.Ф. Бондарь, О.В. Бондарчук // Агропанорама. – 2009. – № 2 – С. 17–21.

5. Пашинский, В.А. Влияние обработки пивоваренного ячменя переменным электрическим полем на экстрактивность солода / В.А. Пашинский, Н.Ф. Бондарь, О.В. Бондарчук // Агропанорама. – 2013. – № 4. – С. 28–30.

6. Пашинский, В.А. Влияние обработки пивоваренного ячменя переменным электрическим полем на экстрактивность солода / В.А. Пашинский, Н.Ф. Бондарь, О.В. Бондарчук // Агропанорама. – 2013. – № 4. – С. 28–30.

Summary. The article presents the results of studies of malt quality indicators after electroactivation of malting barley in an alternating electric field of industrial frequency (50 Hz) and high intensity (250 kV/m), as well as a control sample of barley and malt. Processing was carried out on an electroactivator.

The research methodology does not differ in principle from the generally accepted methods of measuring moisture, mass, voltage, frequency and other parameters. Complex theoretical and experimental methods of research were used in solving the tasks set in the work. Methods of analytical and numerical mathematical modelling, theoretical analysis, computational and field experiment.

In the research the dose of energy absorbed by the grain in the working zone was changed by varying the voltage value on the electrodes, thus changing the electric field strength in barley.

Electroactivation promotes grain emergence from the biological resting stage. The effect of electro treatment lasts up to 7 days and then slowly decreases. The best time between electroactivation and germination is 1...4 days.

The effect of an alternating electric field with a grain strength of 2,5–105 V/m on the amylolytic activity of malt was determined, which increases by 20 %. Also the time of malting is reduced by 40 % on average, extractivity is increased by 1...3 % on average, duration of saccharification is reduced by 15–25 %.

The effect of electrical treatment for malt with extractivity of 79 % and more is expressed as an increase in extractivity by 0,5...0,6 %, for malt with extractivity of 78 % – by 1,0...1,5 %, for malt with extractivity of 76 % – by 2...3 %.

УДК 331.45

Гайыпназаров Ш., магистрант;
Джумартова Б., магистрант;
Кунаш М.В., аспирант;
Белохвостов Г.И., кандидат технических наук, доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

АНАЛИЗ МЕР ПО СНИЖЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ШУМОВ И ВИБРАЦИЙ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТВОРОГА

Аннотация. Рассмотрены и проанализированы основные источники и характеристики производственных шумов, а также меры и способы защиты от шума и вибраций оборудования с целью улучшения условий труда в производственных помещениях при производстве творога.

Abstract. Considered and analyzed the main sources and characteristics of industrial noise, as well as measures and methods of protection against noise and vibration of equipment in order to improve working conditions in production facilities in cottage cheese production.

Ключевые слова. Анализ, меры, шум, вибрация, средства защиты, условия труда, виброизоляция, вибропоглощение, производство творога, методы снижения шума и вибраций при эксплуатации оборудования.

Keywords. Analysis, measures, noise, vibration, protection means, working conditions, vibration isolation, vibration absorption, cottage cheese production, methods of noise and vibration reduction in equipment operation.

Обеспечение безопасности человека – одна из главных задач любого общества. Основа производства – это люди, а для того чтобы человек плодотворно и эффективно работал, необходимо создать ему здоровые и безопасные условия труда.

Среда, в которой обитает современный человек, наполнена различными звуками и эти звуки не всегда приятные и комфортные. Звуки, угнетающие человека, раздражающие, приводящие к профессиональным заболеваниям, называются шумом. Исследованиями доказано, что под воздействием шума, даже умеренной интенсивности, ухудшается работоспособность, особенно при умственной работе, ослабевает внимание, повышается вероятность получить травму. Негативное влияние шума тем сильнее, чем выше его тональность, продолжительность воздействия и неоднородность спектрального состава в результате импульсных составляющих и отдельных включений чистого тона.

Эксплуатация современного промышленного оборудования сопровождается значительным уровнем шума и вибрации, негативно влияющих на состояние здоровья работающих. С точки зрения безопасности труда шум и вибрация – одни из наиболее распространенных вредных производственных факторов, которые при определенных условиях могут выступать как опасные производственные факторы.

При работе машин для производства творога опасными факторами являются электрический ток, вращающиеся части, острые кромки съемного ножа.

Перед пуском в работу творогоприготовителей с прессующими ваннами проверяют наличие и исправность защитного заземления, концевых выключателей прессующей ванны, ограждения гидропривода. Перед началом работы проверяются отсутствие в ваннах (прессующей и для сквашивания молока) посторонних предметов, положение предохранительных упоров, которые должны быть освобождены и повернуты в сторону.

Во время работы запрещается снимать защитное ограждение гидропривода, опускать прессующую ванну при установленных в рабочем положении предохранительных упоров.

Звуки очень большой силы, уровень которых превышает 120–130 дБ, вызывают болевое ощущение и повреждения в слуховом аппарате (акустическая травма).

Помимо патологии органа слуха при воздействии шума наблюдаются отклонения в состоянии вестибулярной функции, а также общие неспецифические изменения в организме: головные боли, головокружение, боли в области сердца, желудка, желчного пузыря, повышение артериального давления, изменение кислотности желудочного сока.

Шум вызывает снижение функций защитных систем и общей устойчивости организма к внешним воздействиям. Неспецифическое действие шума иногда проявляется раньше, чем поражение слуха. На производстве интенсивный шум способствует снижению внимания и увеличению ошибок при выполнении работы. Из-за шума снижается производительность труда (до 60 %) и ухудшается качество работы (число ошибок в расчетах увеличивается более чем на 50 %). Шум затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы внутрицехового транспорта (автопогрузчики, мостовые краны и т. п.), что способствует возникновению несчастных случаев на производстве.

Однако не только сильные шумы, приводящие к мгновенной глухоте или повреждению органов слуха человека, вредно отражаются на здоровье и работоспособности людей.

Поэтому подавление шума и вибрации стало актуальной проблемой современности, так как ее решение может улучшить условия труда на производстве, а также высвободить дополнительные резервы для увеличения производительности труда.

Как физическое явление шум – это волновое колебание упругой среды, он определяется ощущением, воспринимаемым органом слуха при воздействии звуковых волн в диапазоне частот 16–20000 Гц.

Звуковая волна характеризуется давлением P (Па), колебательной скоростью C (м/с), интенсивностью I (Вт/м²).

Эти величины связаны между собой соотношением

$$I = P^2 / C\rho. \qquad (1)$$

Величины звукового давления и интенсивности, с которыми приходится иметь дело в практике борьбы с шумом, меняются в широких пределах: по давлению – в 10^8 раз, по интенсивности – в 10^{16} раз. Естественно, что оперировать такими цифрами довольно неудобно.

Поэтому в качестве основной величины, участвующей в нормировании шума и в расчетах по шумоглушению, приняты логарифмические величины – уровни звукового давления или уровни интенсивности, выраженные в децибелах (дБ или *dB*).

Уровни интенсивности звука (дБ) определяют по формуле:

$$L = 10\lg I / I_o, \qquad (2)$$

где I_o – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости.

Величина уровня звукового давления (дБ)

$$L = 20\lg P / P_o, \quad (3)$$

где P_o – пороговая величина звукового давления при частоте 1000Гц.

Вибрация относится к факторам, обладающим высокой биологической активностью. Выраженность ответных реакций обусловливается главным образом силой энергетического воздействия и биомеханическими свойствами человеческого тела как сложной колебательной системы.

Мощность колебательного процесса в зоне контакта и время этого контакта являются главными параметрами, определяющими развитие вибрационных патологий, структура которых зависит от частоты и амплитуды колебаний, продолжительности воздействия, места приложения и направления оси вибрационного воздействия, демпфирующих свойств тканей, явлений резонанса и других условий. Вибрационная патология стоит на втором месте (после пылевых) среди профессиональных заболеваний.

Борьба с производственным шумом имеет целью сохранение здоровья и работоспособности рабочих. Вместе с тем снижение шума повышает экономическую эффективность производства. Расчёт экономических показателей предназначен для использования в научно-исследовательских и проектно-конструкторских работах для определения ожидаемой годовой экономической эффективности от снижения шума на рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятия. Результаты расчётов распространяются на мероприятия по снижению шумов, уровни которых превышают 80 дБ(А). На предприятиях зоны с уровнем звука или эквивалентным уровнем звука выше 80 дБ(А) должны быть обозначены знаками безопасности. Работающий персонал в этих зонах администрация обязана снабжать средствами индивидуальной защиты.

Для уменьшения шумов механического происхождения непосредственно в источнике применяется, например, цикл оборудования с гидроприводом вместо оборудования и механизмов с кривошипными и эксцентриковыми приводами, вместо прямозубых шестерен – косозубые и шевронные, по возможности следует применять клиноременные и зубчатоременные передачи вместо зубчатых и цепных передач. Замена подшипников качения на подшипники скольжения приводит в ряде случаев к уменьшению шума порядка 10дБ. По возможности следует заменять металлические детали деталями из пластмасс и других "незвучных" материалов. Необходимо применять балансировку вращающихся элементов машин, уравновешивание механизмов.

К средствам индивидуальной защиты от шума относят ушные вкладыши, наушники, шлемы.

Вкладыши – мягкие тампоны из ультратонкого материала, вставляемые в слуховой канал. Их эффективность не очень высока и в зависимости от частоты шума может составлять 5...15 дБ.

Наушники плотно облегают ушную раковину и удерживаются на голове дугообразной пружиной. Их эффективность изменяется от 7 дБ на частоте 125 Гц до 38 дБ на частоте 8000 Гц.

Шлемы применяют при воздействии шумов очень высоких уровней (более 120 дБ). Они закрывают всю голову человека, т. к. при таких уровнях шума он проникает в мозг не только через ухо, но и непосредственно через черепную коробку.

Касательно особенностей защиты от инфра- и ультразвука. В принципе, для защиты от инфра- и ультразвука применимы методы для защиты от шума.

Другими мероприятиями по борьбе с инфразвуком являются:

– повышение быстроходности машин, что обеспечивает перевод максимума излучения в область слышимых частот, где становятся эффективными звукоизоляция и звукопоглощение;

– устранение низкочастотных вибраций;

– применение глушителей реактивного типа.

Ультразвук из-за очень высоких частот быстро поглощается в воздухе и материалах конструкций, поэтому он распространяется на небольшие расстояния. Для защиты от ультразвука очень эффективной является звукоизоляция и звукопоглощение.

Применяют также эластичные кожухи из нескольких слоев резины общей толщиной 3,5 мм. Эффективность таких кожухов может достигать 60…80 дБ.

Применяют также экраны, расположенные между источником и работающими.

Список использованной литературы

1. Андруш, В.Г. Охрана труда: учебное пособие / В.Г. Андруш, Л.Т. Ткачёва, Т.П. Кот ; под ред. В.Г. Андруша. – Минск : РИВШ, 2021. – 620 с.

2. Андруш, В.Г. Охрана труда : учеб. / В.Г. Андруш, Л.Т. Ткачёва, К.Д. Яшин. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск : РИПО, 2021. – 334 с.

3. Алексеев В.С. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.С. Алексеев, О.И. Жидкова, И.В. Ткаченко – Саратов : Научная книга, 2012. – 159 с.

4. Девисилов, В.А. Охрана труда : Учебник. – М. : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. – 400 с.

5. Гайыпназаров, Ш. Улучшение условий труда в производственных помещениях снижением уровня шума и вибраций при эксплуатации оборудования для производства творога / Ш. Гайыпназаров, М.В. Кунаш, Г.И. Белохвостов // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества: сборник

материалов международной студенческой научно-практической конференции, Горки, 18–19 апреля 2024 г. – Горки : БГСХА, 2024. – С. 49-52.

6. Защита от шума и вибрации: учебное пособие для аспирантов, обучающихся по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия», направленность 01.04.06 «Акустика» / В.Л. Мурзинов, И.А. Иванова. – Воронеж : ВГТУ, 2017. – 90 с.

7. Машины и аппараты пищевых производств: учебник для вузов : в 3 кн. Кн. 1 / С.Т. Антипов [и др.] ; под ред. Акад. РАСХН В.Н. Панфилова, проф. В.Я. Груданова. – Минск : БГАТУ, 2007. – 420 с.

8. Охрана труда. Лабораторный практикум : учебное пособие для студентов УВО для группы специальностей «Агроинженерия» и по специальности «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники» / БГАТУ, Кафедра управления охраной труда [сост. В. Г. Андруш и др.]. – Минск : БГАТУ, 2020. – 176 с.

9. Федорчук, А.И. Снижение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в АПК : [монография] / А.И. Федорчук, В.Г. Андруш ; Минсельхопрод РБ, УО БГАТУ. – Минск. БГАТУ, 2012. – 244 с.

10. Хисматуллин, Ш.Ш. Техническая акустика: учебное пособие / Ш.Ш. Хисматуллин, Г.Г. Хисматуллина, И.В. Ефремов. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2008. – 281 с.

Summary. The analysis of measures to reduce production noise and vibration of equipment in cottage cheese production is considered.

УДК 331.45

Корчик С.А., старший преподаватель;
Климец Е.А., студент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

О ПРЕДУПРЕЖДЕНИИ ТРАВМАТИЗМА В ОРГАНИЗАЦИЯХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация. В статье рассматриваются причины производственного травматизма в организациях агропромышленного комплекса, исходя из анализа несчастных случаев и меры по его снижению.

Abstract The article considers the causes of industrial accidents in the organizations of the agro-industrial complex, based on the analysis of accidents and measures to reduce it.

Ключевые слова. Безопасность, травматизм, сельскохозяйственные машины, агропромышленный комплекс, потерпевший.

Keywords. Safety, injuries, agricultural machines, agro-industrial complex, victim.

Уровень производственного травматизма в сельскохозяйственной отрасли Республики Беларусь остается высоким, несмотря на принимаемые

меры по обеспечению здоровых и безопасных условий труда. Особое внимание следует уделить подготовке сельскохозяйственных машин и агрегатов к работе.

Агрегатирование сельскохозяйственных машин допускается с малыми сельскохозяйственными машинами с учетом их тягового класса. Соединение с прицепными (навесными) малыми сельскохозяйственными машинами должно быть надежным, исключая самопроизвольное рассоединение. Все машины должны быть оснащены противооткатными упорами.

При эксплуатации техники следует:

– перед началом поворота (разворота) переводить агрегируемую малую сельскохозяйственную машину в транспортное положение и опускать навесное оборудование в рабочее положение после завершения поворота;

– при смене места работы переводить сельскохозяйственную машину в транспортное положение;

– убедиться в отсутствии работающих на навесном оборудовании и рядом с ним при подъеме и опускании машины.

Техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственных машин следует проводить только после полной остановки и выключения двигателя (привода), исключая возможность случайного пуска двигателя и самопроизвольного движения машины и ее частей. Необходимо также снять давление в гидро- и пневмосистемах, за исключением случаев, предусмотренных эксплуатационными документами производителей и ремонтной документацией. Если соблюдение этих условий невозможно по техническим причинам, необходимо обеспечить безопасность проведения работ другими методами.

При техническом обслуживании и ремонте сельскохозяйственной техники на посту технического обслуживания запрещается:

– выполнять работы на машине, поддерживаемой только подъемными механизмами (домкратами или талями);

– устанавливать машину на случайные предметы вместо специальных подставок (козелков) с допустимой нагрузкой;

– снимать, устанавливать и транспортировать агрегаты и узлы машины, используя тросы или канаты без специальных захватов;

– находиться между сельскохозяйственной машиной и опорой или иным сооружением во время или перед началом ее движения [1]

В 2023 году в сравнении с 2022 годом в организациях республики отмечен: рост общего числа травмированных на производстве с 1781 до 1850 человек (на 3,9 процента); снижение случаев гибели с 132 до 117 человек (на 11,4 процента); снижение количества потерпевших, находящихся в момент травмирования в состоянии алкогольного опьянения, с 81 до 55 (на 32,1 процента) и случаев гибели потерпевших с 22 до 9 (на 59,1 процента). Наи-

большее количество несчастных случаев на производстве, в том числе со смертельным исходом произошло в организациях Минской области.

При этом самые высокие коэффициенты частоты травмирования и гибели работающих как в 2023 году, так и в 2022 году, отмечены в таких видах экономической деятельности как растениеводство и животноводство.

В 2023 году среди потерпевших в результате несчастных случаев на производстве наиболее часто травмировались работники таких профессий как: водители автомобилей, слесари, подсобные рабочие и животноводы.

Анализ завершенных расследований несчастных случаев на производстве свидетельствует, что большинство подобных происшествий в 2023 году обусловлено неисполнением работодателями и (или) самими работающими требований охраны труда, причем это характерно для организаций всех форм собственности.

Удельный вес несчастных случаев, происшедших из-за нарушения требований охраны труда должностными лицами и (или) работниками, по сравнению с 2022 годом снизился с 64,7 до 60,3 процента. При этом возросло количество несчастных случаев, происшедших при отсутствии опасного и (или) вредного производственного фактора из-за неосторожности потерпевшего, с 424 в 2022 году до 463 в 2023 году.

Значительным остается удельный вес причин, обусловленных действиями самих потерпевших, в частности нарушение ими трудовой и производственной дисциплины, инструкций по охране труда, нахождение их в состоянии алкогольного опьянения. Благодаря принятым мерам в 2023 году значительно снизилось количество травмированных и погибших на производстве, находящихся в состоянии алкогольного опьянения. В 2023 году по сравнению с 2022 годом количество работающих, находившихся в момент травмирования в состоянии алкогольного опьянения, снизилось с 81 до 55 человек и составило 3 процента от общего числа травмированных на производстве [2]

Важно отметить, что большинство несчастных случаев являются следствием нарушений установленных нормативных требований охраны труда, как со стороны потерпевших, так и должностных лиц. Обстоятельства и причины многих происшествий с тяжелыми последствиями подтверждают этот вывод и, что особенно тревожно, повторяются из года в год.

Ежегодно в организациях АПК республики регистрируются несчастные случаи, происшедшие из-за эксплуатации неисправных и несоответствующих требованиям безопасности машин, механизмов, оборудования.

Многочисленные нарушения установленных требований охраны труда являются следствием отсутствия системного подхода к решению проблем безопасности труда, управлению существующими рисками травмирования работников. Необходимо совершенствовать работу по разработке

организационно-технических мероприятий, а также выработке и принятию управленческих решений, направленных на обеспечение безопасности труда при организации и проведении работ.

В целях профилактики производственного травматизма, а также обеспечения безопасных условий труда работников при проведении работ необходимо:

– разработать дополнительные организационно-технические мероприятия по обеспечению охраны труда на период подготовки и проведения весенней посевной кампании;

– обеспечить проведение дополнительного обучения, внеплановых инструктажей по охране труда с работниками, привлекаемыми к выполнению весенних полевых работ;

– к работе на машинах, механизмах и оборудовании допускать работников, имеющих соответствующую квалификацию, прошедших в установленном порядке медицинские осмотры и освидетельствование, обучение, стажировку, инструктаж и проверку знаний по вопросам охраны труда, обеспеченных необходимыми средствами индивидуальной защиты, в соответствии с установленными законодательством нормами;

– обеспечить безусловное соблюдение требований Правил по охране труда в сельском и рыбном хозяйствах, утвержденных постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 05 мая 2022 г. № 29/44;

– обеспечить проведение контроля за соблюдением требований по охране труда в соответствии с Инструкцией о порядке осуществления контроля за соблюдением работниками требований по охране труда в организации и структурных подразделениях, утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 15 мая 2020 г. № 51;

– не допускать к работе (отстранять от работы) работников, находящихся в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения, не прошедших инструктаж, проверку знаний по охране труда, не использующих выданные им средства индивидуальной защиты, обеспечивающие безопасность труда;

– немедленно приостанавливать работы в случаях возникновения угрозы жизни и здоровью работающих.

Список использованной литературы

1. Правила по охране труда в сельском и рыбном хозяйствах, утвержденных постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 05 мая 2022 № 29/44.

2. Департамент государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь [Электронный ресурс] : Доклад о соблюдении законодательства о труде и об охране труда в Республике Беларусь в 2023 году. – Режим доступа : http://storage.git.gov.by/source/1/GvN2mjU7NiQQbMoYUWgkJStHRV7SNehH.pdf. – Дата доступа : 22.01.2023.

3. Корчик, С.А. Повышение безопасности труда трактористов-машинистов при обслуживании сельхозтехники / С.А. Корчик, А.М. Белицкая // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества: материалы республиканской студенческой научно-практической конференции / редкол. : В.Н. Босак (гл. редактор) [и др.]. – Горки, 2021. – С. 6–9.

4. Молош, Т.В. Применение инновационных методов обучения охране труда – залог эффективности мер профилактики производственного травматизма / Т.В. Молош, С.А. Корчик, Е.И. Подашевская // Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, Мелітополь, 01–26 листопада 2021 р. – Мелітополь : ТДАТУ, 2021. – С. 625–629.

Summary. Numerous violations of the established labor protection requirements are the result of the lack of a systematic approach to solving labor safety problems and managing the existing risks of injury to employees. It is necessary to improve the work on the development of organizational and technical measures, as well as the development and adoption of management decisions aimed at ensuring labor safety in the organization and conduct of work.

УДК 636.083

Молош Т.В., кандидат технических наук, доцент;
Корчик С.А., старший преподаватель;
Походня Е.С., магистрант
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ РАБОТАЮЩИХ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Аннотация. В последние годы наибольший травматизм наблюдается при производстве работ в животноводстве, что требует принятия дополнительных профилактических мер по его предупреждению. Анализ показателей производственного травматизма, свидетельствует, что среди работников, занятых в сельскохозяйственном производстве, наиболее подвержены риску травмирования животноводы, трактористы-машинисты и подсобные рабочие.

Abstract. In recent years, the greatest injury rate is observed in the production of work in animal husbandry, which requires the adoption of additional preventive measures to prevent it. The analysis of indicators of occupational traumatism shows that among the workers engaged in agricultural production, the most exposed to the risk of injury are livestock breeders, tractor drivers and auxiliary workers.

Ключевые слова. Охрана труда, сельское хозяйство, травматизм, животноводство, безопасность, средства индивидуальной защиты, мероприятия, условия труда.

Keywords. Labor protection, agriculture, injuries, animal husbandry, safety, personal protective equipment, measures, working conditions.

Производственный травматизм сопутствует многим видам деятельности, включая сельскохозяйственное производство, переработку, хранение продукции и пищевую промышленность. Причем виды деятельности, осуществляемые в рамках агропромышленного комплекса, отличаются тем, что здесь происходит каждая третья травма с временной потерей трудоспособности (от общего числа), каждая четвертая травма с летальным исходом и каждый десятый выявленный случай профессионального заболевания. Уровень общего травматизма и травматизма со смертельным исходом в животноводстве остается одним из самых высоких среди всех видов экономической деятельности.

Анализ обстоятельств и причин несчастных случаев показал, что чаще всего работники животноводства травмируются при выполнении основных технологических операций: выпасе и перегоне животных, уходе за ними, приготовлении и раздаче кормов, уборке навоза, доении. На втором месте находятся транспортные перевозки, в том числе перевозки работников к месту работы и обратно, на третьем – дежурства, включающие в себя работы по охране ферм, участков работ, выполнение некоторых технологических операций по уходу за животными в ночное время.

Опасность травмирования также представляют работы по ремонту и техническому обслуживанию машин и оборудования. В этих случаях работники чаще всего получают увечья в результате ударов нестандартным или неисправным инструментом и осколками, отлетающими при ударах по ремонтируемому оборудованию, а также в результате захватов вращающимися и движущимися деталями машин и оборудования.

Среди оснащения животноводческих ферм для работников с точки зрения смертельного и тяжелого травмирования наиболее опасными являются агрегаты навозоудаления, на которых зачастую получают физические повреждения слесари и скотники, выполняющие работы по уборке навоза, ремонту и техобслуживанию агрегатов. Травмирование происхо-

дит в результате захватов элементами наклонного транспортера работника, находящегося в зоне движущихся и вращающихся узлов и деталей, при падении работника в приямки возле наклонного транспортера из-за отсутствия ограждения, ударов деталями и отлетающими осколками оборудования при его ремонте, а также в результате поражения электротоком из-за нарушения изоляции питающего кабеля.

Чаще всего работники травмировались при обслуживании скребковых транспортеров марок ТСН-160 и ТСН-3,0. Основной причиной травмирования явилась эксплуатация транспортеров в неисправном состоянии, без соответствующих защитных ограждений движущихся и вращающихся узлов транспортеров.

Опасность травмирования представляют также стационарные и прицепные раздатчики кормов. При эксплуатации кормораздатчиков, агрегатированных с тракторами, травмирование происходило при нахождении работников около карданного вала или битеров работающего кормораздатчика в результате захватов ими работников.

Несчастные случаи также случались в результате наездов на работников тракторов, агрегатированных с кормораздатчиками, и при опрокидывании машинно-тракторных агрегатов. В этих ситуациях травмировались трактористы-машинисты, выполняющие работы по завозу и раздаче кормов, животноводы, операторы мясного и молочного животноводства, а также доярки, подсобные рабочие, слесари-наладчики при раздаче кормов и ремонте кормораздатчиков.

К травмоопасному оборудованию следует отнести дробилки кормов, в основном КДУ-2,0 и агрегаты кормоприготовления. Несчастные случаи происходили при нахождении работников в зоне вращающихся и движущихся деталей во время подачи сырья в приемные камеры, при устранении забивания и очистке рабочих органов дробилок и агрегатов кормоприготовления.

Около 40 % несчастных случаев в животноводстве было связано с эксплуатацией мобильной техники и транспортных средств, в первую очередь, колесных тракторов (17,3 %), грузовых и легковых автомобилей (4,7 % и 4,2 % соответственно), гусеничных тракторов (3,1 %), автомолоковозов (1,9 %). При этом более 30 % из них произошли в результате дорожно-транспортных происшествий из-за нарушений правил дорожного движения как самими пострадавшими, так и другими лицами, виновниками ДТП.

Большую опасность для жизни работников животноводства представляют сельскохозяйственные животные (14 %), при этом травмы в основном наносят быки-производители (8,6), реже – коровы (2,6) и лошади (1,3 %). Были рассмотрены причины и обстоятельства 173 несчастных случаев с тяжелыми последствиями среди операторов машинного доения и доярок. Более 20 % несчастных случаев оказались связанными с транспортными перевозка-

ми. Перевозят обычно операторов машинного доения и доярок к месту работы и обратно на автобусах, грузовых и легковых автомобилях и другой технике. В этих случаях доярки травмируются в результате дорожно-транспортных происшествий, причиной которых является нарушение правил дорожного движения водителями транспортных средств или другими лицами, участниками дорожно-транспортного происшествия.

Основными причинами травмирования работников животноводческих ферм является: отсутствие контроля за безопасным выполнением производственного процесса (20,8 %), нарушение требований к размещению животных (14,5 %), допуск к работе лиц без соответствующей подготовки по охране труда (9,8 %), отсутствие контроля со стороны руководителей работ за дисциплиной (5,2 %), использование помещений и площадок, не соответствующих санитарно-гигиеническим требованиям (5,2 %). Более 10 % несчастных случаев происходили из-за опасных действий самих пострадавших.

Исследование условий труда и их влияния на здоровье работников животноводства показало несоответствие требований безопасности и гигиенических норм. Трудовая деятельность работников животноводства осуществляется в помещениях, характеризующихся неблагоприятным микроклиматом, повышенной влажностью, воздействием влаги на одежду при приготовлении корма, кормлении скота, уборке помещений.

Работы в данной отрасли ведутся круглый год, поэтому животноводы подвергаются неблагоприятным погодным воздействиям. Работы при холодном содержании телят, крупного рогатого скота на откорме часто приводят к переохлаждению зимой или перегреванию организма работника в летний период. Влажность воздуха помещений, образование скользких и неровных поверхностей и дорог – это еще одна из причин травматизма.

Анализ литературных данных показывает, что состояние условий труда работников животноводства требует конкретных мер для их нормализации [1]. В связи с перечисленными выше специфическими условиями труда спецодежда, в большинстве случаев, является единственным приемлемым в сложившейся ситуации средством индивидуальной защиты работников от неблагоприятных факторов. Использование средств индивидуальной защиты позволяет создать благоприятные и безопасные условия труда, обеспечить нормальное функционирование организма человека и его работоспособность.

Выполнение основных технологических операций животноводами и операторами машинного доения связано с высокой долей травматизма. Для животноводов это выпас и перегон животных (25,8 % травм), уход за животными (20,5 %), раздача кормов (7,7 %), уборка навоза (5,9 %), для операторов машинного доения – уход за животными (27,1 %), доение (23,9 %), раздача кормов (5,3 %), уборка помещений (2,7%). Во время выполнения работ животноводы получают травмы живота, органов брюшной полости (32,2 %), грудной клетки (24,2 %), операторы машинного доения – травмы живота

(21,1 %), грудной клетки (15,4 %). Доля травм, наносимых животными, с летальным и тяжелым исходом составляет более 60 % [2].

Отмечается, что наибольший процент травмированных и погибших работников в животноводстве происходит при выгоне и загоне животных внутри фермы (45 %), обвязывании – привязывании животных (18 %), погрузке-разгрузке вручную (9 %).

Среди погибших 86,4 % составляют мужчины и 13,6 % женщины. Наибольший пик травмированных работников приходится на возраст от 39 до 52 лет.

Анализ показателей травматизма подтвердил необходимость применения защитной спецодежды для работников животноводства, в целях защиты от пониженных температур, механических воздействий, от внезапных ударов со стороны крупного рогатого скота

Защита обеспечивается закреплением в тканевой подкладке спецодежды упругих каркасных стоек при помощи фиксаторов на поясном ремне. Защитная оболочка выполнена в виде связанных между собой колец или пластин, что позволяет сделать удар упругим и предотвратить ранение кожного покрова человека. Конструктивная особенность жилета и куртки состоит в наличии специальных вставок в области грудной клетки, живота и спины, обладающих противоударными свойствами [3].

При выборе текстильного материала для изготовления специальных вставок необходимо учитывать прочность, упругость и эластичность.

Наилучшими качествами обладают полимерные волокна и металлы. Арамидное волокно (арамос, СВМ, терлон, кевлар) имеет высокую плотность переплетения текстильного волокна, обеспечивая надежную защиту.

Металлы обладают повышенной прочностью, достаточной удароустойчивостью и малым весом. Одним из наиболее подходящих металлов, является алюминий, благодаря своей невысокой стоимости, является доступным материалом.

В защитных жилете и куртке металлические вставки располагаются в виде колец либо пластин. Для удобства использования съемные защитные детали можно легко удалять при выполнении работ, не связаных с уходом за животными, например, при чистке стойл, раздаче и запаривании кормов.

Проведенные исследования доказывают необходимость применения различных мер предупреждения травматизма работников животноводства на стадиях проектирования, конструирования и эксплуатации технических средств.

Список использованной литературы

1. Андруш, В.Г. Охрана труда / В.Г. Андруш, Л.Т. Ткачева, Т.П. Кот. – Минск : РИВШ, 2021. – 620 с.

2. Студенникова, Н.С. Условия труда работников животноводства: проблемы и решения // Национальные интересы : приоритеты и безопасность. – 2017. – Т. 13. – № 8. – С. 1517–1531.

3. Студенникова, Н.С. Условия труда в АПК – фактор риска травматизма и заболеваемости работников : технические решения и профилактика: монография / Н.С. Студенникова [и др.]. – Орел : Картуш, 2017. – 352 с.

4. Молош, Т.В. Повышение эффективности применения средств индивидуальной защиты работников / Т.В. Молош, С.А. Корчик, Д.М. Рогожкин // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки : БГСХА, 2024. – Вып. 9. – С. 75–78.

5. Особенности выбора средств защиты органов дыхания в зависимости от вида и условий выполняемых работ в растениеводческой отрасли / А.Н. Гурина [и др.] // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки : БГСХА, 2024. – Вып. 9. – С. 30–33.

Summary. To increase labor productivity, reduce losses from injuries, as well as preserve the life and health of livestock workers, it is necessary to introduce modern technologies. These measures will lead to increased work safety, health improvement and improved working conditions.

УДК 658.345:681.3:621.315

Капский А.В., инженер;
Белохвостов Г.И., кандидат технических наук, доцент;
Русских В.В., аспирант;
Хохлов Е.А., студент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ РАБОТЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПОД ЛИНИЯМИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Аннотация. Для предотвращения травматизма рабочего персонала во время работы сельскохозяйственной техники предложено устройство, сигнализирующее о приближении человека на опасное расстояние к движущимся частям агрегата и/или машины.

Abstract. To prevent injuries to workers during the operation of agricultural machinery, a device is proposed that signals the approach of a person at a dangerous distance to the moving parts of the unit and / or machine.

Ключевые слова. Охрана труда, сельскохозяйственная техника, безопасность оборудования, движущиеся части, травматизм, сигнализация.

Keywords. Labor protection, agricultural machinery, equipment safety, moving parts, injuries, signaling.

Работу сельскохозяйственной техники и агрегатов всегда сопровождают вредные и опасные производственные факторы. Несомненно, при присутствии на рабочем месте данных факторов, принимается в расчет их ежедневная регламентированная продолжительность, которая не должна приводить к болезням и патологиям во время работы или в последующий период жизни, к снижению трудоспособности и не будет оказывать негативное влияние на потомство. Однако в большинстве случаев к болезням или травмам при работе с сельскохозяйственной техникой приводят именно физические факторы, а конкретно – механическая группа, движущиеся части машины. Причинами травматизма в таких случаях зачастую являются: отсутствие защитных ограждений, предохранительных устройств на вращающихся узлах, развевающаяся одежда, отсутствие систем предупреждения [1].

Даже если брать в пример самое современное сельскохозяйственное предприятие, оборудованное всей доступной и актуальной обучающей базой по производственной безопасности и охране труда, всегда есть риск производственного травматизма при работе с движущимися частями машины: травма может быть, как случайностью, так и результатом простого игнорирования правил безопасности или иными словами – человеческий фактор.

Не всегда оператор машины или агрегата может вовремя среагировать на опасную ситуацию, в которой промедление на секунды может привести к серьезным последствиям. Однако там, где человек не способен отреагировать на ситуацию мгновенно, должна быть способна отреагировать машина.

Поэтому, для обеспечения более высоких показателей безопасности при работе сельскохозяйственных машин и агрегатов, в ситуациях, где очень важна скорость реагирования на опасную ситуацию, лучше всего применять автоматические устройства предупреждения, сигнализации и/или блокировки техники [2-4].

Принцип работы предложенного устройства показан на рисунке 1, в основу которого заложено полагаться на разницу температур объектов. Устройство отслеживает окружающее пространство, находит аномальные объекты и в случае достаточно опасного приближения к ним, реагирует заранее установленным способом.

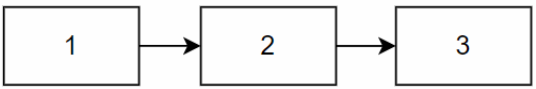


Рисунок 1 – Схема устройства для обнаружения и сигнализации при приближении к работающей сельскохозяйственной технике: *1* – инфракрасный датчик; *2* – анализирующий блок; *3* – сигнализирующий блок

Перед установкой данной сигнализирующей системы необходимо определить радиус безопасной границы, который будет равен расстоянию от места установки инфракрасного датчика до крайней точки его реагирования.

В качестве примера используем сцепной агрегат грабли-валкователи ГВ-6,0. Их радиус безопасной границы определим, как расстояние от качалки (место установки одного из датчиков) до рабочего колеса (граблей). Данный радиус нужно увеличить в соответствии с расчетом тормозного пути (времени) и тогда мы получим действующий радиус реагирования датчиков (рисунок 2).

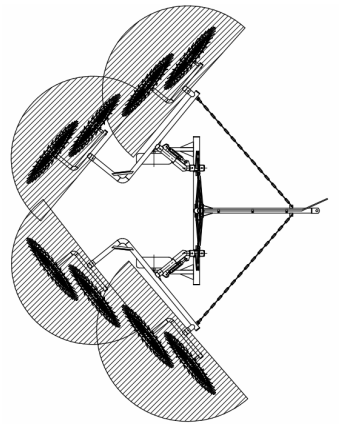


Рисунок 2 – Области реагирования датчиков (границы безопасности) на примере ГВ-6,0

Само устройство работает следующим образом. Инфракрасный датчик *1* считывает информацию об окружающем пространстве и передает полученные данные в анализирующий блок *2*, где эти данные собираются в пиксельную сетку температуры. Анализирующий блок *2*, согласно прописанному алгоритму, выбирает из полученных данных аномальную температуру и проверяет её наличие на соседних пикселях. При совпадении, процесс повторяется до тех пор, пока процент заполнения пиксельной сетки не будет равен установленному проценту (который устанавливается в соответствии с ранее рассчитанным безопасным расстоянием до сельскохозяйственной техники). При положительном сравнении процента заполнения, анализирующий блок *2* подает сигнал на сигнализирующий блок *3*. Сигнализирующий блок *3*, при получении данного сигнала выполняет заложенную в него функцию (сигнализация оператора, блокировка машины и т.д.).

Количество контролируемых (безопасных) областей ограничено только количеством инфракрасных датчиков *1*, так как алгоритм для всех общий и сигнал отрабатывает при получении аномальных данных хотя бы с одного инфракрасного датчика *1* [5–9].

Было проанализировано состояние производственной безопасности при проведении работ с использованием сельскохозяйственной техники.

Согласно анализу, даже при соблюдении всех правил безопасности и охраны труда, всегда существует риск производственного травматизма, основанный на случайности или человеческом факторе.

По итогам проведенных исследований разработано «Устройство для обнаружения и сигнализации при приближении объектов к работающей сельскохозяйственной технике», работающее на основе инфракрасных датчиков и алгоритма поиска аномальных объектов. Установка предлагаемого устройства позволит своевременно предупредить оператора сельскохозяйственной техники об опасном приближении объекта (зачастую человека) к движущимся частям машины, а при определенных функциях, позволит в автоматическом режиме остановить работающую технику без участия оператора и предотвратить ситуацию возникновения производственного травматизма.

Список использованных источников

1. Андруш, В.Г. Производственная безопасность в АПК. Лабораторный практикум : учебное пособие / В.Г. Андруш, Т.П. Кот, О.В. Абмеко. – Минск : БГАТУ, 2019 – 308 с.

2. Инновационные технологии в сельском хозяйстве. – Казань : Издательство «Бук», 2017. – 58 с.

3. Непарко, Т.А. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка. Практикум : учебное пособие / Т.А. Непарко, Д.А. Жданко, И.Н. Шило ; БГАТУ, Кафедра ЭМТП ; под ред. Т. А. Непарко. – Минск : БГАТУ, 2021. – 192 с.

4. Завражнов, А.И. Эксплуатация машинно-тракторного парка. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – 224 с.

5. Микропроцессоры и микроконтроллеры / Н.В. Коляда. – Минск : Технополис, 2003. – 235 с.

6. Методы и модели математического моделирования и информационные технологии : учебно-методическое пособие / А.С. Новиков, М.Ю. Хлебников, С.И. Желтов. – М. : МФТИ, 2014. – 368 с.

7. Проектирование и технология программирования / В.И. Байдаков, О.Н. Запяткина, А.И. Кречинский. – М. : Издательский дом «Питер», 2003. – 384 с.

8. Сигналы и системы : учебник / Г.С. Брагинский, А.В. Зверев, Л.М. Карпов. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 416 с.

9. Чувствительные элементы микроэлектроники и акустоэлектроники / В.П. Басов, В.В. Вашяев, В.В. Лепешкин. – М. : Наука, 2004. – 472 с.

Summary. Based on the results of the research, a "Device for detecting and signaling when objects approach working agricultural machinery" has been developed, operating on the basis of infrared sensors and an algorithm for searching for abnormal objects.

УДК 658.345:681.3:621.315

Русских В.В., аспирант;
Капский А.В., инженер;
Хохлов Е.А., студент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

УЛУЧШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРАБЛЕЙ-ВАЛКОВАТЕЛЕЙ ГВ-6,0 С УСТАНОВКОЙ БЛОКА КОНТРОЛЯ ПРОСТРАНСТВА

Аннотация. Для сведения травматизма к минимуму во время работы сельскохозяйственной техники, предложено устройство, сигнализирующее о приближении человека на опасное расстояние к движущимся частям агрегата и/или машины.

Abstract. o reduce injuries to a minimum during the operation of agricultural machinery, a device has been proposed that signals the approach of a person at a dangerous distance to the moving parts of the unit and/or machine.

Ключевые слова. Агрегат, травматизм, охрана труда, движущиеся части, блок, сигнализация.

Keywords. Unit, injuries, labor protection, moving parts, unit, alarm.

Почти во всех агрегатах, используемых на предприятии, есть движущиеся части, которые могут вызвать телесные повреждения. По данным статистики Великобритании (HSE, 1989 г.) на статью «Контакт с движущимися машинами и механизмами или материалом, подвергающимся машинной обработке» приходится 5 % легких и 10 % смертельных с тяжелыми случаями травматизма (переломы, ампутации и т.п.) [1].

Для того чтобы травматизм на производстве был сведен к минимуму, на предприятии организованы безопасный трудовой процесс с использованием охраны труда.

В данной работе, рассмотрим работу на граблях-валкователях ГВ-6,0 выполняемую рабочими колесами с граблями, в количестве восьми штук. Все части машины, которые движутся в процессе выполнения работы, могут стать причиной аварий, связанных с телесными повреждениями и материальным ущербом. Опасность могут представлять, как вращающиеся, так и линейные движения машины [2–3].

Важную роль в профилактике травматизма играют: соблюдение нормативов, ТКП, правил по охране труда), проведение инструктажей по охране труда, внедрение новых передовых методов организации безопасной

работы. Однако это не всегда помогает при участии человеческого фактора в производственном процессе.

Так, 25.07.2017 года был зарегистрирован случай производственного травматизма, с участием граблей-валкователей ГВ-6,0, вследствие нарушения правил безопасности при выполнении производственного процесса. Один из работников, игнорируя инструкцию по охране труда, приблизился на опасное расстояние к агрегату ГВ-6,0 в момент выполнения производственного процесса. Работник зацепился одеждой за рабочее колесо агрегата и получил тяжкую производственную травму.

Не всегда оператор машины или агрегата может вовремя среагировать на опасную ситуацию, в которой промедление на секунды может привести к серьезным последствиям. Однако там, где человек не способен отреагировать на ситуацию мгновенно, должна быть способна отреагировать машина.

Для предотвращения возможных подобных случаев, произведена модернизация граблей-валкователей ГВ-6,0, с целью исключения опасных факторов, вызванных движущимися частями агрегата, в будущем.

Исходя из имеющихся данных, мы можем определить зоны повышенной опасности при использовании граблей-валкователей ГВ-6,0. Так как рабочие колеса ГВ-6,0 перекрывают доступ к остальным частям агрегата, то особую опасность представляют именно они. В ходе движения граблей-валкователей ГВ-6,0 в сцепке с трактором, агрегат проходит по неровной почве, что может увеличивать радиус движущихся частей, на котором они могут представлять опасность (рисунок 1).

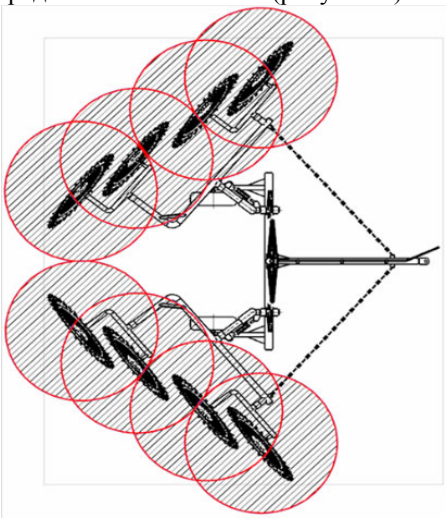


Рисунок 1 – Движущиеся части ГВ-6,0 представляющие особую опасность

К сожалению, водитель, трактор которого находится в сцепке с граблями-валкователи ГВ-6,0, не всегда может успеть среагировать на неожиданную угрозу для здоровья и жизни человека. Решением является установка блока контроля пространства.

Улучшение представляет собой автономный блок, который устанавливается на агрегат (в данном случае грабли-валкователи ГВ-6,0), фиксирует приближение человека в опасную зону и подает соответствующий сигнал водителю (информацию блок передает через wi-fi на мобильный телефон оператора), тем самым предупреждая потенциальный случай травматизма.

Алгоритм работы блока контроля пространства представлен на рисунке 2.

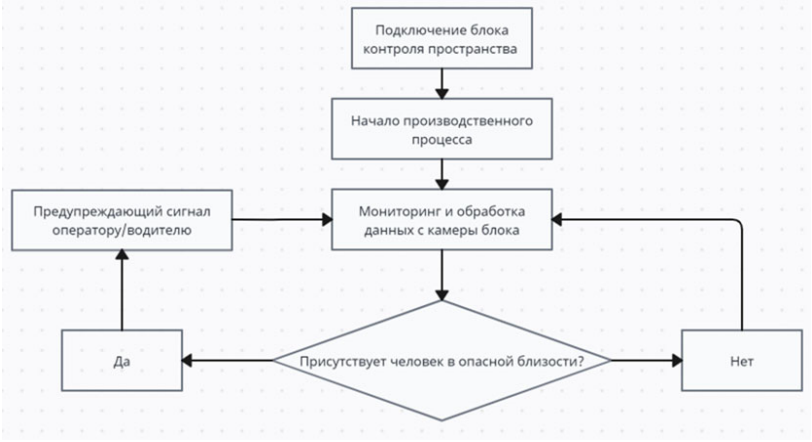


Рисунок 2 – Алгоритм работы блока контроля пространства

Данного эффекта мы добились путем «обучения» компьютера с помощью множества помеченных изображений, каждое из которых идентифицируется как определенный объект, например, велосипед, дерево, человек и т. д. После этого обучения компьютер научился анализировать новое изображение и правильно идентифицировать эти объекты.

В ходе работы выявлено место потенциальной опасности при работе с граблями-варошилками ГВ-6,0. Разработан и спроектирован блок контроля пространства, который позволит снизить риски возникновения производственного травматизма при заготовке сена. Так как блок контроля пространства довольно универсален, можно рассмотреть его установку и не другие машины предприятия.

Список использованных источников

1. Движущиеся части машин [Электронный ресурс.] – Режим доступа : http://base.safework.ru/iloenc?navigator&spack=110LogLength%3D0%26LogNumDoc%3D857000239%26listid%3D010000000100%26listpos%3D2%26lsz%3D17%26nd%3D857000239%26nh%3D1%26. – Дата доступа : 24.05.2024.
2. Непарко, Т.А. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка. Практикум : учебное пособие / Т.А. Непарко, Д.А. Жданко, И.Н. Шило ; БГАТУ, Кафедра ЭМТП ; под ред. Т.А. Непарко. – Минск : БГАТУ, 2021. – 192 с.
3. Завражнов, А.И. Эксплуатация машинно-тракторного парка. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – 224 с.

Summary. During the work, a place of potential danger was identified when working with GV-6,0 rakes. A space control unit has been developed and designed, which will reduce the risk of industrial injuries during hay harvesting. Since the space control unit is quite universal, you can consider its installation and not other enterprise machines.

УДК 631.35

Романюк Н.Н., кандидат технических наук, доцент;
Вольский А.Л., старший преподаватель;
Еднач В.Н., кандидат технических наук, доцент;
Климович Н.Г., магистрант
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Беларусь

ВЛИЯНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РОЛИКОВОЙ СОРТИРОВКИ НА ЕЁ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Аннотация. Кинематические параметры сортировальных рабочих органов оказывают существенное влияние на качество разделения компонентов и их повреждения.

Abstract. Kinematic parameters of sorting working bodies have a significant impact on the quality of separation of components and their damage

Ключевые слова. Ролик, валец, частота вращения, защемление, удар, повреждение.

Keywords. Roller, roller, rotation speed, pinching, impact, damage.

Роликовые сортирующие рабочие органы получили широкое распространение и входят как отдельные агрегаты в состав многих уборочных машин. Прежде всего можно отметить картофелесортировальную технику, картофелеуборочные комбайны, свеклоуборочные машины и многие дру-

гие. Прежде всего это связана с высокой эффективностью роликовых рабочих органов и их удельной производительностью при соблюдении требований точности разделения на фракции и уровня повреждений, наносимых рабочими органами. Разнообразие форм и размеров роликовых рабочих органов позволяет включать их во многие технологические процессы.

Однако вместе со значительным количеством преимуществ применения конструктивных решений с использованием роликовых рабочих органов существует также большое количество ограничений. Приводящих к значительному снижению производительности машин из-за необоснованности оптимальных кинематических режимов работы роликовых рабочих органов.

Оптимизация взаимосвязи кинематических параметров роликовых рабочих органов и обрабатываемого материала является актуальной задачей в проектировании рабочих поверхностей машин.

Производительность роликовой поверхности прямо пропорциональна скорости перемещения разделяемого продукта. Анализируя технологический процесс, протекающий на роликовых поверхностях сортировок картофеля и очистителей корнеплодов необходимо отметить, что скорость движения материала зависит от его размеров.

В данной статье мы представим частный случай взаимодействия двух роликов разного диаметра и сортируемого материала, представляющего собой клубень округлой формы. Для анализа приняты следующие параметры взаимодействующих элементов: C – зазор между роликами, R_1 – радиус первого ролика, R_2 – радиус второго ролика и средний радиус клубня $R_к$, принятого за шар. Схема взаимодействия клубня с роликами представлена на рисунке 1, где N_1, N_2 – силы нормальной реакции опоры ролика; F_1, F_2 – силы трения клубня о соответствующий ролик; G – сила тяжести клубня; ε_2 – угол наклона плоскости контакта; β_1, β_2 – углы действия нормальных реакций; F_{i1}, F_{i2} – силы инерции клубня.

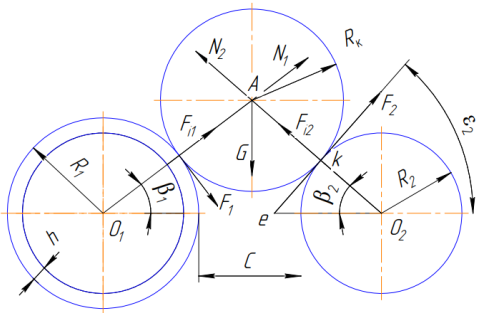


Рисунок 1 – Взаимодействие роликов с клубнем округлой формы

Для определения условий выхода клубня из впадины заменим действие ролика, через который должен быть переброшен клубень, действием двигающейся наклонной плоскости под углом ε_2. Скорость движения плоскости равна окружной скорости ролика. Клубень картофеля будет переброшен через ролик только в случае, если он будет вынесен силой трения. Угол наклона плоскости движения клубня должен быть меньше угла трения клубня о поверхность ролика либо равен ему [1, 2]

$$\varepsilon_2 \le \varphi. \quad (1)$$

Анализ прямоугольного треугольника O_2ek показал, что увеличение угла β_2 приведет к уменьшению угла ε_2, а взаимосвязь углов β_2 и ε_2 имеет обратную зависимость поскольку

$$\beta_2 = 90 - \varepsilon_2. \quad (2)$$

Из соотношения размеров роликов и клубня угол наклона плоскости ε_2 определен следующим выражением

$$\varepsilon_2 = 90\text{-}\arccos(((r_1+r_2+c)^2+(r_2+r_к)^2\text{-}(r_1+r_к)^2)/2/\ (r_1+r_2+c)^2/(r_2+r_к)^2). \quad (3)$$

Для примера проведем расчеты угла выхода клубня из впадины между роликами при размере калибрующей щели c = 42 мм, средний радиус клубня варьирует от 24 до 32 мм и радиусы роликов – от 32 до 41 мм. Разница в диаметре роликов зависит от высоты спирали на одном из них с увеличением ее до 9 мм. На графике рисунка 2 приведены результаты расчетов.

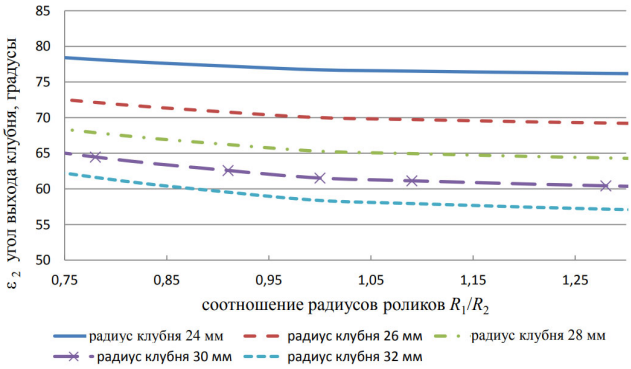


Рисунок 2 – График взаимодействия роликов разного диаметра и клубня округлой формы

Анализ графиков взаимодействия роликов разного диаметра и клубня округлой формы показал, что увеличение диаметра первого ролика приводит к уменьшению угла ε_2, откуда следует, что возможно выкатывание клубня.

Для предотвращения защемления клубня роликами необходимо, чтобы угол ε_2 как можно меньше отличался от угла трения. При условиях приближенных значений ε_2 и φ клубень будет вращаться во впадине, не будет защемлен и деформирован, также анализ показывает, что с увеличением размера клубня или уменьшением зазора между роликами угол выхода ε уменьшается.

Из подобия может быть определена частота вращения роликов с учетом условия максимально допустимой скорости вращения

$$n_N = \frac{n_1 \cdot r_{p1}}{r_{p2} \cdot r_{p2} \ldots r_{p3}} \left(1 + \frac{r_b - r_c}{r_c}\right), \quad (4)$$

где n_1 – частота вращения первого ролика, мин$^{-1}$;

$r_р$ – радиус роликов, м;

$r_с$ – радиус клубня по толщине, м;

r_b – радиус клубня по ширине, м.

На основании чего можно определить интервалы соотношения размеров роликов и клубней, при которых клубни будут находиться во впадине и не будут перебрасываться через ролики, а также условие, когда клубни будут интенсивнее проходить по поверхности, а также частоты вращения роликов.

Список использованной литературы

1. Колчин, Н.Н. Комплексы машин и оборудования для послеуборочной обработки картофеля и овощей. – М. : Машиностроение. 1982. – 268с.

2. Еднач, В.Н. Обоснование параметров калибрующей поверхности картофелесортировальной машины [Текст] / В.Н. Еднач, В.П. Чеботарев // Агропанорама. – 2019. – № 2. – С. 5–8.

3. Еднач, В.Н. Анализ факторов, влияющих на сохранность картофеля / В.Н. Еднач, Г.А. Радишевский, Д.Н. Бондаренко // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной ведущим ученым БГАТУ, создателям научной школы по автотракторостроению Д.А. Чудакову, В.А. Скотникову, Минск, 28–30 ноября 2013 г. – Минск : БГАТУ, 2013. – С. 308–311.

Summary. The presented analysis shows the intervals of the ratio of the sizes of the rollers and tubers, at which the tubers will be in the cavity and will not be thrown over the rollers, as well as the condition when the tubers will pass more intensively over the surface, as well as the rotation frequency of the rollers.

УДК 631.331.5

Романюк Н.Н.[1], кандидат технических наук, доцент;
Нукешев С.О.[2], доктор технических наук, профессор;
Еднач В.Н.[1], кандидат технических наук, доцент;
Агейчик В.А.[1], кандидат технических наук, доцент;
Косатбекова Д.Ш.[2], **Демидович Е.И.**[1]

[1]*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Беларусь,*
[2]*НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», г. Астана, Казахстан*

СЕЯЛКА ДЛЯ ПОДСЕВА ТРАВ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ВНЕСЕНИЕМ УДОБРЕНИЙ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы подсева трав с одновременным внесением удобрений.

Abstract. The article discusses the issues of sowing herbs with simultaneous fertilization.

Ключевые слова. Подсев трав, удобрения, сошник, лепестковый ворошитель, семяпровод, тукопровод.

Keywords. Grass sowing, fertilizers, coulter, petal agitator, seed line, tuck line.

Для обеспечения высокой урожайности лугопастбищных угодий необходимо своевременное и полноценное обеспечение их питательными веществами, а также подсев трав для изменения структуры травостоев. При внесении удобрений наибольшее распространение получили внутрипочвенный и разбросной способы, органические и минеральные удобрений, в жидком или гранулированном виде. Применение того или иного способа зависит от вида растений и химического состава почвы, а также наличия соответствующей техники в хозяйстве. При этом следует отметить, что внутрипочвенное внесение удобрений, как правило, более эффективно.

Кроме достаточного количества питательных веществ в почве необходимо учитывать биологические особенности, такие как естественный процесс старения трав, приводящий к снижению урожайности, изменению видового состава и снижению питательности кормов, получаемых из них, поскольку в зависимости от климатических условий период максимальной продуктивности для разных трав начинает снижаться после третьего, четвертого года жизни [1, 2].

Наиболее эффективным способом восстановления вырождающихся травостоев является подсев в дернину семян трав бобовых культур. Это позволит откорректировать соотношение доминирующих травостоев, и в

зависимости от биологических особенностей сбалансировать состав протеина, клетчатки, жира, золы, каротина, и прочих.

Таким образом, подсев трав с одновременным внутрипочвенным внесение удобрений при обеспечении агротехнических требований заделки туков и семян на различную глубину отдельно друг от друга является актуальным решением проблемы восстановления лугопастбищных угодий.

Нами предлагается оригинальная конструкция сеялки зернотукотравяной [3] рисунок 1, на рисунке 2 – элементы сеялки (*а* – рабочий орган – сошник - щелеватель; *б* – нож; *в* – нижняя часть туконаправителя; *г* – прикатывающий каток).

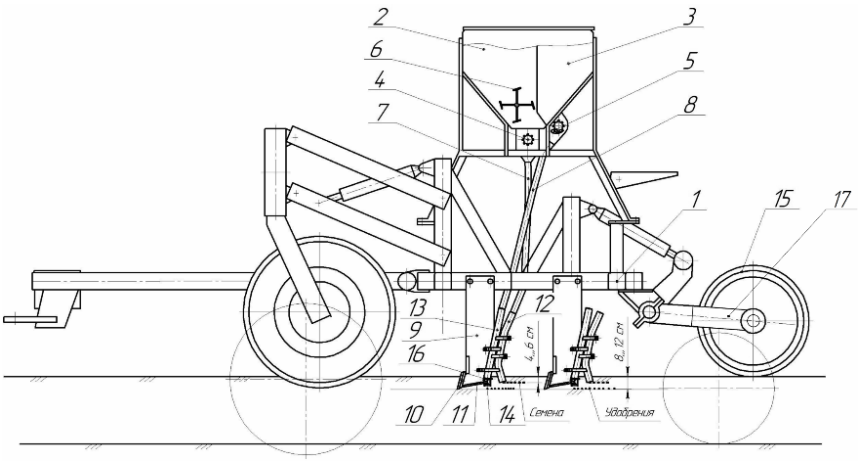


Рисунок 1 – Общий вид сеялки зернотукотравяной

Сеялка содержит раму *1*, на которой расположен семятуковый ящик, включающий бункер для семян *2* и бункер для туков *3*, высевающий аппарат для семян *4*, высевающий аппарат для туков *5*, лепестковый ворошитель *6*, семяпровод *7*, тукопровод *8*. На раме *1* в передней по ходу движения части сеялки закреплены стойки рабочего органа *9*, причем у каждой стойки рабочего органа *9* к нижней части её передней торцевой вертикальной плоскости закреплено долото *10* под углом 75^0 его задней части к горизонту (что исключает оборот пласта), причем ширина долота 20 мм. Нижняя плоскость стойки рабочего органа *9* наклонена с превышением по вертикали задней части над передней по направлению движения сеялки к горизонту под углом 10–120 и к ней по всей ее длине с помощью винтов вплотную своим меньшим основанием трапеции равным 20 мм к задней плоскости долота *10* своей верхней плоскостью закреплен нож *11*, который выполнен в основной передней части в виде равнобочной трапеции с углом между боками трапеции 50^0 из пластины толщиной 8–10 мм, шири-

ной 100 мм, в том числе равной величине большего основания трапеции, и имеет заостренные под углом 26^0 боковые стороны трапеции, в результате чего верхняя плоскость ножа *11* по площади меньше нижней.

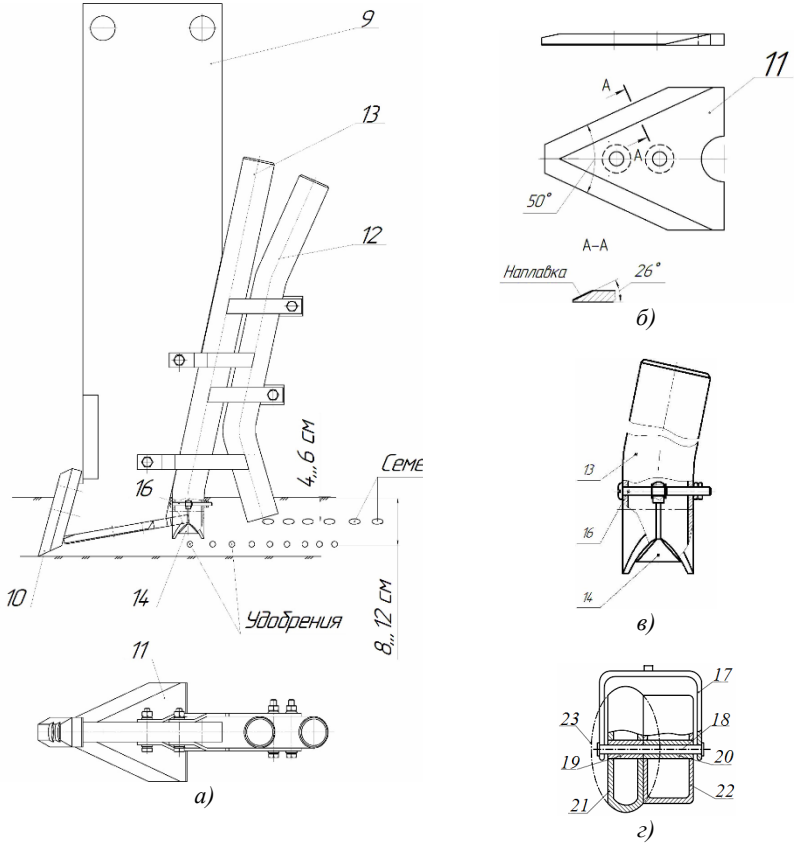


Рисунок 2 – Элементы сеялки зернотукотравяной

К задней части стойки рабочего органа *9* вплотную к ножу *11* прикреплен туконаправитель *13*, внутренний диаметр которого равен 50–60 мм, к которому сзади прикреплен семянаправитель *12*. К задней части рамы присоединен прикатывающий каток *15*. Внутри туконаправителя *13* симметрично его совпадающей с направлением движения продольной вертикальной плоскости симметрии в его нижней части установлен с горизонтальной совпадающей с направлением движения агрегата осью симметрии шплинт *16* с возможностью вращения относительно его в вертикальной перпендикулярной направлению движения плоскости крепежным стерж-

нем диаметром 2 мм и длиной 60–80 мм с закрепленным на его нижнем конце конусной вершиной распределителя *14*, выполненной в виде боковой поверхности прямого кругового конуса, причем диаметр основания конусной поверхности распределителя равен 40 мм, её высота равна 18 мм, а высота расположения распределителя относительно высоты передней кромки ножа *11* составляет 20 мм.

Туконаправитель *13* в нижней части имеет симметрично его продольной вертикальной плоскости симметрии на уровне расположения распределителя *14* расширяющиеся вниз до своей нижней кромки до 0,6–0,8 от величины нижнего диаметра в основании распределителя *14* боковые вырезы.

Привод лепесткового ворошителя 6 осуществляется от прикатывающего катка *15*, который включает в себя закрепленную на вилке *17* ось *18* со свободно насаженными на нее с помощью втулок *19* и *20* и вплотную друг к другу с возможностью вращения на оси *18* и относительно друг друга левое *21* и правое *22*, считая по ходу движения агрегата, кольца, при этом левое *21* кольцо катка *15* выполнено своей внешней опорной поверхностью в виде выполненного относительно своего меньшего диаметра и усеченного с двух сторон симметрично продольной вертикальной совпадающей с направлением движения агрегата плоскости симметрии эллипсоида вращения *23*, а правое *22* кольцо катка *15* выполнено своей внешней опорной поверхностью в виде боковой поверхности вращения прямого кругового цилиндра, причем правое *22* кольцо имеет наружный диаметр равный наименьшему диаметру левого *21* кольца, а ширина правого *22* кольца в 1,5–2 раза больше левого *21* кольца, при этом ширина левого 21 кольца равна 1,2–1,4 ширины долота *10* и их продольные плоскости симметрии совпадают, а максимальный наружный диаметр левого *21* кольца прикатывающего катка *15* в 1,10–1,15 раза больше наружного диаметра правого *22* кольца прикатывающего катка *15*.

Стойка рабочего органа *9* прорезает в дернине вертикальную щель, шириной 20 мм, а плоскорезная лапа *11* разрыхляет почву или дернину без оборота пласта. Одновременно, минеральные удобрения из бункера для туков *3* посредством высевающего аппарата для туков *5* по тукопроводу *8* подаются на конусную поверхность распределителя *14* и равномерно рассыпаются в след долота *10* и плоскорезной лапы *11*, располагаясь на глубине 8–12 см. Принимая вращательное движение от прикатывающих катков *15*, лепестковый ворошитель *6* поддерживает семенной материал в возбужденном состоянии и направляет его из бункера для семян *2* в высевающий аппарат для семян *4*, который приспособлен как для слабосыпучих, так и сильносыпучих семян и далее семена по семяпроводу *7* подаются в почву на глубину 4–6 мм поверх слоя туков. Прикатывающий каток *15* прищемляет образовавшуюся щель.

Расположение семян выше от горизонта удобрения исключает их подавление химическими реакциями и способствует постепенной подпитке корне-

вой системы растения, а нижнее, ближе к влажному горизонту, расположение туков - их лучшему растворению и миграции в почвенной среде.

Прищемление щелей специальными прикатывающими катками *15* исключает испарение влаги через щели, вывод угодья из кормооборота, возможные травмы скота во время пастьбы и препятствия проходу последующих машин орудия.

Повторное улучшение кормового угодья должно производиться в перпендикулярном направлении.

Список использованной литературы

1. Поверхностный способ улучшения [Электронный ресурс]. – Точка доступа : https://belagromech.by/news/poverhnostnyj-sposob-uluchsheniya. – Дата и время доступа : 10.05.2024, 16:48.

2. Исследование движения маятникового распределителя сошника зернотуковой сеялки / С.О. Нукешев В.Р. Словов, Д.П. Карайванов, Н.Н. Романюк, Н.А. Какабаев // Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета имени Д.Серикбаева, 2016. – № 3. – С. 82–87.

3. Сеялка зернотукотравяная : патент 23681 C1 Респ. Беларусь, МПК A01B 49/06, A01B 49/04, A01C 7/20 / Н.Н.Романюк (BY), В.А.Агейчик (BY), С.О.Нукешев (KZ), Ю.Н.Рогальская (BY), К.М.Тлеумбетов (KZ), А.М.Хартанович (BY); заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № a20200210; заявл. 20.07.2020; опубл. 30.04.2022 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2022. – № 2. – С.32–33.

Summary. Restoring the fertility of meadows and pastures is an urgent task. The article discusses and substantiates the design of a machine for sowing grasses in the turf with simultaneous fertilization.

УДК 658.345:681.3:621.315

Ашарчук Д.В., студент;
Русских В.В., аспирант
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТЕНН ПО УЛАВЛИВАНИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ОТ ЛЭП

Аннотация. Произведены исследования по захвату сигнала от ВЛ антеннами радиоприемником. Выделена наиболее подходящая антенна для дальнейшей модернизации и получения антенны с подходящими характеристиками.

Abstract. Research has been carried out on signal capture from overhead lines by antennas and a radio receiver. The most suitable antenna has been identified for further modernization and obtaining an antenna with suitable characteristics.

Ключевые слова. Сигнал, антенна, воздушные линии электропередачи (ВЛ), радиоприемник, катушка.

Keywords. Signal, antenna, overhead power lines (VL), radio receiver, coil.

Известно, что антенна нужна для приема и передачи сигнала. После проведения опытов, нами было замечено, что при пересечении зоны воздушной линии электропередачи (ВЛ) с включенным радиоприемником, у приемника появляются дополнительные помехи. Это значит, что раз появляются помехи, то сигналы достаточно схожи между собой. Так происходит из-за того, что в исходящем и принимающем сигналах участвует синус. И раз приемник принимает и усиливает этот сигнал, можно разработать устройство, которое сможет уловить, а после и усилить сигнал от ВЛ [1].

Поскольку существует большое количество антенн, выделим самые перспективные для последующей модернизации:

1) Loop антенна, или петлевая антенна

Данная антенна состоит из двух разных по длине катушек, одна катушка разы длиннее другой. Есть многочисленные вариации данного вида антенны, но нас интересует однообмоточная антенна с одним подстроечным конденсатором на выходе. У данной антенны наилучшая чувствительность из всех, но из-за больших габаритных размеров по ширине, длинного кабеля для приема сигнала, наличия зазора между витками антенны, она нам не подходит (рисунок 1) [2].

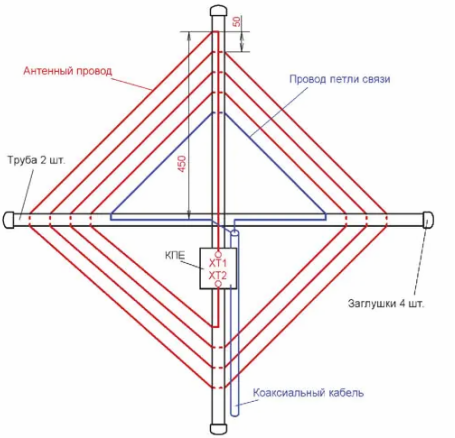


Рисунок 1 – Конструкция петлевой антенны

2) Простая катушка с возможностью добавления конденсатора

Данная антенна состоит всего из двух компонентов, катушки и конденсатора. Она также не подходит для последующей модернизации по ряду причин: большое количество витков требует много медной проволо-

ки, необходимо много места для установки антенны, минимальный диаметр для хорошей работы приблизительно 400 мм (рисунок 2).

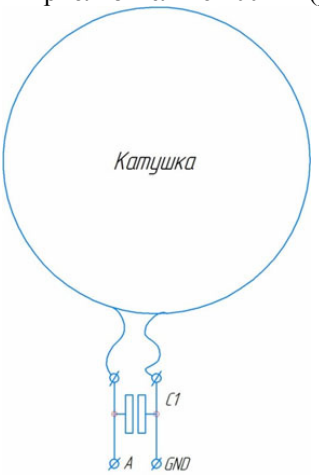


Рисунок 2 – Конструкция простой катушки

3) Катушка с ферритовым сердечником

Катушка с ферритовым сердечником (рисунок 3) является усовершенствованной версией простой катушки и должна хорошо улавливать исходящий сигнал от ВЛ.

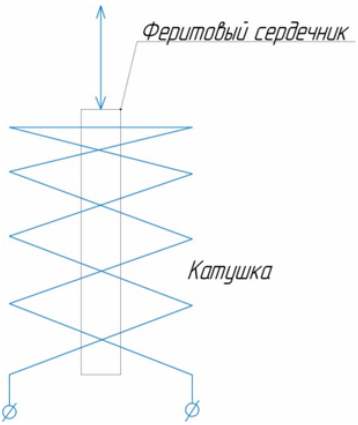


Рисунок 3 – Конструкция катушки с ферритовым сердечником

С наличием сердечника эта антенна получила небольшие размеры, что в свою очередь может повлиять на чувствительность. Эту антенну можно рассмотреть для дальнейшей модернизации, т.к. она имеет малые габариты, простоту исполнения, малую стоимость изготовления, возможность регулировки чувствительности сердечником [3].

4) Диполь

Диполь – простейшая антенна (рисунок 4), которая подходит для приема всех видов частот.

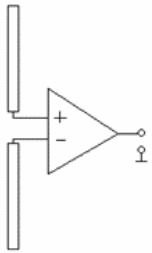


Рисунок 4 – Диполь

Диполь состоит из двух одинаковых по длине антенн. Данный вид антенн нам не подходит, ввиду больших габаритов [4].

Из вышеописанных антенн, согласно теоретическим данным, нам подходит катушка с ферритовым сердечником, т.к. она имеет малые габариты, простоту исполнения, малую стоимость изготовления и возможность регулировки чувствительности сердечником.

После дальнейшей модернизации она сможет хорошо улавливать и усиливать частоту 50 Гц.

Список использованных источников

1. Антенны. Лабораторный практикум : учеб.-метод. пособие / А.В. Кухарев [и др.]. – Минск : БГУИР, 2013. – 109 с.

2. Балконная приёмная рамочная КВ-антенна [Электронный ресурс.]. – Режим доступа : https://www.radioradar.net/radiofan/antenns/balcony_receiving_loop_hf_antenna.html. – Дата доступа : 24.05.2024.

3. Катушки индуктивности с ферритовыми сердечниками [Электронный ресурс.]. – Режим доступа : https://radiolamp.net/news/556-katushki-induktivnosti-s-ferritovymi-serdechnikami.html. – Дата доступа : 24.05.2024.

4. Диполь на диапазоны 40, 30, 17 и 12 метров [Электронный ресурс.]. – Режим доступа : https://eax.me/four-band-dipole/ – Дата доступа : 24.05.2024.

Summary. Research has been carried out on signal capture from overhead lines by antennas and a radio receiver. The most suitable antenna has been identified for further modernization and obtaining an antenna with suitable characteristics.

УДК 629.366

Гаркуша А.В., старший преподаватель;
Севастюк Т.В., старший преподаватель;
Гаркуша К.В., старший преподаватель;
Процко Л.Е., ассистент;
Гурина А.Н., кандидат технических наук, доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ШУМА В КАБИНЕ ТРАКТОРА

Аннотация. В статье изложены материалы, посвященные снижению воздействия шума и вибрации на организм оператора мобильной сельскохозяйственной техники. Проведен анализ средств защиты, которые используются в кабинах сельскохозяйственной техники, что позволяет повысить комфортность в кабинах тракторов и сохранить здоровье работника.

Abstract. The article presents materials devoted to reducing the impact of noise and vibration on the body of the operator of mobile agricultural machinery. An analysis of the protective equipment that is used in the cabs of agricultural machinery is carried out, which makes it possible to increase comfort in the cabs of tractors and preserve the health of the worker.

Ключевые слова. Шум, вибрация, средства защиты, звукопоглощение, звукоизоляция, кабина трактора.

Keywords. Noise, vibration, protective equipment, sound absorption, sound insulation, tractor cabin.

Профессия оператор мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ) является одной из основных и наиболее распространенных в сельскохозяйственном производстве.

Особенности сельскохозяйственного производства, сложность управления и обслуживания сельскохозяйственных машин, интенсификация рабочих процессов не только изменяют условия труда, но и предъявляют повышенные требования к психофизиологическим параметрам человека, управляющего машиной.

В своей работе оператор мобильной сельскохозяйственной техники подвергается воздействию комплекса неблагоприятных производственных факторов, среди которых особое место занимают низкочастотная общая и среднечастотная локальная вибрация и повышенный уровень шума.

Для сжижения шума в кабине традиционно используются средства пассивной шумозащиты, основанные на принципах отражения и поглощения звука. Еще одним направлением шумозащиты в замкнутых объемах является активная защита от шума, основанная на интерференции звука.

Применения активной шумозащиты [1] показывает её невысокую эффективность. Применение активной шумозащиты ограничено тем, что она работает только в низкочастотном диапазоне (хотя, в некоторых случаях, это может быть её явным преимуществом, т.к. на низких частотах пассивная шумозащита, как правило, не эффективна). В силу этих причин, активная шумозащита не нашла широкого применения для снижения шума в кабинах МСХТ.

Пассивная шумозащита включает такие основные принципы глушения воздушного и структурного звука как звукоизоляции, звукопоглощение виброизоляция и вибропоглощение. Есть некоторое различие, в требованиях шумозащитным кабинам в зависимости от их назначения.

На практике применяются звукоизолирующие кабины двух типов: стационарные, устанавливаемые в помещениях (например, цехах), и транспортные, устанавливаемые на транспортных машинах. Первые находятся в условиях диффузного звукового поля помещения, вторые в условиях неравномерного распределения звука на внешних элементах ограждения, вследствие его дифракции. Эффективность стационарных кабин может достигать 25 дБА [2], в снижение уровня звука транспортными кабинами колеблется в широком диапазоне в зависимости от акустических свойств.

К акустическим свойствам кабины можно отнести: звукоизоляцию кабины, звукопоглощение в кабине, дифракцию на внешних элементах ограждения кабины. Сегодня производителям МСХТ хорошо известны и максимально используются пути улучшения акустических качеств кабин: увеличение звукоизоляции элементов ограждения (увеличение поверхностной массы, акустическая герметизация, увеличение числа слоев ограждающей конструкции; двойные ограждения), улучшение звукопоглощающих свойств (увеличением эквивалентной площади звукопоглощения в кабине), виброизоляция кабины, вибродемпфирование металлических элементов ограждения кабины. Все эти средства хорошо отработаны и идти в дальнейшем по пути их улучшения, это получать незначительное (2–3 дБА) снижение шума в кабине.

Шум в кабине МСХТ в первую очередь зависит от компоновочной схемы машины. Необходимо выбирать такую компоновочную схему, когда кабина акустически развязана с источниками шума установленными на МСХТ. Это возможно, когда кабина проектируется как отдельная конструкция машины. Такие кабины можно назвать локальными и их расчет и проектирование требует внесения некоторых поправок в существующие методики расчеты шума.

Список использованной литературы

1. Гаркуша, А.В. Снижение риска травмирования оператора технических средств в агропромышленном комплексе/ А.В. Гаркуша, Т.В. Севастюк //

Перспективы развития технического сервиса в агропромышленном комплексе: сб. материалов Всерос. (Нап) науч.-прект. междунар. участием, посв. 60-летню создания кафедры технического сервиса (ремонта машин и технологии конструкционных материалов). Чебоксары, 26 января 2024 года. / ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ – Чебоксары, 2024. – С. 208–211.

2. Гаркуша, А.В. Особенности герметизации кабины МСХТ / А.В. Гаркуша [и др.]. // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. / редкол. : В.В. Гусаров (гл. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2024. – Вып. 9. – С. 23–26.

3. Иванов, Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом : Учебник. – М. : Университетская книга. Логос, 2008. – 424 с.

4. Фесина, М.И. Об используемых типах автомобильных звукоизоляционных материалов и некоторых приемах их модификационного структурирования / М.И. Фесина, А.В. Краснов // Безопасность жизнедеятельности. – 2008. – № 9. – С. 10–16.

Summary. The article presents materials devoted to reducing the impact of noise and vibration on the body of the operator of mobile agricultural machinery. An analysis of the protective equipment that is used in the cabs of agricultural machinery is carried out, which makes it possible to increase comfort in the cabs of tractors and preserve the health of the worker.

УДК 331.45

Кунаш М.В., аспирант;
Позняков Д.М., студент;
Белохвостов Г.И., кандидат технических наук, доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

МОДУЛЬНЫЙ ПРИНЦИП КОНСТРУИРОВАНИЯ ГЛУШИТЕЛЕЙ ШУМА ТРАКТОРОВ

Аннотация. Рассмотрен модульный принцип конструирования глушителей шума тракторов и типовых элементов глушителя в терминах матриц передачи: прямоточных труб, расширительного глушителя, перфорированных неровностей канала, перфорированной решетки.

Abstract. The designs of typical muffler elements from the transmission matrix point of view are considered: straight pipes, expansion muffler, perforated channel bumps, perforated grille.

Ключевые слова. Борьба с шумом, глушители шума, экспериментальные исследования, труба Вентури, лучевой эффект, конусные перфорированные обтекатели.

Keywords. Noise control, noise mufflers, experimental studies, Venturi tube, radiation effect, cone perforated fairings.

В современных условиях шум является одним из ведущих факторов загрязнения окружающей среды, связанный с ростом городов и развитием технологий. Воздействие шума на человека становится все более актуальной проблемой. Особое место занимает шум производственного происхождения, уровень которого существенно подрос. Воздействие повышенных уровней шума на работающих обусловлено все более широким применением высокопроизводительного оборудования, увеличением скорости технологических процессов при эксплуатации промышленного оборудования [1].

Из всех экологических факторов шум – самый массовый. В настоящее время эта проблема приобретает угрожающий характер. Расходы на борьбу с шумом составляют сотни миллиардов в год, но несмотря на эти очень солидные цифры проблема остаётся актуальной и по данным зарубежных специалистов эти расходы должны быть увеличены не менее чем в 2–3 раза. Проблема борьбы с шумом, в первую очередь, экономическая.

Тракторы – это неотъемлемый элемент городов и технологической базы комплекса сельскохозяйственного оборудования. Они широко распространены у коммунальщиков для обслуживания прилегающих территорий предприятий, городских улиц и парков, а также выполняют множество функций в сельском хозяйстве.

Одним из негативных факторов при эксплуатации тракторов является повышенный шум, который создается их выхлопной системой [2].

Основными источниками шума при работе колёсного трактора признаны: выпускная система, корпус двигателя, вентилятор системы охлаждения и трансмиссия. Причём, наибольший уровень звука имеет выпускная система – 100–120 дБА, что на 15–35 дБА превышает допустимый уровень [3].

Перед нами стоит задача снизить уровень шума именно этого источника с помощью глушителей.

В настоящее время существует несколько классификаций глушителей. Согласно ГОСТ 31328-2006 (ИСО 14163:1998) «Руководство по снижению шума глушителями» [4] в соответствии с превалирующим механизмом ослабления глушители могут быть [5] классифицированы по принципу действия:

– диссипативные глушители;

– реактивные глушители, включая резонаторные и отражательные;

– комбинированные глушители.

В диссипативных глушителях снижение шума достигается за счёт потерь акустической энергии на трение в звукопоглощающих материалах (волокнистых или пористых поглотителях, сетках, перфорированных листах и т.п.), расположенных на пути распространения звука.

В реактивных глушителях снижение шума обеспечивается за счёт отражения части звуковой энергии в сторону источника. Звуковые волны,

попадая в полость реактивного глушителя, возбуждают в нём собственные колебания, что приводит к ослаблению звука в одних частотных областях и усилению в других.

Комбинированные глушители содержат в себе как реактивные, так и диссипативные элементы. Любой глушитель является комбинированным, так как имеет место частичное отражение звуковых волн от диссипативных элементов, а в реактивных энергия колебаний при отражении волн переходит в тепловую.

К глушителю шума выпуска двигателя внутреннего сгорания (ДВС) предъявляются следующие требования:

1. Акустическая эффективность – обеспечение требуемого снижения звукового давления в широком диапазоне частот (ΔL, дБ).
2. Минимально возможное гидросопротивление, выраженное в потерях давления при прохождении газов по аэродинамическому тракту (Δp, Па).
3. Минимально возможные габаритные размеры.
4. Применение материалов, стойких к коррозии и тепловым нагрузкам.
5. Конструктивная и технологическая простота [3].

Разработка глушителей шума выпуска – важное направление шумозащиты транспортных машин. Над проектированием и производством глушителей работают множество фирм и специалистов. В этой области отсутствует сколько-нибудь серьезная унификация, почти к каждой новой транспортной машине создается свой глушитель. Несмотря на многообразие технических решений, до настоящего времени не создана единая научно обоснованная методика расчета геометрических параметров перфорации внутренних элементов глушителя, что существенно усложняет их разработку [5].

Проектирование глушителей проводится на основе экспериментальных исследований, включающих изготовление опытных образцов и их стендовые испытания, по результатам которых выбирается лучший вариант. Такой подход связан со значительными материальными затратами и далеко не всегда приводит к желаемому результату, вследствие чего подготовленные к производству глушители в большинстве случаев нуждаются в дальнейшей доработке.

В результате наших теоретических и экспериментальных исследований обоснованы конструкции типовых элементов глушителя в терминах матриц передачи:

– прямоточных труб (входного и выходного патрубка с внутренней перфорацией);

– расширительного глушителя (расширительной камеры);

– перфорированных решеток (рисунок 1);

– перфорированных неровностей канала (сужения, в виде конфузора, прямого участка - горловины, расширения – диффузора) (рисунок 2).

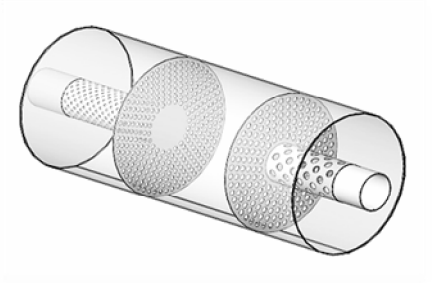


Рисунок 1 – Макет инновационной конструкции глушителя шума поршневых двигателей внутреннего сгорания на основе теории чисел [6]

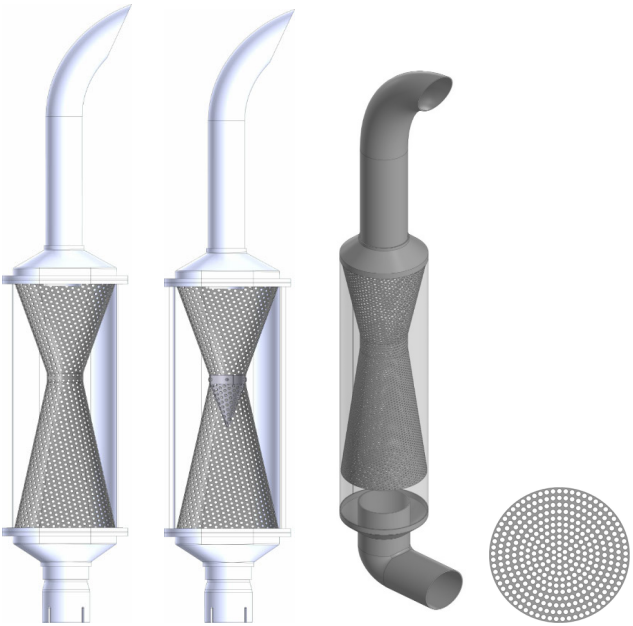


Рисунок 2 – Макет инновационных конструкций глушителей шума серии 800 и 3522

Глушители шума серии 800 (для тракторов с ДВС, мощностью 130–140 л.с.) представляют собой полые расширительный камеры в виде корпуса глушителя эллипсоцилиндрической формы с входными и выходными патрубками. Внутри расширительных камер размещаются вставки-модули, с помощью которых осуществляется последовательная фрикция газового потока. Перфорированные вставки - модули выполнены по типу

трубы Вентури с горловиной и представляют собой последовательно установленный конфузор, горловину и диффузор по ходу движения потока отработавших газов.

С целью последовательного равномерного дробления газового потока на более мелкие струи, минимизации отрывных течений, размеры деталей, диаметры отверстий перфорации взаимоувязаны между собой особым образом, с использованием теории предпочтительных чисел.

Для исключения влияния "лучевого эффекта" из-за небольшой длины глушителей, предложены конструкции конусных перфорированных обтекателей, установленных внутри горловины (рисунок 2).

Кроме того, для устранения данного явления, в глушителях серии 3522 с расширительной камерой цилиндрической формы, перед вставкой-модулем на выходе газового потока из поворота устанавливается перфорированная решетка (рисунок 2).

Модульный принцип конструирования глушителей шума тракторов является наиболее перспективным.

Список использованной литературы

1. Глушители шума поршневых двигателей внутреннего сгорания: классификация, основные требования, инновационные конструкции /Г.И. Белохвостов [и др.] // Производство и переработка сельскохозяйственной продукции : сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции, 23–25 ноября 2022 г. / редкол. : Н.М. Дерканосова [и др.]. – Воронеж, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022 – С. 56–64.

2. Кунаш, М.В. Повышение производственной безопасности работающих путём снижения внешнего шума сгорания / М.В. Кунаш, Г.И. Белохвостов / VI Международная научно-практическая конференция «Безопасный и комфортный город», 21–23 марта 2023 г. – Орёл : ОГУ имени И.С. Тургенева, 2023. – С. 576–580.

3. Прохоренко, А.А. Новационная конструкция глушителя шума выпуска тракторного дизеля / А.А. Прохоренко, И.В. Парсаданов, Д.Е. Самойленко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2013. – № 1. – С. 61–65.

4. Шум. Руководство по снижению шума глушителями : ГОСТ 31328-2006 (ИСО 14163:1998).

5. Новые направления в конструировании глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания / В.Я. Груданов [и др.] // Вестник БарГу. Сер. Технические науки. – 2022. – № 2 (12). – С. 74–84.

6. Инновационная конструкция глушителя шума поршневых двигателей с улучшенными гидравлическими и акустическими характеристиками на основе теории чисел // Каталог ярмарки «Инновации в машиностроении» ; руков. разработки В.Я. Груданов, Г.И. Белохвостов. – Бобруйск : БелИСА, 2019. – С. 18–19.

Summary. The modular design principle of tractor noise mufflers is considered.

УДК 331.45

Конч С.А., инженер;
Белохвостов, Г.И., кандидат технических наук, доцент;
Жаркова Н.Н., старший преподаватель
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

УЛУЧШЕНИЕ ШУМОВЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛУШИТЕЛЕЙ ШУМА РЕКУПЕРАТИВНЫМИ ТЕПЛООБМЕННИКАМИ РЕГУЛИРУЕМОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Аннотация. Сформулированы основные концептуальные направления использования теплоты отработавших газов двигателей внутреннего сгорания в рекуперативных теплообменниках регулируемой производительности с целью улучшения шумовых и экологических характеристик глушителей шума.

Abstract. The main conceptual directions of utilization of heat of exhaust gases of internal combustion engines in recuperative heat exchangers of adjustable capacity for the purpose of improvement of noise and ecological characteristics of noise mufflers are formulated.

Ключевые слова. Вторичные топливно-энергетические ресурсы (ВТЭР), двигатель внутреннего сгорания (ДВС), отработавшие газы (ОГ), утилизация энергии ОГ, утилизационная система, утилизационный теплообменник (УТ), глушитель шума-утилизатор теплоты отработавших газов (ГШУ), рекуперативный теплообменник регулируемой производительности.

Keywords. Secondary fuel and energy resources (SFER), internal combustion engine (ICE), exhaust gases (EG), utilization of exhaust gas energy, utilization system, utilization heat exchanger (UHE), exhaust gas heat utilization silencer (EGHU), recuperative heat exchanger of adjustable capacity.

Согласно литературным данным ОГ составляют около 60 % всей эмиссии тракторов, автомобилей, самоходной сельскохозяйственной техники и содержат в своём составе окислы азота NO_x, окись углерода CO, двуокись углерода CO_2, водяные пары H_2O, частично или полностью несгоревшие углеводороды C_mH_{12}, окислы серы SO_x, компоненты свинца и другие вещества, в зависимости от вида и сорта сжигаемого топлива, при этом выбросы ДВС занимают первое место среди первичных источников загрязнения атмосферы. Вместе с тем, ОГ являются распространённым и достаточно мощным источником ВТЭР, с которыми,

как известно, отводится в окружающую среду от 25 до 35 % энергии сжигаемого в ДВС ценного топлива. Применение на энергосиловых установках систем внешней утилизации теплоты ОГ сегодня рассматривается как один из основных путей снижения удельного расхода топлива и уменьшения загрязнения окружающей среды токсичными компонентами, при этом ещё не созданы научные основы, необходимые для проектирования и изготовления высокоэффективных УТ [1, 2].

Отработавшие газы ДВС имеют значительные объёмы, большие скорости движения газового потока с высокой температурой, и в целом представляют собой достаточно мощный источник ВТЭР, при этом отбор энергии от отработавших газов целесообразно осуществлять с помощью специальных утилизационных теплообменников-теплоутилизаторов, совмещённых конструктивно с серийным глушителем шума – ГШУ. Процессы утилизации энергии отработавших газов способствуют снижению температуры газов, возрастанию плотности, уменьшению скорости потока и падению давления, т.е. имеет место эффект (закон Л.А. Вулиса) теплового торможения газового потока, обусловливающего снижение уровня шума при меньшем противодавлении и увеличении КПД ДВС. Термодинамический анализ процессов утилизации энергии ОГ показал, что глушитель шума с установленным внутри теплообменником-змеевиком – ГШУ, с позиции второго закона термодинамики, выраженного посредством эксергетического анализа, является более совершенной термодинамической системой по сравнению с обычным глушителем и имеет более высокий термический коэффициент полезного действия.

Окисление NO до диоксида NO_2 начинается в выпускном тракте ДВС, однако в связи с большой скоростью газов и их высокой температурой, степень окисления не превышает 6–9 %. В этой связи охлаждение газов и торможение потока создают более благоприятные условия для окисления оксида азота NO до NO_2 и дальнейшей полимеризации диоксида NO_2 до четырехокиси N_2O_4 (при $T < 427$ К) [1, 2].

Вопросы утилизации энергии ОГ для различных технологических нужд не являются новыми и в своем развитии насчитывают многолетнюю историю как в нашей стране, так и зарубежом.

Важным этапом использования ВТЭР является разработка утилизационных систем, расчет и подбор основного и вспомогательного оборудования, в частности, утилизационных теплообменников (УТ). Исходными данными при этом являются вид и параметры ресурсов энергии, их максимальный часовой выход и показатели требуемых теплоносителей. Предлагаемые для утилизации ВТЭР системы отопления и УТ должны характеризоваться высокой эффективностью работы, небольшим аэродинамическим сопротивлением, надежностью в

эксплуатации и возможностью изготавливаться силами механических служб предприятий АПК [3, 4].

Для оценки целесообразности использования какого-либо ВТЭР применяется эксергетический метод, согласно которому все ВТЭР можно условно разделить на три группы по критерию качества R: R > 0,10 – перспективные (высокопотенциальные); R = 0,07÷0,10 – менее перспективные (среднепотенциальные); R < 0,07 – малоперспективные (низкопотенциальные). Однако технико-экономическую целесообразность использования отдельных вторичных энергоресурсов следует обосновывать с помощью их себестоимости.

Следует отметить, что ВТЭР среднего потенциала в основном используются для обогрева кузовов и салонов транспортных средств, технологических аппаратов, отопления и кондиционирования помещений, на нужды агротеплофикации. ВТЭР высокого потенциала направляют для получения пара на нужды отопления. ВТЭР низкого потенциала используют для кондиционирования, подогрева воды, технологических нужд и нужд агротеплофикации [3, 4].

Проблема утилизации и вторичного использования теплоты ОГ для обеспечения оптимального теплового режима в моторно-трансмисионных установках, либо в отдельных агрегатах, в частности коробках передач гидромеханических трансмиссий в условиях низких температур, не потеряла своей актуальности, практическое решение которой позволит значительно повысить эффективность использования тракторов [5].

Предлагается также использовать теплоту ОГ для снятия поверхностной влаги с зерновок на зерноуборочных комбайнах.

Основные концептуальные направления в конструировании УТ:

1. Отбор теплоты ОГ целесообразно осуществлять в ГШ, т.е. совместить конструктивно УТ и ГШ транспортного средства. Только в этом случае УТ имеет максимальную компактность и органично вписывается в систему выхлопа ДВС, не снижая его технико-экономические характеристики.

2. УТ должен быть снабжен механизмом регулирования тепловой нагрузки, т.н. рекуперативный теплообменник регулируемой производительности.

3. Геометрические параметры УТ должны быть увязаны между собой определенными соотношениями. Это позволит унифицировать конструкции теплообменников, используемых на различных объектах, а также разработать универсальную методику расчета УТ.

4. Конструкция утилизационной системы отопления должна обладать высокой эксплуатационной надежностью, технологичностью при изготовлении и монтаже, удобством в обслуживании и ремонте [3, 4].

На рисунке приведена схема использования утилизационных теплообменников трубчатого ступенчатого типа в различных производственных процессах.

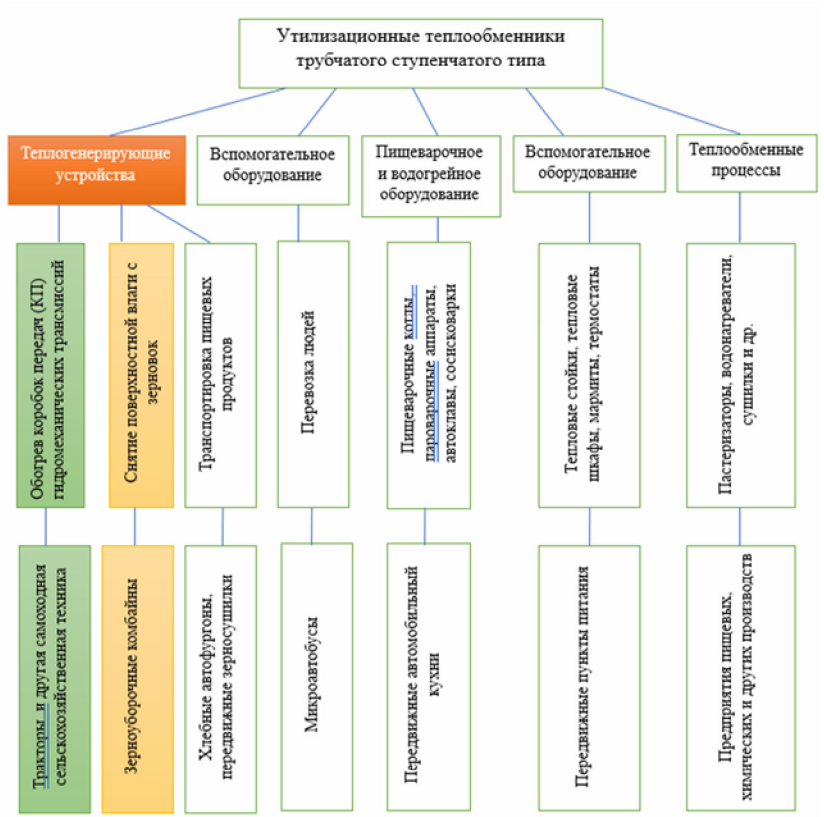


Рисунок – Схема использования утилизационных теплообменников трубчатого ступенчатого типа в различных производственных процессах

Для выполнения вышеперечисленных требований конструкция УТ должна быть оптимизирована по теплотехническим, аэродинамическим и конструктивным параметрам, что и определяет необходимость в проведении самостоятельных специальных комплексных теплотехнических, технологических и эксплуатационных исследований, которые и составляют содержание рабочей гипотезы.

Список использованной литературы

1. Влияние процессов утилизации энергии отработавших газов поршневых двигателей внутреннего сгорания на газодинамические и акустические характеристики глушителей шума / В.Я. Груданов [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. фізіка-тэхнічных навук. – 2022. – Т. 67. – № 3. – С. 307–317.

2. Груданов, В.Я. Влияние процессов утилизации энергии отработавших газов на токсичность и эффективные показатели работы двигателей внутреннего сгорания / В.Я. Груданов, Г.И. Белохвостов, Л.Т. Ткачева // Горная механика и машиностроение. – 2023. – № 1. – С. 39–50.

3. Конч, С.А. Выбор основных концептуальных направлений проектирования глушителя шума-утилизатора теплоты отработавших газов двигателя внутреннего сгорания / С.А. Конч, Г.И. Белохвостов // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества : сборник материалов международной студенческой научно-практической конференции, Горки, 20–21 апреля 2023 г. – Горки : БГСХА, 2023. – С. 49–52.

4. Иванников, А.Б. Вторичное использование теплоты выхлопных газов двигателя для повышения эффективности функционирования агрегатов на примере коробки передач : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.20.01 / А.Б. Иванников ; ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск, 2017. – 18 с.

5. Акуленко, С.В. Использование теплоты отработавших газов в автофургонах для перевозки хлебобулочных изделий : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.18.12 / С.В. Акуленко ; Могилевский технологический институт. – Могилев, 1995. – 21 с.

Summary The basic conceptual directions of utilization of heat of exhaust gases of internal combustion engines in recuperative heat exchangers of adjustable capacity for the purpose of improvement of noise and ecological characteristics of noise mufflers are formulated. It is assumed that the processes of exhaust gas energy recovery of reciprocating internal combustion engines improve the gas dynamic, acoustic and environmental characteristics of noise silencers, positively affect the effective performance of the engine, therefore, the noise silencer with a recuperative heat exchanger of adjustable capacity will have improved performance in these characteristics. The modular design principle of tractor noise mufflers is considered.

УДК 681.51

Щурин К.В., доктор технических наук, профессор;
Карлюк А.П., ассистент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ «ЧЕЛОВЕК-ОПЕРАТОР» РАБОЧЕЙ МАШИНЫ НА НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. Производится исследование для формирования «профессионального портрета» человека-оператора в контексте положений, формирующих «технологический портрет» современных эргатических систем.

Abstract. A study is being carried out to form a “professional portrait” of a human operator in the context of the provisions that form the “technological portrait” of modern ergatic systems.

Ключевые слова. Надежность, безопасность, система человек-машина, человек-оператор, профессиональное мастерство, обучение, эргатическая система.

Keywords. Reliability, safety, man-machine system, man-operator, professional skill, training, ergatic system.

Введение. ***Эргатическая система (ЭС)*** представляет собой сложную систему, включающую в себя одушевлённые и технические звенья. Часто ЭС называют человеко-машинными системами (ЧМС) или системами человек-машина (СЧМ). Объективными причинами постановки проблемы надёжности ЭС и её изучения являются:

– непрерывное повышение уровня сложности технических систем;

– расширение диапазона и одновременное усложнение условий эксплуатации технических объектов;

– повышение требований к минимизации рисков при выполнении техническими объектами и системами технологических функций.

Под системой понимается комплекс элементов, которые взаимодействуют между собой для достижения определенной цели. Существует несколько способов классифицировать системы, и одним из них является степень участия человека в их работе.

Контекст эргастических концепций. В контексте эргатических концепций основными особенностями деятельности человека-оператора полагаются:

– субъект труда – человек-оператор находится не непосредственно у объекта труда, а контроль и управление объектом осуществляются с помощью органов управления и использованием его информационной модели;

– в процессе управления человеку-оператору приходится решать задачи, возникновения которых нельзя предвидеть.

Обеспечение надёжности системы «человек-машина», является главной задачей инженерной психологии; при этом уже не подвергается сомнению, что определяющее значение имеет надёжность человека-оператора. Ключевой эргатический фактор состоит в том, что, управляя современными техническими системами, оператор постоянно взаимодействует не с управляемыми объектами, а с их информационными моделями.

Таким образом, несмотря на недостатки, человек обладает уникальными способностями, которые делают его ценным оператором. Автоматизация управления только расширяет и усложняет его роль, делая его более интеллектуальным и социальным.

В рамках теории эргатики можно выделить следующие этапы процесса обучения:

1. Первоначальная адаптация человека к режиму работы в конкретной системе "человек-техника". На этом этапе формируется структура деятельности обучаемого, то есть определяются основные принципы и последовательность выполнения задач.

2. Отработка параметров структуры. На этом этапе обучаемый знает, что и в какой последовательности должен выполнять, но его действия еще не достаточно точны и своевременны. В процессе обучения уделяется особое внимание улучшению навыков и повышению качества работы.

3. Достижение статистически стабильного уровня сформированных в процессе обучения навыков. На этом этапе обучаемый достигает определенной стабильности и надежности в выполнении задач. Он может выполнять свои обязанности с высокой точностью и эффективностью.

4. Формирование устойчивых навыков через дополнительные циклы обучения. Этот этап предусматривает продолжение обучения и совершенствование навыков. Человек проходит дополнительные тренировки и циклы обучения, чтобы укрепить и улучшить свои умения и навыки.

Таким образом, эти этапы обучения в рамках эргатических концепций помогают человеку стать опытным и надежным оператором в системе "человек-техника".

Для мобильных транспортно-технологических машин обычно задаются значения коэффициента готовности $K_Г$, среднего время пребывания объекта в работоспособном состоянии $\overline{T_P}$, наработки до первого отказа и средней наработки на отказ.

В общем случае градация изделий по классам надёжности представлена в таблиц.

Таблица – Классы надёжности

Класс надёжности	0	1	2	3	4	5
Допустимое значение $P(t)$	< 0,9	> 0,9	>0 ,99	> 0,999	> 0,9999	1

В общем случае задача нормирования надёжности элементов сводится к оптимизации целевой функции, которая, в свою очередь, является функцией точечных значений оценок надёжности элементов:

$$G = G(P_i), \quad i = \overline{1, N},$$

где P_i – оценка надёжности i-го элемента; N - число элементов, входящих в систему.

Категория последствий оценивает степень серьезности тех последствий, к которым может привести отказ:

– I класс – отказ не приводит к травмированию персонала;

– II класс – отказ приводит к травмированию персонала;

– III класс – отказ приводит к серьезной травме или смерти;

– IV класс – отказ приводит к серьезным травмам или смерти группы людей.

В зависимости от характеристик "человеческого звена", можно выделить два класса искусственных систем:

Моносистемы – это системы, в которых участвует только один человек в сочетании с одним или несколькими техническими устройствами. В таких системах взаимодействие происходит между человеком и техническими устройствами, и человек играет ключевую роль в выполнении задач.

Полисистемы – это системы, в которых участвует коллектив людей в сочетании с комплексом технических устройств. В таких системах взаимодействие происходит между несколькими людьми и техническими устройствами. Коллектив людей работает вместе, чтобы достичь общей цели, используя технические устройства как инструменты поддержки и улучшения своей работы.

Говоря о влиянии психологических факторов на безошибочность работы человека-оператора, следует, прежде всего, выделить три аспекта этой проблемы:

– влияние индивидуальных психических качеств;

– влияние текущих психических состояний;

– влияние психических процессов, протекающих при реализации управляющих функций.

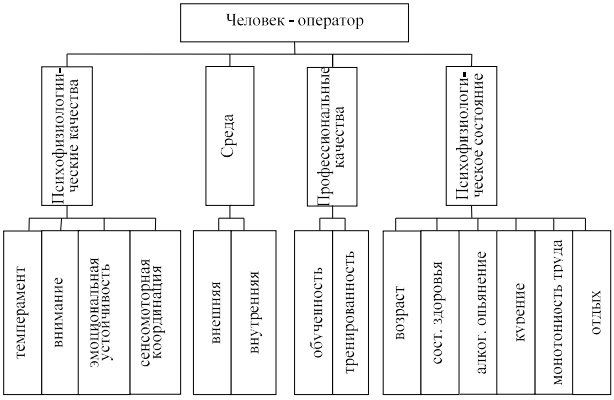


Рисунок 1 – Некоторые факторы, влияющие на надёжность работы человека

Надёжность деятельности человека в ЭС определяется надёжностью организма человека и надёжностью выполнения человеком функций по управлению техническими объектами, в том числе их обслуживанием. В

этой связи надёжность человека обычно представляют в двухкомпонентном виде – структурной и функциональной надёжности [1].

Под структурной надёжностью понимают свойство человека сохранять работоспособность в течение заданного времени в определенных условиях.

Функциональная надёжность определяется как свойство человека выполнять предписанные функции в соответствии с заданными требованиями в течение того же времени и в тех же условиях. Эта надёжность для инженерной практики имеет особое значение, поскольку она дает возможность оценить качество деятельности человека в конкретных ЭС.

На основании анализа исполнения регламентированного значения показателя надёжности выполнения программы деятельности специалистов в ЭС принимается решение о её соответствии требованиям в аспекте надёжности человеческого звена.

Проанализируем некоторые факторы (рисунок 1), формирующие показатели надёжности человеческого звена.

Влияние на деятельность человека эмоциональной напряженности. Изменение режима функционирования ЭС, вызванное отказами ее элементов, может привести к повышению эмоциональной напряженности операторов. В зависимости от характера отказа в распоряжении человека-оператора оказываются различные ресурсы времени на реализацию адекватной реакции и восстановление работоспособности системы [2].

Действие внутренней саморегуляции в сфере психоэнергетических процессов хорошо иллюстрируется известной в психологии кривой Иеркса-Додсона, связывающей продуктивность действий с активацией организма (рисунок 2).

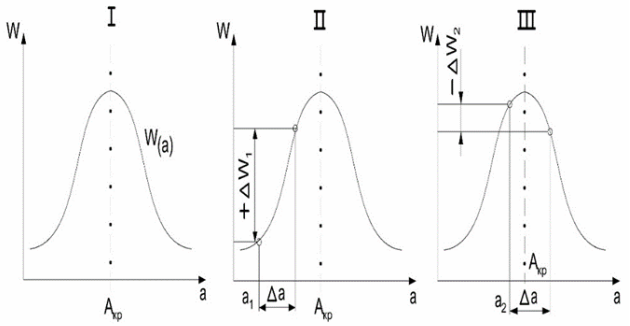


Рисунок 2 – Закон Иеркса-Додсона, связывающий активацию нервной системы с продуктивностью действий: II – приращение активации Δa ведет к приросту продуктивности ΔW_1; III – такое же приращение активации Δa ведет к снижению продуктивности ΔW_1

Внимание. Одним из главных показателей, определяющих способность человека-оператора к безошибочной работе, является качество его внимания. Под вниманием понимают способность к концентрации сознания на определенном объекте при одновременной отстройке от всех прочих объектов. Способность устойчиво концентрироваться на решаемой задаче и, в то же время, не реагировать на всякого рода шумы особенно важна для оператора.

Эмоциональная устойчивость характеризует способность субъекта сохранять достаточное самообладание и работоспособность при воздействиях на него различных эмоциогенных факторов высокой значимости, связанных с его жизнью, ее условиями. Она проявляется в сдержанных эмоциональных реакциях на указанные дестабилизирующие факторы с сохранением управления и контроля за своим поведением и в способности адаптироваться, приспосабливаться к подобным воздействиям.

Сенсомоторная координация. Важным показателем способности оператора к безошибочной работе является его сенсомоторная координация. Под сенсомоторной координацией понимают динамическую взаимосвязь между воспринимаемыми сигналами и адекватными двигательными реакциями на них. В ней приоритетным фактором является восприятие сигналов, отражающих возникшую ситуацию; двигательный же ответ на них является, как правило, автоматизированным актом.

Состояние здоровья. При оценке состояния здоровья в данном случае имеют в виду не наличие простудных или инфекционных заболеваний, при которых работники обычно не допускаются к работе, а определённых хронических заболеваний, при которых человек признаётся трудоспособным, однако его функциональные возможности оказываются существенно сниженными.

Алкогольное опьянение существенным образом определяет состояние оператора и его склонность к совершению ошибок. При рассмотрении данного вопроса следует придать решающее значение вопросу самооценки человеком его состояния в зависимости от степени опьянения. В большинстве случаев люди достаточно объективно оценивают уровень своего опьянения, но их оценка влияния уровня своего опьянения на собственные функциональные возможности оценивается ими гораздо менее адекватно.

Курение. Наряду с опасностью употребления алкоголя, можно выделить ещё одну вредную привычку, негативно влияющую на состояние человека-оператора и на надёжность ЭС в целом – курение. Известно, что курят около 50 % людей. При этом существует мнение, что выкуренная сигарета позволяет человеку снизить уровень волнения и возбуждения, следовательно, снижается опасность совершения ошибок.

Возраст. Будем оценивать их по относительному числу происшествий $n_{отн}$, представляющему собой отношение количества дорожных происшествий к пути, пройденному локомотивом за определенный срок, например, за один рейс.

На возрастной характеристике машинистов можно выделить следующие характерные точки: A, D – максимум ошибок и нарушений и O – минимум ошибок и нарушений; кроме того, точки B и C определяют границы приемлемого уровня ошибок по сравнению с минимальным [3].

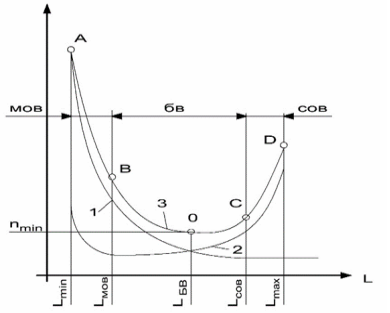


Рисунок 3 – Возрастные характеристики операторов-водителей мобильных машин: МОВ – младший опасный возраст; БВ – безопасный возраст; СОВ – старший опасный возраст; 1 – кривая накопления опыта вождения; 2 – кривая моторного периода; 3 – суммарная кривая.

Профессиональное мастерство человека-оператора оказывает заметное, а порой и решающее влияние на надёжность управляемого технического объекта и ЭС в целом. Несомненно, эффективный по обеспечению надёжности стиль управления во многом формируется путем оптимально-целевой организации профессионального обучения и переподготовки.

В рамках эргатических концепций выделяют следующие этапы [4] процедуры обучения:

1. – первоначальная «приработка» человека к режиму работы в составе конкретной ЭС; на этом этапе формируется структура деятельности обучаемого;

2. – отработка параметров структуры, в пределах которых обучаемый узнаёт, какие операции и в какой последовательности следует выполнять, приобретает соответствующие умения, но действия его недостаточно точны и своевременны;

3. – достижение статистически стабильного уровня сформированных в процессе обучения умений и навыков путём тренировок;

4. – формирование устойчивых навыков дополнительными циклами обучения.

Заключение. Таким образом, при формировании "профессионального портрета" человека-оператора в контексте современных искусственных систем (ЭС), необходимо учитывать следующие требования к его надежности:

1. Профессиональная пригодность, учитывающая антропологические и психофизиологические характеристики человека. Это включает

соответствие требованиям, предъявляемым к его физическим и психологическим возможностям.

2. Наличие необходимых знаний, умений и навыков, а также базового образования, которые требуются для выполнения профессиональных обязанностей в рамках ЭС.

3. Способность анализировать свою деятельность, обобщать полученные знания и опыт. Это позволяет улучшать производительность и повышать эффективность работы.

4. Желание приобретать дополнительные знания, умения и навыки через процессы обучения и самообучения. Это способствует постоянному развитию и совершенствованию профессиональных навыков.

5. Способность запоминать и воспроизводить полученную информацию и навыки до уровня интуитивных действий и подсознательной активности.

6. Адаптация к различным условиям работы и состояниям элементов ЭС. Отказ от привыкания к опасности и поддержание бдительности.

7. Умение компенсировать отказы элементов системы путем изменения своих действий. Отказ от умышленных действий, которые могут повысить риск серьезных сбоев.

8. Исключение повторения ошибок и статистических нарушений правил. Учение на опыте и стремление к постоянному улучшению эффективности работы.

9. Компенсация возрастного фактора и поддержание физической формы, а также отказ от вредных привычек и самолечения с препаратами, несовместимыми с профессиональной деятельностью.

Список использованной литературы

1. Северцев, Н.А. Системный анализ теории безопасности / Н.А. Северцев, А.В. Бецков. – М. : Теис, 2009. – 452 с.

2. Щурин, К.В. Надежность мобильных машин: учебник для вузов / К.В. Щурин, В.Е. Тарасенко. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 400 с.

3. Кузнецов, Е.С. Управление техническими системами : учебное пособие / Е.С. Кузнецов. – М. : МАДИ (ТУ), 1997. – 177 с.

4. Фугелова, Т.А. Инженерная психология : учеб. пособие для вузов / Т.А. Фугелова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2019. – 316 с.

Summary. A study is being carried out to form a “professional portrait” of a human operator in the context of the provisions that form the “technological portrait” of modern ergatic systems.

УДК 658.345

Баитова С.Н., кандидат технических наук, доцент;
Цап В.Н., кандидат технических наук, доцент;
Томашов М.А.
УО «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий», г. Могилев, Республика Беларусь

ОЦЕНКА ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Аннотация. Изучена проблема пожароопасности при использовании литий-ионных аккумуляторов. При определенных условиях литий-ионные аккумуляторы способны воспламеняться. Литий-ионные аккумуляторы нельзя тушить с помощью воды, пенных и углекислотных огнетушителей.

Abstract. The issue of fire hazards posed by lithium-ion batteries has been investigated. Lithium-ion batteries have exhibited a propensity for ignition under certain conditions. Lithium-ion battery fires cannot be extinguished using water, foam, and carbon dioxide fire extinguishers.

Ключевые слова. Аккумулятор, литий, электроды, воспламенение, взрыв, самовозгорание.

Keywords. Battery, lithium, electrodes, ignition, explosion, self-ignition.

В настоящее время широкое распространение получили литий-ионные аккумуляторы. Литий-ионные аккумуляторы – универсальный тип элементов питания. Они используются в смартфонах, портативной технике, специнструменте, источниках бесперебойного питания. Литий-ионные аккумуляторы обеспечивают автономное питание складской техники, инвалидных колясок, гироскутеров, самокатов, велосипедов на электротяге, электромобилях и накопителях энергии в энергетических системах. Источники питания на основе лития отличаются высокой энергоемкостью при относительно малых размерах и массе [1].

Современный вариант литий-ионного аккумулятора с анодом и графита и катодом из кобальта лития изобрел в 1991 г. Акира Есино и по его патенту первый литий-ионный аккумулятор выпустила корпорация Sony. В зависимости от химического состава и устройства литий-ионные аккумуляторы разделяются на типы, сильно различающиеся потребительскими качествами [2, 3].

Литий-ионный аккумулятор состоит из электродов (катодного материала на алюминиевой фольге и анодного материала из медной фольги), разделенных пористым сепаратором, пропитанный электролитом. Пакет

электродов помещен в герметичный корпус, катоды и аноды подсоединены к клеммам-токосъемникам. Корпус иногда оснащают предохранительным клапаном, сбрасывающим внутреннее давление при аварийных ситуациях или нарушения условий эксплуатации. Литий-ионные аккумуляторы различаются по типу используемого катодного материала. Переносчиком заряда в литий-ионных аккумуляторах является положительно заряженный ион лития, который имеет способность внедряться в кристаллическую решетку других материалов (например, в графит, оксиды и соли металлов) с образованием химической связи [4].

В связи с ростом использования аккумуляторов в таких устройствах как мобильные телефоны, ноутбуки, видеокамеры, планшеты, цифровые фотоаппараты и электромобили возросло количество пожаров, как в промышленности, так и в быту. Аккумуляторы литий-ионные при перезарядке, а также при несоблюдении условий заряда или при механических повреждениях, способны воспламеняться. Аккумуляторы первого поколения были подвержены взрывному эффекту. Это объяснялось тем, что в них использовался анод из металлического лития, на котором в процессе многократных циклов зарядки/разрядки возникали образования, приводящие к замыканию электродов и, как следствие, к возгоранию или взрыву. Этот недостаток удалось устранить заменой материала анода на графит. Подобные процессы происходили и на катодных литий-ионных аккумуляторах на основе оксида кобальта при нарушении условий эксплуатации. Следует отметить, что литий-ферро-фосфатные аккумуляторы лишены этих недостатков [4].

Однако литиевые аккумуляторы порой способны взрываться. Интенсивность горения даже от миниатюрных аккумуляторов может привести к тяжелым последствиям. Авиакомпании и международные организации принимают меры по ограничению перевозок литиевых аккумуляторов и устройств с ними на авиатранспорте.

Чистый литий представляет собой горючий серебристо-белый мягкий металл плотностью 534 кг/м^3; температура плавления 179 ^{0}С; температура кипения 1372 ^{0}С; теплота сгорания 43230 кДж/кг [3].

Литий при нагревании на воздухе воспламеняется: температура горения 1300 ^{0}С; температура самовоспламенения 185 ^{0}С. Энергично разлагает воду. В хлоре, парах брома, йода – воспламеняется, горит в диоксиде углерода, серной кислоте [3]. Расплавленный литий вызывает разрушение сварных швов, интенсивно реагирует (с разбрызгиванием) со строительными и теплоизоляционными материалами (бетоном, асбестом, стекловолокном и др.).

Как показала практика, самовозгорание литий-ионных аккумуляторов плохо поддается тушению традиционными средствами [5]. В процессе

термического разгона неисправного или поврежденного аккумулятора происходит не только выделение запасённой электрической энергии, но и ряда химических реакций, выделяются вещества для поддержания горения, горючие газы от электролита, а также – кислород. Поэтому вспыхнувший аккумулятор способен гореть без доступа кислорода воздуха, и для его тушения непригодны средства изоляции от атмосферного кислорода. Более того, металлический литий активно реагирует с водой с образованием взрывоопасного газа водорода. В связи с этим тушение литиевых аккумуляторов водой эффективны только для тех видов аккумуляторов, где масса литиевого электрода невелика. В целом тушение водой загоревшегося литий-ионного аккумулятора неэффективно [5]. Целью тушения может быть лишь снижение температуры аккумулятора и предотвращения пламени.

Горящий литий и аккумуляторы, содержащие его в больших количествах, запрещается тушить с помощью воды, пенных и углекислотных огнетушителей, т.к. при использовании перечисленных средств можно спровоцировать взрыв. Для тушения литий-ионных аккумуляторов необходимо использовать специальные порошковые составы, в которые входит нитрит бора, графит, карборунд.

Для обеспечения безопасности не стоит оставлять гидроскутер и блоки питания других устройств, на зарядке без присмотра. При возникновении задымления гаджета его необходимо отключить от электросети и ограничить доступ кислорода к нему, накинув на него плотную ткань. Кроме того, при тушении литий-ионных аккумуляторов надо помнить, что при их горении выделяется оксид углерода, пропилен, этилен и другие токсичные вещества, опасные для человека и животных.

Для тушения сотовых телефонов, ноутбуков, видеокамер, цифровых фотоаппаратов можно использовать обычную поваренную соль.

Таким образом, профилактика взрывов литий-ионных аккумуляторов заключается в не допуске механического воздействия на батареи, перегревы или переохлаждение автономных источников питании, часто опускать заряд аккумуляторов до нуля, раз в месяц проводить калибровку батарей путем их разрядки и последующей зарядкой до максимального уровня, снижение пожарной нагрузки за счет хранения рядом ограниченного количества аккумуляторов и выноса из опасной зоны.

Список использованной литературы

1. Как работает литиевая батарея [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа : https://www.voltbikes.ru. – Дата доступа : 05.05.2024.

2. Шевченко, М. Японские учёные придумали аккумулятор, способный проработать 5 лет почти без потери ёмкости [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа : https://www.voltbikes.ru. – Дата доступа : 06.05.2024.

1. Литий-ионный аккумулятор [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org. – Дата доступа : 03.05.2024.

2. Как устроен li-ion аккумулятор? [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа : https://www.voltbikes.ru. – Дата доступа : 05.05.2024.

3. Пожароопасность литиевых аккумуляторов [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа : https://virtustec.ru. – Дата доступа : 15.05.2024.

Summary. Lithium-ion batteries are widely utilized in smartphones, portable devices, hoverboards, scooters, electric vehicles, and energy storage systems. Lithium-based power supplies are characterized by high energy density with relatively small size and weight. When charged or being mechanically damaged, lithium-ion batteries have a propensity for ignition. Furthermore, lithium-ion batteries are difficult to extinguish using traditional suppression methods. Effective mitigation of lithium-ion battery fires necessitates the utilization of specialized powder-based extinguishing agents containing boron nitrite, graphite, and silicon carbide.

УДК 331.45

Босак В.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь

ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ РАБОТЕ С ПЕСТИЦИДАМИ И АГРОХИМИКАТАМИ

Аннотация. *Пестициды и агрохимикаты играют важную роль в современном сельскохозяйственном производстве, что делает необходимым проведение комплекса мероприятий по охране труда при их применении.*

Abstract. *Pesticides and agrochemicals play an important role in modern agricultural production, which makes it necessary to carry out a set of measures for labor protection when using them.*

Ключевые слова: *охрана труда, пестициды, агрохимикаты, сельское хозяйство.*

Keywords: *labor protection, pesticides, agrochemicals, agriculture.*

Для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственной продукции, сохранения и повышения почвенного плодородия, а также обеспечения продовольственной безопасности современное сельское хозяйство активно использует пестициды и агрохимикаты [2, 7, 8].

При применении пестицидов и агрохимикатов для предотвращения их негативного воздействия на работников следует соблюдать соответствующие требования охраны труда [3, 5, 9, 10].

В настоящее время требования охраны труда при работе с пестицидами и агрохимикатами изложены в Правилах по охране труда в сельском и рыбном хозяйствах (постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 5 мая 2022 г. № 29/44). Кроме того, при организации и ведении работ в агропромышленном комплексе, в том. числе связанных с применением пестицидов и агрохимикатов, должны соблюдаться также требования Закона Республики Беларусь «Об охране труда», Правил по охране труда (постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 1 июля 2021 г. № 53), а также других нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов, являющихся обязательными для соблюдения, технических регламентов Таможенного союза и Евразийского экономического союза, локальных правовых актов [1, 4, 6].

Пестициды (агрохимикаты) должны применяться, транспортироваться и храниться в соответствии с рекомендациями по их применению, транспортировке и хранению, содержащимися на тарной этикетке или в специальном приложении, установленными организацией-изготовителем.

Работы с применением пестицидов (агрохимикатов) должны проводиться под руководством уполномоченного должностного лица.

Все работы с применением пестицидов (агрохимикатов) должны регистрироваться в журнале, в котором указываются дата, время и место проведения работ, уполномоченные должностные лица, ответственные за безопасное проведение работ, применяемые пестициды (агрохимикаты).

Границы участков, обрабатываемых и обработанных пестицидами (агрохимикатами), должны быть обозначены знаками безопасности на расстоянии в пределах видимости от одного знака безопасности до другого. Знаки безопасности следует убирать после окончания срока ожидания, установленного для конкретных пестицидов (агрохимикатов).

Работы по внесению в почву пестицидов (агрохимикатов), обработке ими растений должны выполняться при помощи специальных сельскохозяйственных машин, воздушных судов и специального оборудования, предназначенного для их распыления (опрыскивателей).

Работы по приготовлению рабочих растворов пестицидов (агрохимикатов) и их смесей, заправке опрыскивателей, должны производиться механизированным способом на специально оборудованных площадках или стационарных заправочных пунктах. Заправку опрыскивателей следует производить закрытым способом по герметичным шлангам (трубопроводам). Заполнение емкостей опрыскивателей контролируется по уровнемеру. Открывать люки и проверять наполнение емкости опрыскивателя визуально не допускается.

При заполнении емкости опрыскивателя работающему необходимо находиться с наветренной стороны, исключая попадание растворов пестицидов (агрохимикатов) и их смесей в зону дыхания и на открытые участки тела работающих.

Кабины сельскохозяйственных машин при обработке полей пестицидами (агрохимикатами) должны быть закрыты. При обработке полей пестицидами (агрохимикатами) движение сельскохозяйственных машин должно осуществляться против ветра.

Работающие, использующие ранцевые опрыскиватели, не должны находиться относительно друг друга с подветренной стороны, с целью исключения попадания их в зону опрыскивания.

Обработку полей пестицидами (агрохимикатами) с применением вентиляторных и штанговых опрыскивателей, установленных на сельскохозяйственных машинах, а также с применением воздушного судна следует производить в соответствии с рекомендациями по применению и эксплуатационными документами организаций-изготовителей.

При выполнении в помещениях работ по предотвращению появления и уничтожению вредителей, возбудителей болезней растений и (или) продукции растениеводства посредством применения фумигантов необходимо применять средства индивидуальной защиты органов дыхания (противогаз).

Работы по фумигации помещений должны осуществляться бригадами в составе не менее трех человек. Помещения, в которых выполняются работы по фумигации, необходимо обозначить знаком безопасности и поясняющей надписью: «Вход воспрещен! Газ!». Объект фумигации до окончания дегазации должен находиться под наблюдением.

Бочки с фумигантами следует открывать специальными ключами.

Не допускается фумигация объектов при температуре воздуха (наружного и внутри помещений) соответственно ниже +10 °С и выше +25 °С при скорости движения воздуха более 3 м/с.

Для проведения дегазации по окончании фумигации работающие должны входить в помещение в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (противогазе). Окончание дегазации должно устанавливаться непосредственным руководителем работ с оформлением письменного разрешения на право пользования помещением.

При выполнении работ с жидкими пестицидами (агрохимикатами) необходимо применять средства индивидуальной защиты рук, глаз, органов дыхания.

Пестициды (агрохимикаты) должны транспортироваться и храниться в таре (упаковке) организации-изготовителя.

Проводить работы, связанные с транспортировкой агрохимикатов, содержащих аммиак, приготовлению из них растворов, и внесению их в почву в темное время суток не допускается.

Поступающие затаренные пестициды (агрохимикаты) должны складироваться в штабелях на поддонах или храниться на стеллажах. Высота штабеля при хранении в мешках, металлических барабанах, бочках вместимостью не менее 5 л, картонных и полимерных коробах, ящиках, флягах допускается в три яруса. При использовании стеллажей высоту складирования следует увеличить.

Минимальное расстояние между стеной и грузом должно быть не менее 0,8 м, между перекрытием и грузом – 1 м, между светильником и грузом – 0,5 м, расстояние между полом и стеллажом – 0,8 м.

Хранение пестицидов (агрохимикатов) навалом не допускается.

Помещения для хранения пестицидов (агрохимикатов) перед началом проведения в них погрузочно-разгрузочных работ вентилируются (проветриваются) в течение 30 минут.

По окончании работ с применением пестицидов (агрохимикатов) все площадки, на которых проводились работы, сельскохозяйственные машины, воздушные судна, опрыскиватели и иное оборудование, тара, инвентарь должны быть освобождены от остатков пестицидов (агрохимикатов), очищены и промыты водой.

Таким образом, строгое выполнение требований охраны труда при работе с пестицидами и агрохимикатами будет способствовать снижению травматизма и профессиональных заболеваний в отрасли.

Список использованной литературы

1. Андруш, В.Г. Охрана труда / В.Г. Андруш, Л.Т. Ткачева, Т.П. Кот. – Минск : РИВШ, 2021. – 620 с.

2. Босак, В.М. Роля мінеральных і арганічных угнаенняў ў забеспячэнні харчовай бяспекі / В.М. Босак, Т.У. Сачыўка, А.У. Дамнянкова // Химическая технология и техника. – Минск : БГТУ, 2024.

3. Босак, В.Н. Обеспечение безопасности при работе с пестицидами и удобрениями / В.Н. Босак // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК. – Минск : БГАТУ, 2014. – С. 396–399.

4. Босак, В.Н. Обеспечение техносферной безопасности в сельском хозяйстве / В.Н. Босак, А.Е. Кондраль // Проблемы продовольственной безопасности. – Горки : БГСХА, 2023. – Ч. 2. – С. 146–148.

5. Босак, В.Н. Охрана труда в агрономии / В.Н. Босак, А.С. Алексеенко, М.П. Акулич. – Минск : Вышэйшая школа, 2019. – 317 с.

6. Босак, В.Н. Совершенствование законодательства по охране труда и пожарной безопасности в АПК Республики Беларусь / В.Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки : БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 7–9.

7. Сачыўка, А.В. Выкарыстанне ўгнаенняў у кантэксце забеспячэння харчовай бяспекі / А.В. Сачыўка, В.М. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки : БГСХА, 2024. – С. 198–200.

8. Сачыўка, Т.У. Узнаўленне глебавай урадлівасці як фактар забеспячэння харчовай бяспекі / Т.У. Сачыўка, В.М. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки : БГСХА, 2024. – Вып. 9. – С. 86–88.

9. Стаина, В.А. Охрана труда при работе с минеральными удобрениями / В.А. Стаина, Я.В. Сергачева, М.П. Акулич // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки : БГСХА, 2023. – С. 244–246.

10. Требования охраны труда при работе с пестицидами и удобрениями / М.П. Акулич [и др.] // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки : БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 3–6.

Summary. The basic requirements of labor protection when working with pesticides and agrochemicals, ensuring the safety of agricultural workers, are given.

УДК 331.432.6

Процко Л.Е.[1], ассистент;
Севастюк Т.В.[1], старший преподаватель;
Гаркуша А.В.[1], старший преподаватель;
Раубо В.М.[1], кандидат экономических наук, доцент;
Савельева О.В.[2], преподаватель
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь
[2]УО «Волковсский государственный аграрный колледж», г. Волковыск, Республика Беларусь

ЭКОНОМИЧЕСКИ-СОЦИАЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕРОПРИЯТИЙ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ВИБРАЦИИ И ШУМА В ОТРАСЛИ ЖИВОТНОВОДСТВА

Аннотация. Проводится оценка социально-экономического эффекта от мероприятий по уменьшению шума на работников животноводческих ферм.

Abstract. The socio-economic effect of noise reduction measures on livestock farm workers is being assessed.

Ключевые слова. Производственный шум, вибрация, экономическая эффективность, социальная эффективность, мероприятия по уменьшению шума.

Keywords. Industrial noise, vibration, economic efficiency, social efficiency, noise reduction measures

Большинство производственных процессов сопровождаются повышенным шумом и вибрацией. Их источниками являются как непосредственно технологическое оборудование, так и вспомогательное оборудование: двигатели, компрессоры, насосы, вентиляционное оборудование и т. п.

Шум животноводческих ферм рассматривается в двух аспектах – как шум на рабочих местах и как внешний шум в прилегающей жилой застройке. Второй из этих аспектов актуален не всегда. В частности, при значительном удалении ферм от жилой застройки борьба с внешним шумом упрощается. Как внешний шум, так и шум на рабочих местах вызывается одними и теми же источниками, и его принадлежность к тому или иному классу определяется только координатами точек измерения. Различия уровней шума в этих точках связаны с распространением шума к ним через различные преграды: отражающие, изолирующие и поглощающие поверхности и устройства. Шумовые карты, составленные для четырехрядных коровников, свидетельствуют о том, что самый высокий уровень шума (75…80 дБА) имеет место в первом и втором рядах, наиболее близко расположенных к помещениям вакуумных насосов доильных установок. Повышенный шум регистрируется также вблизи навозоуборочных транспортеров.

Выделяют три степени воздействия шума на человека:

– неприятное воздействие влияет на эмоциональное состояние человека, но обычно не снижает работоспособность, хотя и причиняет неудобства;

– мешающее воздействие вызывает сильный раздражающий эффект и повышает рабочую нагрузку в целом;

– при вредном воздействии возникают патологические изменения всего организма и особенно функционирования центральной нервной системы и органов слуха, а при длительном воздействии – профессиональные заболевания – тугоухость и потеря слуха.

Вредное воздействие интенсивного шума на организм человека многообразно и не ограничивается воздействием только на орган слуха. Через волокна слуховых нервов раздражение шумом передается в центральную и вегетативную нервные системы, а через них воздействует на внутренние органы, приводя к значительным изменениям в функциональном состоянии организма, влияет на психическое состояние человека, вызывая чувство беспокойства и раздражения, повышенную психическую утомляемость, что влечет за собой, наряду с ухудшением здоровья человека, снижение безопасности, производительности и качества труда. Общий убыток от шума обуславливает снижение на 40…60 % производительности труда и удвоение числа ошибок [1].

Социальное значение проблемы борьбы с шумом в первую очередь заключается в улучшении условий труда и отдыха, снижении текучести кадров, проявлении периода активной деятельности работающих, повышении удовлетворенности трудом. При разработке стратегии борьбы с шумом с социальной точки зрения большое значение имеет определение численности людей, подвергающихся воздействию шума высоких уровней.

Объективная оценка экономической эффективности мероприятий по охране труда, в том числе и по борьбе с повышенным производственным шумом, позволяет выработать рекомендации при выборе оборудования, технологических процессов (эргономический подход) и стратегических ориентиров при разработке инвестиционных программ улучшения условий труда на предприятии. Результатом оценки экономической эффективности мероприятий по охране труда является количественная оценка затрат и доходов предприятия, связанных с вопросами охраны и безопасности труда.

В первом приближении принято считать, что при снижении уровня шума, превышающего санитарные нормы, на каждый децибел приводит к росту производительности труда на 1%. Таким образом, проблема снижения шума имеет важное как социальное, так и экономическое значение.

Методика оценки действия производственного шума с целью сохранения слуха регламентируется ГОСТ Р ИСО 1999-2017 [2]. Настоящий стандарт устанавливает метод расчета потенциального постоянного смещения порога слышимости взрослого человека вследствие воздействия шума различного уровня и продолжительности, что является основой для количественной оценки потери слуха, выявляемой при превышении пороговых уровней слышимости на стандартных аудиометрических частотах или их комбинации входе общего аудиометрического обследования. Зависимость степени риска повреждения слуха от эквивалентного уровня шума и продолжительности работы приведена в таблице 1.

Таблица – 1 Степень риска повреждения слуха и повреждение слуха

Эквивалентный уровень шума, дБА	Продолжительность работы, мчи									
	До 1	5	10	15	20	25	30	35	40	45
До 80	0/1	0/2	0/3	0/5	0/7	0/10	0/14	0/21	0/33	0/50
85	0/1	1/3	3/6	5/10	6/13	7/17	8/22	9/30	10/43	7/57
90	0/1	4/6	10/13	14/19	16/23	16/26	18/32	20/41	21/54	15/65
95	0/1	7/9	17/20	24/29	28/35	29/39	31/45	32/53	29/62	23/73
100	0/1	12/14	29/32	37/42	42/49	43/53	44/58	44/65	41/74	33/83
105	0/1	18/20	42/45	53/58	58/65	60/70	62/76	61/82	54/87	41/91
110	0/1	26/28	55/58	71/76	78/85	78/88	77/91	72/93	62/96	45/95
115	0/1	36/38	71/74	83/88	87/94	84/94	81/95	75/96	64/97	47/97

Оценка социально-экономической эффективности мероприятий по снижению шума связана со степенью акустической безопасности труда, которая характеризуется вероятностью отсутствия повреждения слуха.

Социальный ущерб от производственного шума определяется числом работающих, получивших повреждение слуха, а социальная эффективность мероприятий по снижению шума – их оздоровительным эффектом, т.е. уменьшением заболеваемости. Вероятность повреждения слуха в зависимости от эквивалентного уровня звука и продолжительности его действия на человека приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Вероятность повреждения слуха работников животноводства

Эквивалентный уровень звука, дБ (А)	Продолжительность работы *t*, лет				
	5	10	5	20	25
85	0,01	0,03	0,05	0,06	0,07
90	0,04	0,1	0,14	0,16	0,16
95	0,07	0,17	0,24	0,28	0,29
100	0,12	0,29	0,37	0,42	0,43
105	0,18	0,48	0,53	0,58	0,60
110	0,26	0,55	0,71	0,78	0,78
115	0,36	0,71	0,83	0,87	0,84

Помимо профессиональных заболеваний, вызываемых повышенным уровнем шума, существует и риск травматизма вследствие утомляемости, связанной с высоким уровнем шума. Бесспорно, что любой несчастный случай вне зависимости от степени тяжести наносит моральный, психологический, материальный урон пострадавшему (не имеются ввиду смертельные случаи), семье пострадавшего, предприятию, области и государству в целом. Поэтому любой новый подход к проблеме травматизма и профессиональной заболеваемости, любое новое инженерно – техническое мероприятие, направленное на предотвращение несчастных случаев и профессиональных заболеваний, несут в себе и социальную, и экономическую составляющую.

При расчете экономической эффективности мероприятий по снижению производственного шума следует учитывать экономические потери, возникающие при повышенном производственном шуме, а также потери, связанные с ростом числа дней временной нетрудоспособности, частичной стойкой утратой общей трудоспособности, снижением работоспособности здоровых рабочих. Существуют также более точные методы определения экономической эффективности внедрения мероприятий по борьбе с шумом.

Расчет ожидаемой годовой экономической эффективности производится в такой последовательности:

– определяются эквивалентные уровни звука на рабочих местах (в дБА) соответственно до и после проведения мероприятий по снижению шума;

– определяются полные ежегодные трудовые потери, возникающие через *t* лет, равные сумме фактических потерь и потерь рабочих дней, которые можно было бы оплатить рабочим при отсутствии непроизводительных затрат, отнесенные к одному рабочему и к одному дню;

– находится величина годовой экономической эффективности (в руб./год) в результате снижения эквивалентного уровня звука через *t* лет;

– определение величины годовой экономической эффективности (в руб./год), усредненной за нормативный срок окупаемости капитальных вложений.

Экономическая эффективность рассчитывалась с учетом условий работы операторов машинного доения несмотря на то, что высокий уровень

шума влияет и на других работников животноводческих ферм. Поэтому сумма экономической эффективности мероприятий по снижению уровня шума на молочных фермах может возрастать в зависимости от общего количества работающих на ферме.

Список использованной литературы

1. Балакина, Н.А. Оценка экономической эффективности мероприятии по борьбе с производственным шумом / Н.А. Балакина, А.И. Балакин // Бюллетень науки и практики. – 2020. – Т. 6. – № 3. – С. 289–294.

2. ГОСТ Р И СО 1999-2017. Акустика. Оценка потери слуха вследствие воздействия шума местах [Электронный ресурс] // КОДЕКС : электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL : http://docs.cntd.ru/document.' 1200157242 (дата обращения : 20.05.2024).

3. Юлин, Е.Я. Борьба с шумом на производстве / Е.Я. Юлин. – М. : Машиностроение. – 1985. – 400 с.

4. Гурина, А.Н. Эффективные методы борьбы с шумом на рабочих местах / Гурина А.Н. [и др.]. // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: доклады Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 30–31 марта 2023 г. – Минск : БГАТУ, 2023. – С. 309–311.

Summary. The procedure for calculating the expected annual economic efficiency of implementing measures to reduce industrial noise is considered. The dependence of the degree of risk of hearing damage on the equivalent noise level and duration of work is given.

УДК 666.321

Сергиевич О.А.[1], кандидат технических наук;
Попов Р.Ю.[1], кандидат технических наук, доцент;
Богдан Е.О.[1], кандидат технических наук, доцент;
Шевченок А.А.[2], кандидат технических наук, доцент;
Колонтаева Т.В.[3], кандидат технических наук, доцент
[1] *УО «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Республики Беларусь,*
[2] *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республики Беларусь,*
[3] *Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республики Беларусь*

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ КАОЛИНОВОГО СЫРЬЯ БЕЛОРУССКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Аннотация. Проведены комплексные исследования структуры и химико-минералогического составов белорусских каолинов, которые определяют их технологические свойства, способы повышения кондиционности и пути ис-

пользования в различных отраслях промышленности. Изучение первичных каолинов методом ИК-спектроскопии позволило установить несовершенство их кристаллических структур.

Ключевые слова. Каолин, химико-минералогический состав, структурная формула, рентгенофазовый анализ, структура, гранулометрический состав, ИК-спектроскопия.

Abstract. Comprehensive studies of the structure and chemical and mineralogical compositions of Belarusian kaolins have been carried out, which determine their technological properties, methods of increasing the quality and ways of use in various industries. The study of primary kaolins by IR spectroscopy made it possible to establish the imperfection of their crystalline structures.

Keywords. Kaolin, chemical and mineralogical composition, structural formula, X-ray phase analysis, structure, granulometric composition, infrared spectroscopy.

В настоящее время мировое производство каолинового сырья составляет свыше 40 млн. тонн в год, причем наблюдается устойчивая тенденция роста его потребления различными отраслями промышленности при получении строительных и огнеупорных материалов, резинотехнических изделий, пластмасс, бумаги, лакокрасочных материалов, медицинских препаратов, пищевых продуктов и др. [1–4]. В связи с этим весьма актуальными являются исследования, связанные с разработкой новых перспективных месторождений каолинового сырья, комплексным изучением его химико-минералогического состава, структурных особенностей и свойств, обоснованием целесообразности обогащения каолинов и их последующего практического применения в различных областях промышленности.

В Республике Беларусь особая роль отводится максимальному вовлечению отечественного минерального сырья в технологию получения керамических материалов различного назначения, что существенно влияет на себестоимость готовых изделий, а также позволяет решать вопросы ресурсосбережения и импортозамещения. На территории Беларуси выявлено два крупных месторождения каолинов («Ситница» Брестской обл. и «Дедовка» Гомельской обл.), два менее мощных («Люденевичи» и «Березина» Брестской обл.) и несколько проявлений («Скрипицкое», «Глушковичи», «Селище» Брестской обл.). Первые результаты исследований и геологические сведения о месторождениях белорусских каолинов приведены в работах [5], из которых следует, что наиболее масштабными и детально разведанными являются первичные каолины месторождений «Ситница» и «Дедовка» с общими запасами по Республике Беларусь 25,09 млн. т (в т. ч. предполагаемого продукта обогащения – 9,72 млн. т). Установлено, что в белорусских каолинах присутствует достаточно высокое количество примесных

оксидов (Fe_2O_3, TiO_2 и K_2O, а также SiO_2 – в каолине «Дедовке») по сравнению с импортируемыми. Положительные результаты апробации местного каолинового сырья предполагают проведение более детальных комплексных исследований с последующей перспективой освоения месторождений [6].

В данной работе представлены комплексные исследования химического, минерального, гранулометрического состава и структуры первичных природных каолинов месторождений Республики Беларусь «Ситница» и «Дедовка» с установлением особенностей во взаимосвязи с их физико-химическими и технологическими свойствами.

Химический состав природных каолинов свидетельствует о том, что в соответствии с ГОСТ 2642–2014 по содержанию Al_2O_3 в прокаленном состоянии данные пробы (каолин «Ситница» – 26,6 %; каолин «Дедовка» – 19,7 %) относятся к группе полукислого сырья с высоким содержанием SiO_2 (соответственно 65,4 и 72,9 %); по содержанию окрашивающих оксидов (Fe_2O_3 + TiO_2) первичный каолин «Дедовка» (0,74 %) относится к группе с низким содержанием, а каолин «Ситница» (2,37 %) – к группе со средним содержанием окрашивающих оксидов.

Минеральный состав глинистой составляющей природного каолина месторождения «Ситница» представлен в основном каолинитом. Примесными минералами являются кварц в значительном количестве, гидрослюдистые и полевошпатовые включения. Каолин месторождения «Ситница» относится к четвертому классу кристалличности (индекс кристалличности 0,88 по Д. Хинкли), что свидетельствует о несовершенстве его кристаллической структуры. Минеральный состав первичного каолина «Дедовка» представлен каолинитом с примесными минералами кварца, а также незначительным содержанием гидрослюдистых и полевошпатовых включений.

Качественный фазовый состав исследуемых каолинов не имеет существенных отличий и представлен каолинитом, кварцем и побочными гидрослюдистыми (иллитом) и полевошпатовыми (микроклином) минералами. Можно отметить лишь незначительные различия интенсивностей дифракционных максимумов присутствующих кристаллических фаз.

Анализ рассчитанного по методике [7] пофракционного минерального состава позволил установить, что полевошпатовая часть помимо микроклина представлена альбитом в количестве 1 % для каолина «Ситница» и 0,8 % для каолина «Дедовка»; присутствуют также кварц и рутил (0,3 и 0,7 %). В качестве глинообразующих минералов содержатся каолинит, гидрослюды и незначительное количество монтмориллонита (0,01 и 0,02 %).

Согласно традиционным представлениям о структуре, минералы каолинитовой группы обладают примерно одинаковым составом: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ или $Al_2Si_2O_5(OH)_4$, их характерной особенностью является наличие

каолинитового слоя. Из анализа обзора литературы следует, что такой слой состоит из одной гексагональной тетраэдрической сетки Si–O и наложенной на нее сетки из Al–O, OH-октаэдров, подобных слою в структуре гиббсита ($Al(OH)_3$ по Паулингу) [8]. Длины осей в гиббсите равны $b \sim 5{,}06$ Å, $a \sim 8{,}62$ Å, а в кремнекислородной сетке – $a \sim 5{,}2$ Å, $b \sim 9{,}0$ Å. Такое строение слоя обусловливает ярко выраженный полярный характер; отмечается также заметная тенденция слоя к изгибу, что объясняется небольшими размерами и несовершенством кристаллов каолинита.

Результаты, полученные Грюнером и Бриндли [8], подтвердили идеи Паулинга о слоистой структуре каолинита. Анализ структуры каолинита показал, что его кристаллы слишком несовершенны для получения монокристальных снимков, вследствие чего предложенную модель структуры следует рассматривать как идеализированную. Собственно каолинит является триклинным с размерами элементарной ячейки $a = 5{,}14$ Å; $b = 8{,}93$ Å; $c = 7{,}37$ Å; $\alpha = 91{,}8$ °; $\beta = 104{,}5–105$ °; $\gamma = 90°$ и обладает структурой, в которой слои расположены с периодом в 1 слой (у диккита – с периодом в 2 слоя, накрита – двухэтажные слои с периодом в 6 слоев), вертикальный разрез которого представлен на рисунке 1.

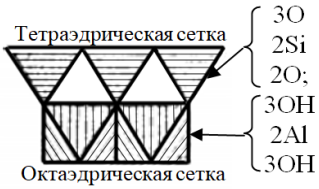


Рисунок 1 – Вертикальный разрез силикатного слоя каолинита

Представленные в работе [9] электронно-микроскопические снимки чистого каолинита и смешанной формы с монтмориллонитом показывают, что частицы каолинита имеют незначительную толщину и псевдогексагональные очертания. Обычно встречаются их крупные сростки, состоящие из наложенных друг на друга искаженных пластинчатых частиц различной толщины, близких к шестигранной форме. Переходные формы между каолинитом и монтмориллонитом представлены крупными частицами, напоминающими по своей форме псевдогексагональные кристаллы каолинита, но с несколько сглаженными углами, частично разрушенными ребрами. Просматривая в микроскопе ряд полей, можно установить все стадии перехода от более или менее хорошо выраженных псевдогексагональных кристаллов каолинита до частиц, практически полностью утративших четкость выражения углов и граней, хотя в облике частиц все же угадывается шестигранная форма.

Размеры кристаллов каолинита и каолинитовых пакетов (сростков), различимых на приведенных снимках, составляют для природного каоли-

на «Ситница» 0,16–3,41 и 36,20–367,2 мкм; для обогащенного – 0,14–2,11 и 15,10–62,20 мкм; для природного каолина «Дедовка» – 0,27–2,47 и 10,50–231,00 мкм; для обогащенного – 0,19–2,03 и 7,30–28,90 мкм.

Такие структурные формы характерны для природных каолинов «Ситница» и «Дедовка», где кроме монтмориллонита в состав глинистой части могут входить другие примесные минералы. Среди слоистых силикатов имеются триоктаэдрические аналоги каолинитовых минералов, содержащие в октаэдрах ионы Mg^{2+} (хризотил-антигорит), Fe^{3+} (кронштедтит), Mg^{2+} и Fe^{3+} (амезит), где у последних двух предполагается некоторое замещение тетраэдрического Si^{4+} на Al^{3+} и даже Fe^{3+} при соблюдении баланса валентностей. В общем случае природный каолинит любой изоморфной серии может иметь смешанный состав катионов: в тетраэдрах небольшая часть Si^{4+}, по-видимому, может заменяться Al^{3+} и Ti^{4+}; в октаэдрах могут располагаться ионы Al^{3+}, Fe^{3+}, Fe^{2+}, Mg^{2+}, Cr^{3+}, Zn^{2+}, Li^{+} и между слоями – K^{+}, Na^{+}, Ca^{2+}.

Окончательный баланс зарядов достигается обменными катионами, располагающимися между слоями, что может быть выражено формулой:

$$K, Na, Ca\ (Mg, Fe, Al_x)[Al, Ti, Si_yO_z](OH)_n.$$

Формула каолинита выглядит следующим образом: $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$.

Согласно методике расчета структурных формул по Б. Б. Звягину [10], основанной на химическом составе каолинового сырья, произведен расчет, и в таблице 1 представлены структурные химические формулы каолинита первичных обогащенных каолинов месторождений «Ситница» и «Дедовка».

Таблица 1 – Структурные химические формулы каолинита

Наименование месторождения	Эмпирическая химическая формула
«Ситница»	$K_{0,223}Na_{0,08}Ca_{0,022}(Mg_{0,055}Fe_{0,166}Al_{3,563})[Ti_{0,062}Si_{4,027}O_{10,668}](OH)_{6,942}$
«Дедовка»	$K_{0,361}Na_{0,002}Ca_{0,02}(Mg_{0,014}Fe_{0,069}Al_{3,439})[Ti_{0,041}Si_{4,429}O_{10,986}](OH)_{6,148}$

Результаты полученных расчетных данных, приведенные в таблице 1, позволили сделать вывод о том, что в сравнении с формулой каолинита $Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$ в исследованных каолинах определяется избыток Si, связанный с незначительной примесью кремнезема, а также недостаток Al и гидроксид-ионов (OH^{-}), обусловленный наличием гидрослюды. Выявлено, что в тетраэдрическом и октаэдрическом слое могут присутствовать катионы Mg^{2+}, Fe^{3+}и Ti^{4+}. Ионы K^{+}, Na^{+}, Ca^{2+}, вероятно, находятся только в межслоевом пространстве в виде обменных катионов, а в основном их содержание будет определяться тонкодисперсными примесными минералами материнской породы каолинов.

Анализ ИК-спектров природных каолинов в высокочастотной области позволил установить наличие ОН-групп в межслоевом пространстве, внутри и на поверхности октаэдрического слоя, а также адсорбированных молекул воды. В низкочастотной области на ИК-спектрах сосредоточены полосы поглощения силикатных структур каолинов, а также интенсивные пики деформационных колебаний связей Si–O–Si, характерные для необогащенных каолинов. Возможно присутствие в природных каолинах белорусских месторождений минерала каолинитовой группы – диккита. Определены значения показателя индекса кристалличности (по Хинкли) для природных и обогащенных каолинов «Ситница» (0,94 и 1,11) и «Дедовка» (0,98 и 1,04) в сравнении с просяновским каолином (1,31).

Грубодисперсная часть представлена в основном примесными минералами – кварцем и микроклином и характеризуется максимальным содержанием SiO_2 (81,5 % – для природного каолина «Ситница», 76,9 % – для природного каолина «Дедовка»). Примесные минералы присутствуют также во фракциях 0,3–0,1 и 0,1–0,005 мм, причем их значительное количество приходится на фракции 0,1–0,15 мм (преобладают кварцевые частицы) и 0,005–0,01 мм (частицы тонкодисперсного микроклина с примесями кварца). Анализ результатов изучения зернового состава каолинов не позволяет точно установить максимальное содержание глинистой составляющей за счет присутствия определенного количества мелкодисперсных примесей. Были построены дифференциальные кривые распределения частиц по размерам во взаимосвязи с минеральным составом природных каолинов «Ситница» и «Дедовка» (рисунок 2).

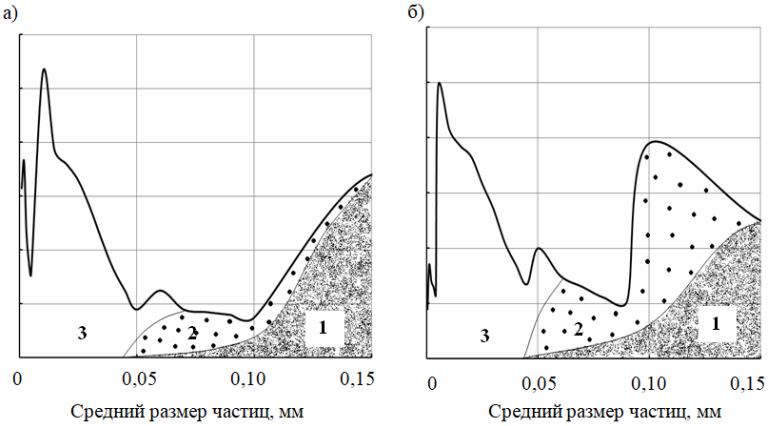


Рисунок 2 – Распределение частиц по размерам в каолинах «Ситница» (*а*), «Дедовка» (*б*) и области с характерным минеральным составом:
1 – кварц; *2* – микроклин; *3* – глинистые минералы (каолинит, гидрослюды)

По результатам проведенных исследований установлено, что химико-минералогический состав каолинов месторождений «Ситница» и «Дедовка» не имеет существенных различий по фазовым составляющим. Установлен размер частиц каолинита, представляющих собой сростки пластинчатых частиц псевдогексагональной формы, для природных и обогащенных разностей с помощью электронно-микроскопического исследования. Показано расчетным методом, что в тетраэдрическом и октаэдрическом слое каолинита могут находиться Mg^{2+}, Fe^{3+} и Ti^{4+}. Учитывая высокое содержание примесных минералов и гидрогеологические условия залегания каолинов исследуемых месторождений целесообразно применение мокрых способов обогащения.

Список использованной литературы

1. Buyondo K. A., Kasedde H., Kirabira J. B. A comprehensive review on kaolin as pigment for paint and coating : Recent trends of chemical-based paints, their environmental impacts and regulation // Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. – 2022. – P. 100244.

2. Ercan H. Ü. et al. Comparison of Epithermal Kaolin Deposits from the Etili Area (Çanakkale, Turkey) : Mineralogical, Geochemical, and Isotopic Characteristics // Clays and Clay Minerals. – 2022. – P. 1–27.

3. Biswas B. et al. Understanding Iron Impurities in Australian Kaolin and Their Effect on Acid and Heat Activation Processes of Clay // ACS Omega. – 2023.

4. Maged A. et al. Evaluation insight into Abu Zenima clay deposits as a prospective raw material source for ceramics industry : Remote Sensing and Characterization // Scientific Reports. – 2023. – Vol. 13. – №. 1. – P. 58.

5. Вечер, В.А. Полезные ископаемые Беларуси : к 75-летию Белорус. науч.-исслед. геологоразведоч. ин-та / Вечер В.А. [и др.]. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2002, – 528 с.

6. Дятлова, Е. М. Перспективы использования каолинов белорусских месторождений «Ситница» и «Дедовка» для получения алюмосиликатных огнеупоров / Дятлова Е.М. [и др.] // Огнеупоры и техн. керамика. – 2016. – № 3 .– С. 40–46.

7. Дудеров, Ю.Г. Расчеты по технологии керамики : справочное пособие / Ю.Г. Дудеров, И.Г. Дудеров – Москва : Стройиздат, 1973, – 80 с.

8. Брэгг, У.Л. Кристаллическая структура минералов / У.Л. Брэгг, Г.Ф. Кларингбулл, В.А. Франк-Каменецкий. – Москва : Мир, 1967. – 390 с.

9. Рекшинская, Л.Г. Атлас электронных микрофотографий глинистых минералов и их природных ассоциаций в осадочных породах / Л.Г. Рекшинская. – Москва : Недра, 1966, – 230 с.

10. Викулова М.Ф. Методическое руководство по петрографо-минералогическому изучению глин / М.Ф. Викулова, П.М. Татаринов. – Москва : Госгеолтехиздат, 1957. – 448 с.

Summary. Based on the results of the studies, it was established that the chemical and mineralogical composition of kaolins of the Sitnitsa and Dedovka deposits does not have significant differences in phase components. The

size of kaolinite particles, which are intergrowths of pseudohexagonal-shaped plate particles, for natural and enriched differences was determined using electron microscopic examination. It is shown by calculation that Mg^{2+}, Fe^{3+} and Ti^{4+} can be present in the tetrahedral and octahedral kaolinite layer. Considering the high content of impurity minerals and the hydrogeological conditions of kaolin occurrence in the studied deposits, it is advisable to use wet enrichment methods.

УДК 331.453

Ткачева Л.Т., кандидат технических наук, доцент;
Качанова И.В., магистрант;
Бренч М.В., старший преподаватель
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

СНИЖЕНИЕ ТРАВМАТИЗМА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ НА ОСНОВЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ АУДИТОВ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация. Рассмотрены порядок проведения и преимущества поведенческих аудитов безопасности как действенного инструмента для выявления и устранения опасного поведения работников, что приводит к снижению травматизма на рабочем месте.

Abstract. The procedure for conducting and advantages of behavioral safety audits as an effective tool for identifying and eliminating dangerous behavior of employees, which leads to a decrease in workplace injuries, was considered.

Ключевые слова. Безопасность, поведенческий аудит, анализ поведения, опасное поведение, снижение травматизма, аудитор, культура безопасности.

Keywords. Safety, behavioral audit, behavior analysis, dangerous behavior, injury reduction, auditor, safety culture.

По данным МОТ, основанным на многочисленных исследованиях, 96 % несчастных случаев на производстве происходит из-за опасных действий работников и всего 4 % из-за опасных условий. Анализ травматизма, представленный Департаментом государственной инспекции труда Республики Беларусь в 2023 году также показал, что удельный вес несчастных случаев, происшедших из-за нарушения трудовой дисциплины, требований нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов, локальных правовых актов по охране труда со стороны потерпевших, составляет 25,6 %. Следовательно, главным виновником травматизма является ни техника, ни технологический процесс, а сам работник,

который, по каким-то причинам, не соблюдал правила безопасности, нарушал технологический процесс, не использовал предусмотренные средства защиты, т.е. определенное поведение, неправильные действия людей.

Строгое соблюдение требований безопасности при выполнении трудовых обязанностей – важнейшее условие бесперебойной работы любого предприятия, обеспечивающее минимизацию уровня аварийности на предприятии, производственного травматизма и количества возникающих профессиональных заболеваний. К сожалению, работники могут неправильно реагировать на опасности, игнорировать правила безопасности или даже неосознанно создавать рискованные ситуации. Люди не всегда осознают социальные и экономические последствия той небрежности, которую они иногда чуть ли не ежедневно допускают на рабочих местах. Поэтому важно разобраться, почему люди ведут себя определенным образом, какие мотивы и причины стоят за их действиями.

Создание и внедрение системы управления охраной труда в организации недостаточно для снижения уровня травматизма. Обеспечить безопасную трудовую деятельность персонала можно и нужно путем применения различных инструментов, используемых системой управления охраной труда. Например, таким инструментом, позволяющим работодателям выявлять и устранять опасное поведение сотрудников на рабочем месте, может стать проведение поведенческих аудитов безопасности (ПАБ), центральным элементом которых является анализ поведения работников.

Что такое поведенческие аудиты безопасности?

Поведенческие аудиты безопасности представляют собой систематический процесс наблюдения за поведением сотрудников на рабочем месте для выявления потенциально опасных действий или упущений. Аудиторы отмечают как безопасное, так и небезопасное поведение и оценивают, как эти действия могут повлиять на безопасность рабочего места. Если действия работника безопасны, то аудитор отмечает усилия работника для обеспечения безопасности. После чего регистрируется безопасное выполнение работ. Кроме того, аудитор выясняет у сотрудника, какие у него есть предложения по повышению безопасности труда, и что можно сделать для этого (провести обучение, проводить планёрки и так далее). Заполнив соответствующий акт, аудитор, благодарит работника. Если же действия работника небезопасны, то аудитор отмечает все оплошности и ошибки сотрудника. В случае совершения опасного действия аудитор обязан его предотвратить и объяснить причину остановки, в чем заключалась опасность. После выявления всех ошибок и опасных действий аудитор объясняет возможные последствия данного действия, а после этого уточняет у сотрудника, как можно выполнить работу без совершения опас-

ного действия. Такая последовательность позволяет работнику не только осознать возможную опасность, но и хорошо запомнить последствия.

Аудит отличается от технической проверки тем, что если проверка направлена на контроль над работой агрегатов, стационарных объектов и машин и ограничена лишь выявлением недостатков в работе, то ПАБ направлен на работу с людьми и не ограничивается лишь выявлением неправильных действий, он акцентирует внимание именно на положительных моментах.

Данная практика уже несколько лет применяется на многих предприятиях Российской Федерации и показала положительные результаты. В Республике Беларусь она внедрена на единичных предприятиях. Считаем, что ее внедрение было бы особенно полезным в сельскохозяйственных организациях, где уровень травматизма остается достаточно высоким.

В чем преимущества проведения поведенческих аудитов безопасности?

1. Выявление потенциальных опасностей.

Аудиты выявляют опасное поведение, которое может привести к травмам, прежде чем они произойдут.

2. Улучшение осведомленности о безопасности.

Аудиты повышают осведомленность работников о рисках и опасностях на рабочем месте и необходимости применения безопасных рабочих практик, безопасных приемов и методов работы.

3. Усиление культуры безопасности.

Регулярное проведение поведенческих аудитов безопасности демонстрирует приверженность руководства к вопросам безопасности и служат предпосылкой для поощрения работников к проактивному подходу к вопросам безопасности.

4. Снижение травматизма. Исследования показывают, что поведенческие аудиты безопасности могут значительно снизить травматизм на рабочем месте.

Как проводить поведенческие аудиты безопасности?

1. Определение области фокусировки. Следует сосредоточиться на областях, где вероятность опасного поведения высока, например, выполнение работ с опасным оборудованием или работа на высоте.

2. Выбор метода аудита. Для этого используются такие методы, как наблюдение в реальном времени, анализ видеозаписей или анкетирование.

3. Подготовка аудиторов. Аудиторы должны быть обучены наблюдению за поведением, распознаванию опасностей и общению с работниками.

4. Наблюдение за поведением. Необходимо записывать все наблюдения, включая безопасное и небезопасное поведение.

5. Оценка рисков. Следует оценивать вероятность и тяжесть потенциальных последствий небезопасного поведения.

6. Разработка корректирующих действий. Рекомендуются конкретные меры по устранению опасного поведения и улучшению безопасности на рабочем месте.

Как же можно снизить травматизм на основе проведения поведенческих аудитов безопасности?

1. Предоставление обратной связи. Рекомендуется предоставлять сотрудникам обратную связь о результатах аудита, выделяя как безопасное, так и небезопасное поведение.

2. Внедрение мер по исправлению. Следует реализовывать рекомендованные корректирующие действия, такие как дополнительное обучение, улучшение процедур и др.

3. Поощрение безопасного поведения. Рекомендуется благодарить и поощрять работников за демонстрацию безопасных рабочих практик, безопасных методов и приемов работы.

4. Осуществление мониторингов с целью улучшения. Регулярно следует проводить повторные аудиты для отслеживания улучшений и выявления любых новых проблем.

Поведенческие аудиты безопасности являются ценным инструментом для выявления и устранения опасного поведения сотрудников, что приводит к снижению травматизма на рабочем месте. При правильном проведении и последующем принятии мер аудиты могут существенно улучшить культуру безопасности и защитить работников от травм.

Регулярное проведение поведенческих аудитов безопасности должно быть неотъемлемой частью системы управления охраной труда в организации.

Список использованной литературы

1. Травматизм 2023. Итоги [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http: otb.by – Дата доступа : 24.04.2024.

2. Хабибуллин, З.М. Травматизм и повышение уровня культуры безопасности в строительной отрасли / З.М. Хабибуллин, Е.И. Бахонина // Безопасность труда в промышленности. – 2021. – № 11. – С. 53–57.

3. Андреева, Т.С. Оценка удовлетворенности трудом специалистов по охране труда / Т.С. Андреева, Т.О. Гапуленко // Общество. – 2018. – № 1 (9). – С. 22–26.

Summary. An audit of safe behavior is an important tool that allows not only to comply with legislative norms, but also to significantly improve working conditions. A properly organized and conducted audit helps not only reduce risks in the workplace, but also contributes to a safer and more productive work environment.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1 – Технический сервис машин и оборудования

1. **Карпович С.К.**, **Матвейчук А.С., Бабич Е.М.**
Ход реализации комплексного «проекта будущего» «точное земледелие» 3
2. **Годжаев З.А., Лавров В.А., Горгодзе А.Р.**
Система машин, как главный аспект научно-обоснованного развития сельхозмашиностроения союзного государства 7
3. **Сайганов А.С., Русакович А.Н.**
Современные подходы к инновационному развитию материально-технической базы сельского хозяйства 12
4. **Миранович А.В., Юркевич С.Б., Еднач В.Н., Тарасенко В.Е.**
Особенности подготовки инженерных кадров для организаций агротехнического сервиса 18
5. **Abubakar Umar Sokoto, Aliyu Yusuf**
The role of information technology in effective manpower management and development with respect to the challenges of globalization in nigeria's democratic dispensation 24
6. **Ibrahim Muhammad Yabo**
The impact of the development of feminism in the present day nigerian society: a sociological approach 32
7. **Кузнецова А.Р., Жолдоякова Г.Е.**
Уровень технической оснащенности и производительность труда в отрасли сельского хозяйства республики башкортостан 38
8. **Круглый П.Е., Василевский П.Н., Шукан М.М., Круглый П.С.**
Исследование и анализ потоков восстановлений работоспособности кормоуборочных комбайнов при организации их технического сервиса 43
9. **Тарасенко В.Е.**
Использование методов функционального диагностирования автотракторных двигателей 49
10. **Тарасенко В.Е., Василюк М.В., Жешко А.А.**
Результаты исследования вибрации двигателя трактора «БЕЛАРУС-3022ДЦ.1» 55
11. **Жданко Д.А., Непарко Т.А.**
Совершенствование планирования технического обслуживания тракторов сельскохозяйственных предприятий 60

12. **Рустамов Р.М., Ибрагимов Д., Анискович Г.И.**
Исследование состояний одноканальной системы обслуживания зерноуборочных комбайнов. 65
13. **Основин В.Н., Агейчик А.А., Основин С.В.**
Совершенствование технологической оснастки агросервисных предприятий 68
14. **Алушкин Т.Е., Мещеряков М.Ю.**
Оснащенность тракторным парком сельскохозяйственного производства томской области по состоянию на 2024 год 73
15. **Круглый П.Е., Мисун А.Л., Василевский П.Н., Паулич А.В.**
Некоторые аспекты интерактивного процесса проектирования программ технического сервиса сельскохозяйственной техники . . . 76
16. **Щурин К.В., Карлюк А.П.**
Совершенствование номенклатуры и количества резервных частей транспортно-технологических машин 79
17. **Корнеева В.К.**, **Капцевич В.М., Закревский И.В.**, **Спиридович П.М.**
Апробация методов экспресс-тестирования моторного масла в мини-лаборатории БГАТУ 85
18. **Акулович Л.М., Сергеев Л.Е., Мендалиева С.И.**
Магнитно-абразивная обработка режущей части токарных резцов . . . 91
19. **Толочко Н.К., Авраменко В.П.**, **Кравцов В.Б.**
Применение аддитивной технологии листового ламинирования для изготовления металлических деталей машин и формообразующей оснастки 97
20. **Анискович Г.И.**, **Шевчук М.А.**, **Шукан М.М**.
Технологическое обеспечение процесса упрочнения деталей сельскохозяйственной техники импульсной закалкой 101
21. **Анискович Г.И.**, **Шевчук М.А.**, **Шукан М.М**.
Отечественные материалы для изготовления и технология упрочнения сменных почворежущих деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин 107
22. **Миранович А.В.**
Повышение физико-механических и эксплуатационных характеристик деталей из железоуглеродистых сплавов комбинированным электромагнитным и лазерным упрочнением . . . 112
23. **Акулович Л.М.**, **Сергеев Л.Е.**, **Войтёнок А.С.**, **Сакович А.О.**
Исследование режущей способности ферроабразивных порошков при магнитно-абразивной обработке деталей сельскохозяйственных машин 118

24. **Акулович Л.М., Миранович А.В., Афанасенко Д.Е.**
Повышение качественных характеристик и износостойкости рабочих поверхностей нежестких деталей машин комбинированным упрочнением 122

25. **Щурин К.В., Карлюк А.П.**
Объективный анализ энергетической эффективности магнитной активации топлив дизельных ДВС 128

26. **Сырбаков А.П., Федюнин П.И.**
Повышение эффективности пуска дизелей при низких температурах 132

27. **Курносов А.Ф., Гуськов Ю.А., Григорев Н.Н.**
Совершенствование способа оценки эффективной мощности дизельного двигателя в режиме работы «Свободный разгон-выбег» 137

28. **Иванов А.П., Жалсанова Н.А.**
Проект внедрения частотно-регулируемых электроприводов насосов в отопительных котельных отдалённых сельских регионов 142

29. **Мисуно О.И.**
Определение параметров баланса мощности двигателя трактора в составе почвообрабатывающего агрегата 146

30. **Городецкая Е.А., Хоровец И.Г.**
Техническая готовность диэлектрических сепарирующих устройств к эксплуатации 150

31. **Мисуно О.И.**
Измерение вращающего момента на вертикальных валах сельскохозяйственных машин 155

32. **Матяш С.П.**
Эффективность тепловой подготовки дизельного двигателя путем предпускового разогрева системы охлаждения 159

Секция 2 – Инновационные технологии и охрана труда в АПК

1. **Muhammad Bello Garba, Mamuda Muhammad, Ademola James Adeyemi, Salihu Bala Tajiri**
Development of smart waste management device 164

2. **Бекбосынов С., Абдильдин Н.К.**
Усовершенствование процесса предпосевной подготовки почвы с применением рабочего органа с гибким элементом 171

3. **Сапарғали А.Ж., Кайрбаева А.Е.**
Результаты определения соотношения перги и воска в пчелиных сотах 176
4. **Кудашева А.Б., Хазимов М.Ж., Ниязбаев А.К.**
Обоснование конструктивной схемы подачи воздуха в водонагревательных твердотопливных котлах малой мощности . . . 181
5. **Дауренова И.М., Тойбазар Д.М., Сапарғали А.Ж., Садыкова А.К.**
Технология и технические средства получения перги из пчелиных сот в Казахстане 185
6. **Тойбазар Д.М., Дауренова И.М., Сапарғали А.Ж., Ниязбаев А.К.**
Определение теплофизических свойств гранул перги 190
7. **Садықова А.Қ., Ниязбаев А.К., Дауренова И.М., Тойбазар Д.М., Калиев А.М.**
Определение теплопроводности, теплоемкости и температуропроводности соевой окары 196
8. **Жаркова Н.Н.**
Механизм действия бактерицидного ультрафиолетового излучения на микроорганизмы 201
9. **Романюк Н.Н., Еднач В.Н., Агейчик В.А., Хартанович А.М.**
Повышение качества формирования семенного ложа однодисковым сошником 206
10. **Бакач Н.Г., Жилич Е.Л., Бернацкая Д.В.**
Основные параметры формирования микроклимата в животноводческих помещениях 209
11. **Бакач Н.Г., Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н., Никончук В.В.**
Системы позиционирования доильного оборудования на вымени коровы при роботизированной системе доения 213
12. **Комлач Д.И., Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н., Бондаренко И.И.**
Существующие системы для дистанционного определения промеров тела и живой массы сельскохозяйственных животных 217
13. **Бакач Н.Г., Никончук В.В., Рогальская Ю.Н., Бернацкая Д.В.**
Погрузчик-смеситель-раздатчик кормов 221
14. **Комлач Д.И., Цалко С.А., Никончук В.В., Екельчик О.Л.**
Подталкиватель-разрыхлитель кормов полунавесной ПКП-0,9 . . . 226
15. **Комлач Д.И., Цалко С.А., Бернацкая Д.В.**
Расчет вентиляции животноводческих помещений 229
16. **Бондаренко Д.Н., Романюк Н.Н., Еднач В.Н.**
Совершенствование устройств для очистки решет зерноочистительных машин 232

17. **Романюк Н.Н., Нукешев С.О., Еднач В.Н., Агейчик В.А., Косатбекова Д.Ш., Хартанович А.М.**
Внесение удобрений при ярусной безотвальной обработке почвы . . . 236
18. **Андруш В.Г.**, **Шелегова Е.В.**, **Рыжук И.М.**
Опасность грозовых проявлений на пастбище 239
19. **Бондарчук О.В., Пашинский В.А., Селюк Ю.Н.**
Повышение качества солода при его производстве электроактивацией биологической системы пивоваренного ячменя 244
20. **Гайыпназаров Ш., Джумартова Б., Кунаш М.В., Белохвостов Г.И.**
Анализ мер по снижению производственных шумов и вибраций оборудования при производстве творога 248
21. **Корчик С.А., Климец Е.А.**
О предупреждении травматизма в организациях агропромышленного комплекса. 253
22. **Молош Т.В., Корчик С.А., Походня Е.С**.
Совершенствование мер безопасности для работающих в животноводстве 257
23. **Капский А. В., Белохвостов Г.И., Русских В.В., Хохлов Е.А.**
Безопасность при работе сельскохозяйственной техники под линиями электропередачи. 262
24. **Русских В.В., Капский А. В., Хохлов Е.А.**
улучшение производственной безопасности при эксплуатации граблей-валкователей ГВ-6,0 с установкой блока контроля пространства 266
25. **Романюк Н.Н., Вольский А.Л., Еднач В.Н., Климович Н.Г.**
Влияние кинематических режимов работы роликовой сортировки на её эффективность 269
26. **Романюк Н.Н., Нукешев С.О., Еднач В.Н., Агейчик В.А., Косатбекова Д.Ш., Демидович Е.И.**
Сеялка для подсева трав с одновременным внесением удобрений 273
27. **Ашарчук Д.В., Русских В.В.**
Исследование антенн по улавливанию электромагнитного поля от ЛЭП 277
28. **Гаркуша А.В., Севастюк Т.В., Гаркуша К.В., Процко Л.Е., Гурина А. Н.**
К вопросу снижения шума в кабине трактора 281

29 **Кунаш М.В., Позняков Д.М., Белохвостов Г.И.**
Модульный принцип конструирования глушителей шума тракторов 283

30. **Конч С.А., Белохвостов, Г.И., Жаркова Н.Н.**
Улучшение шумовых и экологических характеристик глушителей шума рекуперативными теплообменниками регулируемой производительности 288

31. **Щурин К.В., Карлюк А.П.**
Исследование модели «человек-оператор» рабочей машины на надежность и безопасность эргатической системы 292

32. **Баитова С.Н., Цап В.Н., Томашов М.А.**
Оценка пожаровзрывоопасности литий-ионных аккумуляторов . . 300

33. **Босак В. Н.**
Требования охраны труда при работе с пестицидами и агрохимикатами 303

34. **Процко Л.Е., Севастюк Т.В., Гаркуша А.В., Раубо В.М., Савельева О.В.**
Экономически-социальная эффективность мероприятий по уменьшению вибрации и шума в отрасли животноводства . . . 307

35. **Сергиевич О.А.**, **Попов Р.Ю.**, **Богдан Е.О., Шевченок А.А.**, **Колонтаева Т.В.**
Особенности состава и структуры каолинового сырья белорусских месторождений. 311

36. **Ткачева Л.Т., Качанова И.В., Бренч М.В.**
Снижение травматизма на рабочем месте на основе проведения поведенческих аудитов безопасности 318

Научное издание

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК

Материалы Международной
научно-практической конференции

(Минск, 5–6 июня 2024 года)

Ответственный за выпуск *В. Н. Еднач*
Компьютерная верстка *П. Н. Василевского*
Дизайн обложки *Д. А. Пекарского*

Подписано в печать 20.09.2024. Формат $60\times84^{1}/_{16}$.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 19,06. Уч.-изд. л. 14,90. Тираж 60 экз. Заказ 502.

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.