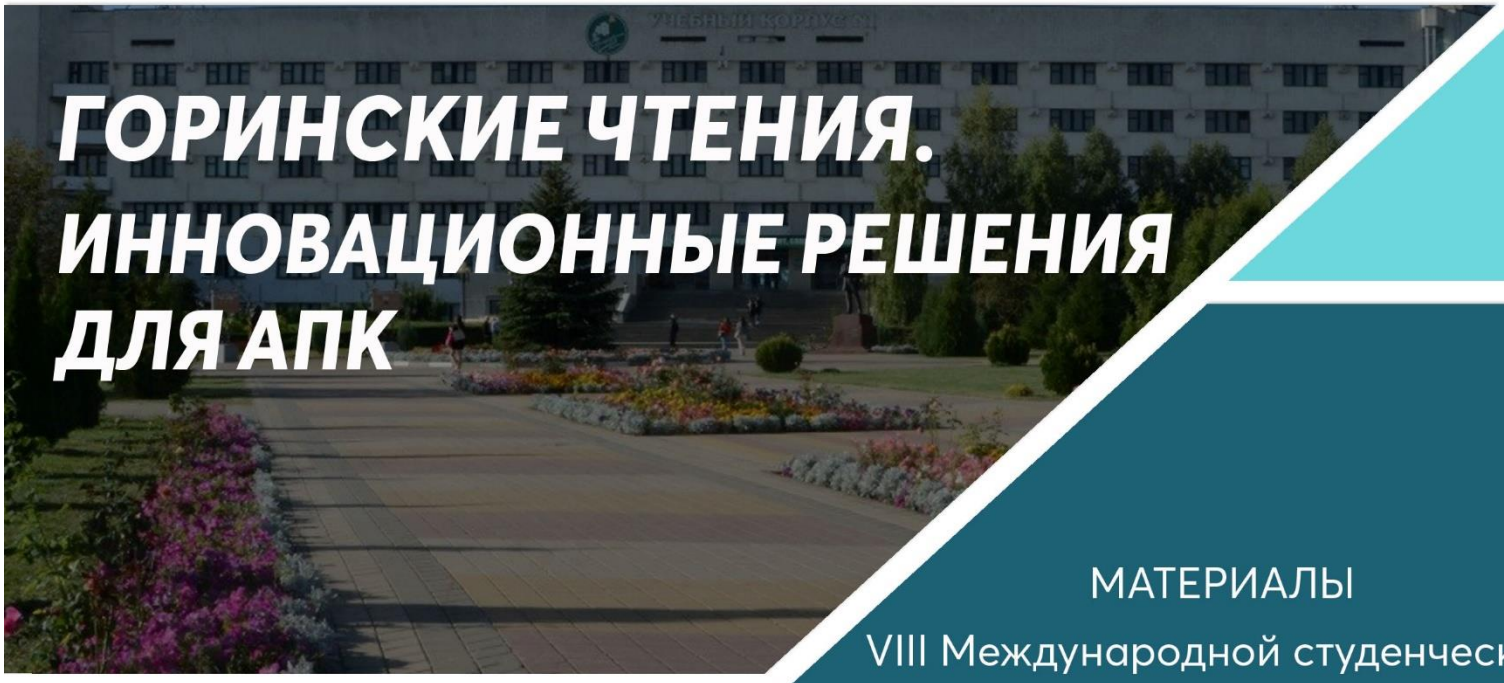
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина»



ГОРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ. ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АПК

МАТЕРИАЛЫ
VIII Международной студенческой научной конференции

25-26 февраля 2026 г.

Том 7

Майский, 2026

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина»

МАТЕРИАЛЫ
VIII Международной студенческой научной конференции
«ГОРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ. ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АПК»

25-26 февраля 2026 г.

ТОМ 7

Майский, 2026

УДК 631.3:629.3.08(063)
ББК 40.72-08я43
М 34

Материалы VIII Международной студенческой научной конференции **«Горинские чтения. Инновационные решения для АПК»** (25-26 февраля 2026 года) : Т. 7. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2026. – 334 с.

В седьмой том вошли тезисы докладов студентов, аспирантов, молодых ученых по секции: *технический сервис в АПК.*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

С.Н. Алейник (*председатель*),
Е.А. Пархомов (*заместитель председателя*),
А.В. Акинчин, В.В. Дронов, Н.Б. Ордина,
А.Н. Макаренко, О.В. Гончаренко, Г.В. Бражник,
А.В. Бондарев, А.А. Сидоренко, Т.Н. Крисанова, А.А. Манохин

© ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2026

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК

УДК 631.3:621.9.047

3D-ПЕЧАТЬ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ НА БАЗЕ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Бородин И.В., Новицкий А.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В современном агропромышленном производстве остро ощущается проблема оперативного обеспечения хозяйств запасными частями для сельхозтехники. Длительные сроки поставок, высокая стоимость оригинальных компонентов и сложности логистики вынуждают искать альтернативные решения. В этом контексте 3D-печать открывает принципиально новые возможности: она позволяет изготавливать детали непосредственно в хозяйстве, сокращать время простоя техники и снижать затраты на ремонт. Особенно актуальна эта технология для малых и средних фермерских предприятий, расположенных вдали от сервисных центров. Внедрение аддитивных технологий в АПК перестаёт быть просто инновацией – оно становится действенным инструментом повышения экономической устойчивости хозяйств, позволяя гибко реагировать на текущие потребности производства [1].

Аддитивные технологии обладают значительным потенциалом для трансформации технического сервиса в агропромышленном комплексе. Они позволяют изготавливать детали сложной геометрии без необходимости в дорогостоящей оснастке, что особенно ценно для мелкосерийного производства. Оперативность реагирования на поломки становится реальностью: запчасти можно печатать «по требованию», минимизируя время простоя техники. Технология способствует снижению складских запасов благодаря переходу к концепции «цифровых складов», где хранятся не физические детали, а их 3D-модели. Кроме того, 3D-печать даёт возможность адаптировать конструкции под конкретные условия эксплуатации, учитывая особенности местных почв, климата и агротехнологий.

На практике наибольший спрос наблюдается на ряд типовых деталей, которые успешно изготавливаются с помощью 3D-печати. К ним относятся корпуса и крышки, выполняющие защитную функцию для различных узлов техники. Направляющие, фиксаторы и кронштейны также активно внедряются в производство, поскольку их геометрия часто требует индивидуального подхода. Кожухи, заглушки и уплотнители, обеспечивающие герметичность и защиту механизмов, удобно изготавливать локально, подстраивая размеры под конкретные агрегаты. Элементы системы охлаждения и вентиляции, такие как решётки и диффузоры, легко адаптируются под нужды конкретной машины. Держатели датчиков и проводки, необходимые для корректной работы электронных систем, также успешно печатаются на 3D-принтерах.

В сфере 3D-печати для АПК применяются различные технологии, каждая из которых имеет свои преимущества и ограничения. Наиболее доступным

вариантом для фермерских хозяйств является метод FDM (послойное наплавление), который использует термопласты, такие как PLA, ABS и PETG. Этот подход отличается относительной простотой и низкой стоимостью оборудования, что делает его оптимальным стартовым решением. Стереолитография (SLA) позволяет получать высокоточные детали из фотополимеров, что актуально для узлов, требующих строгой геометрии. Селективное лазерное спекание (SLS) обеспечивает более высокую прочность изделий, но требует дорогостоящего оборудования, поэтому применяется реже. Среди материалов особое место занимает PLA – экологичный и лёгкий в обработке, хотя чувствительный к высоким температурам. ABS отличается ударопрочностью и устойчивостью к маслам, что важно для деталей, работающих в агрессивной среде. PETG сочетает прочность и химическую стойкость, делая его универсальным выбором. Нейлон ценится за износостойкость и низкий коэффициент трения, что полезно для подвижных элементов. Выбор конкретного материала и технологии зависит от условий эксплуатации и уровня нагрузок, которые будет испытывать деталь.

Локальное производство запасных частей посредством 3D-печати демонстрирует ощутимую экономическую эффективность. Прежде всего, оно позволяет существенно снизить затраты на закупку запчастей – экономия достигает 40…70% по сравнению с приобретением оригинальных компонентов. Сокращение сроков ремонта становится ключевым преимуществом: если раньше ожидание поставки могло занимать недели, то теперь деталь можно напечатать за несколько часов, минимизируя простой техники [2]. Кроме того, хозяйства экономят на логистике и складских помещениях, поскольку отпадает необходимость хранить большие запасы физических деталей. Ещё один значимый аспект – возможность изготовления редких или устаревших деталей, снятых с производства, что продлевает срок службы устаревшего оборудования. Окупаемость базового FDM-принтера, стоимость которого начинается от 150 тысяч рублей, достигается за 6…12 месяцев при условии регулярной загрузки. Это делает инвестиции в 3D-печать экономически обоснованными даже для небольших фермерских хозяйств.

Список литературы

1. Цыпкина И.В. Обоснование способов восстановления деталей машин / И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее : Материалы XXIV Международной научно-производственной конференции. В 2 томах, Майский, 27-28 мая 2020 года. Том 1. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 83–84. – EDN JKSIMC.

2. Ковалев С.В. Инженерная этика и ее роль в профессиональном развитии / С.В. Ковалев, А.С. Новицкий, М.Г. Букат // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 17–18. – EDN FBLFUD.

УДК 631.3:004.9

AR-ОЧКИ ДЛЯ УДАЛЁННОЙ КОНСУЛЬТАЦИИ ПРИ РЕМОНТЕ

Заседов Б.А., Бондарев А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Современные агропредприятия сталкиваются с проблемой оперативного ремонта сложной сельхозтехники: дефицит квалифицированных специалистов, длительные сроки ожидания выезда экспертов и высокие затраты на командировки увеличивают простой оборудования. Технология дополненной реальности (AR) с использованием специализированных очков открывает новые возможности для удалённого технического обслуживания.

AR-очки – это носимое устройство с камерой, дисплеем, микрофонами и модулями связи (WiFi, Bluetooth). При проведении ремонтных работ оператор надевает очки и подключается к удалённому эксперту через специализированную платформу. Эксперт в режиме реального времени видит изображение с камеры очков и может взаимодействовать с оператором разными способами [1]. Он даёт голосовые инструкции, наносит виртуальные пометки прямо на изображение – например, рисует стрелки, круги или текстовые подсказки. Кроме того, эксперт выводит на дисплей оператора схемы, чертежи, инструкции или 3D-модели узлов, а также демонстрирует последовательность действий с помощью виртуальных анимаций.

При этом оператор сохраняет свободу рук и может сразу выполнять рекомендации, не отвлекаясь на изучение бумажных документов или экранов смартфонов. Такая схема взаимодействия существенно ускоряет процесс ремонта и снижает вероятность ошибок.

Применение AR-очков при ремонте сельхозтехники даёт ряд существенных преимуществ. Благодаря оперативному получению консультаций без ожидания приезда специалиста сокращается время простоя техники. Экономия на командировочных расходах и логистике достигается за счёт того, что эксперты могут находиться в любом регионе или даже стране.

Технология позволяет привлекать узкопрофильных специалистов для решения сложных задач без физического присутствия. Повышение точности ремонта обеспечивается визуальными подсказками и наложением цифровых инструкций на реальные объекты. Видеозапись сеанса может использоваться для обучения персонала и создания базы знаний, что формирует долгосрочный эффект от внедрения технологии.

Для реализации системы удалённой консультации необходимы AR-очки с достаточной степенью защиты от пыли, влаги и ударов – например, модели RealWear HMT-1/Z1 или аналогичные. Важно обеспечить защищённые каналы связи с высокой пропускной способностью для стабильной видеопередачи.

Специализированное программное обеспечение для удалённого взаимодействия должно включать функции аннотирования, обмена файлами и записи сессий. Для хранения и обработки данных используют серверную инфраструктуру

или облачные решения. У эксперта должен быть удобный интерфейс на базе ПК или планшета с инструментами разметки и передачи информации.

Важным аспектом является совместимость с существующими системами управления техническим обслуживанием и ремонтами (ТОиР) на агропредприятиях [2]. Это позволяет интегрировать AR-технологии в уже налаженные процессы без кардинальной перестройки рабочих процедур.

AR-очки находят применение на разных этапах технического обслуживания сельхозтехники. На этапе диагностики неисправностей эксперт помогает локализовать проблему по видео с места. Во время плановых ТО устройство предоставляет пошаговые инструкции по замене фильтров, масел, проверке узлов. При сложном ремонте очки служат руководством по разборке, замене компонентов и сборке агрегатов. В пусконаладочных работах технология обеспечивает контроль правильности монтажа и настройки оборудования.

Кроме того, AR-очки эффективны для обучения персонала: они позволяют демонстрировать типовые операции и разбирать ошибки на реальных примерах. Конкретные сценарии использования включают ремонт двигателей и КПП тракторов, настройку гидравлических систем комбайнов, обслуживание электронных систем точного земледелия и ремонт навесного оборудования [3].

Внедрение AR-очков окупается за счёт нескольких факторов. Прежде всего, сокращается время простоя техники – по данным промышленных кейсов, на 25…30%. Затраты на командировки экспертов снижаются до 80% благодаря удалённому формату консультаций. Количество ошибок при ремонте уменьшается на 20…40%, что напрямую влияет на надёжность и срок службы оборудования.

Качественный сервис продлевает срок эксплуатации техники, а возможность перераспределения квалифицированных кадров позволяет одному эксперту консультировать несколько бригад одновременно. Расчёты показывают, что окупаемость инвестиций в AR-решения для агропредприятий может составлять 1…2 года при регулярном использовании технологии.

Список литературы

1. Порицкий В.М. Мобилизация ТОиР на предприятиях агропромышленного комплекса / В.М. Порицкий, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 294. – EDN MIRUCU.

2. Снижение трудоемкости ТОиР колесных тракторов / А.С. Новицкий, А.В. Бондарев, М.И. Романченко, Е.С. Батырев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти д.т.н., профессора Вендина Сергея Владимировича, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 26–27. – EDN GLSOPL.

3. Лихолетов В.Н. Технический сервис сельскохозяйственной техники Германии и Швейцарии / В.Н. Лихолетов, М.И. Романченко // Материалы международной студенческой научной конференции, Белгород, 31 марта – 01 апреля 2015 года. Том 2. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2015. – С. 46. – EDN VUAOGD.

УДК 631.3:004.73

IOT-ДАТЧИКИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В АПК

Литвин Д.В., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В современных условиях агропромышленного комплекса цифровизация технического сервиса становится не просто трендом, а жизненной необходимостью [1]. Рост себестоимости производства, дефицит квалифицированных кадров и высокая цена простоев в сезонных работах требуют новых подходов к контролю состояния техники. В этом контексте IoT-датчики – устройства интернета вещей – открывают принципиально иные возможности: они обеспечивают мониторинг в режиме реального времени, позволяют прогнозировать отказы и оптимизировать эксплуатационные затраты.

Суть технологии заключается в установке сенсоров на ключевые узлы сельскохозяйственной техники. Эти датчики фиксируют широкий спектр параметров: температуру двигателя и гидравлических систем, уровень вибрации, давление в смазочных и топливных контурах, перегрузки при работе с навесным оборудованием, объёмы рабочих жидкостей. Дополнительно GPS/ГЛОНАСС-модули отслеживают местоположение машин, их маршруты и фактическое время работы. Собранные данные передаются по беспроводным сетям (LoRaWAN, NB-IoT, GSM) или через локальные протоколы (например, CAN-шину) в облачную платформу, где происходит их анализ и визуализация.

Практическое применение IoT-датчиков даёт ощутимые преимущества. Прежде всего, снижается количество простоев – по оценкам, на 25…40%, поскольку неисправности выявляются на ранних стадиях. Это напрямую влияет на сокращение затрат на внеплановые ремонты – экономия достигает 20…30%. Благодаря своевременной замене изношенных узлов ресурс агрегатов увеличивается на 15…25% [2]. Оптимизация режимов работы позволяет уменьшить расход ГСМ на 5…10%. Кроме того, автоматизация отчётности исключает человеческий фактор при учёте наработки, повышая достоверность данных.

Экономическая эффективность внедрения IoT-систем подтверждается практикой. Окупаемость инвестиций обычно достигается за 12…18 месяцев при интенсивной эксплуатации техники. Существенно снижаются затраты на диагностику, поскольку отпадает необходимость в регулярных ручных проверках. Минимизируются потери урожая из-за задержек в полевых работах. Кроме того, появляется возможность использовать модели лизинга техники с телеметрией, когда оплата рассчитывается исходя из фактического времени работы.

Вместе с тем внедрение IoT-технологий сопряжено с рядом технологических вызовов. Один из ключевых – помехи в беспроводной передаче данных на удалённых полях, где инфраструктура связи развита слабо. Ограниченный срок службы автономных датчиков требует регулярной замены батарей, что увеличивает операционные затраты. Актуальна и проблема кибербезопасности –

необходимо защищать данные от несанкционированного доступа. Возникают сложности с интеграцией датчиков в устаревшую технику, не оснащённую CAN-шиной. Наконец, высокая стоимость профессиональных сенсоров остаётся барьером для малых хозяйств.

Перспективы развития направления связаны с внедрением искусственного интеллекта для предиктивной аналитики. Алгоритмы ИИ позволяют прогнозировать остаточный ресурс узлов, выявляя скрытые тренды деградации. Перспективно использование дронов для доставки запасных датчиков к технике, работающей в поле. Технология edge-вычислений, предполагающая обработку данных непосредственно на борту машины, снижает нагрузку на сеть и ускоряет реакцию системы. Важным шагом станет стандартизация протоколов обмена данными между производителями техники, что упростит интеграцию разнородных устройств [3, 4]. Дополнительным стимулом могут стать государственные программы субсидирования IoT-модернизации АПК.

В заключение следует подчеркнуть, что IoT-датчики трансформируют сам подход к техническому сервису в АПК. Они позволяют перейти от планового технического обслуживания к модели «обслуживания по состоянию», когда работы проводятся не по графику, а исходя из реальных показателей износа. Это обеспечивает прозрачность эксплуатации техники и снижает эксплуатационные затраты, делая сельхозпредприятия более конкурентоспособными.

Список литературы

1. Лихолетов В.Н. Технический сервис сельскохозяйственной техники Германии и Швейцарии / В.Н. Лихолетов, М.И. Романченко // Материалы международной студенческой научной конференции, Белгород, 31 марта – 01 апреля 2015 года. Том 2. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2015. – С. 46. – EDN VUAOGD.

2. Романченко М.И. Транспорт в сельскохозяйственном производстве : Лекционный курс для студентов инженерного факультета специальности 11.03.01 «Механизация сельского хозяйства» / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2008. – 128 с. – EDN UIABYL.

3. Ковалев С.В. Инженерная этика и ее роль в профессиональном развитии / С.В. Ковалев, А.С. Новицкий, М.Г. Букат // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 17–18. – EDN FBLFUD.

4. Романченко М.И. Анализ мощностного баланса при качении колеса в ведущем режиме / М.И. Романченко // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 2 (26). – С. 86–94. – EDN PLHDAK.

УДК 681.3.06:621.7

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДЕФЕКТОВКИ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОБЛАКОВ ТОЧЕК

Бережная М.О., Бережная С.О., Бережная И.Ш.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Контроль технического состояния деталей и узлов является важнейшей задачей при проведении ремонтно-обслуживающих работ в агропромышленном комплексе. Традиционные методы дефектовки, основанные на визуальном осмотре и ручных измерениях, обладают существенными недостатками: субъективность оценок, высокая трудоемкость, значительные временные затраты и невозможность полного документирования результатов.

Развитие технологий трехмерного лазерного сканирования открывает новые возможности для автоматизации процессов контроля качества. Получаемые облака точек представляют собой цифровую копию исследуемого объекта и содержат детальную информацию о его геометрии. Однако обработка таких данных сопряжена с рядом сложностей, включая большой объем информации, наличие шумов и неравномерную плотность точек

Процесс начинается с получения облака точек - набора координат X, Y, Z, представляющих поверхность исследуемой детали. Эти координаты формируются при помощи специальных устройств – 3D-сканеров. После сбора данных облако точек подвергается обработке специализированным ПО, которое осуществляет ряд действий: фильтрация шумов и очистка от помех; преобразование облака точек в сеточную модель или полигональную сетку; вычисление нормалей поверхностей и идентификация областей с аномальным поведением; поиск критических зон отклонения геометрии от эталонной модели.

Такой подход позволяет автоматизировать процедуры визуальной проверки и существенно сократить временные затраты на диагностику изделий.

Алгоритм автоматизированной дефектации включает два основных этапа:

1. Предварительная обработка. Здесь осуществляется первичный анализ данных с целью очистки от шума и устранения искажений. Для этого применяются специальные фильтры, сглаживающие случайные отклонения и устраняющие артефакты измерений. Затем выполняется сегментация пространства, позволяющая разделить объект на отдельные зоны и определить характерные особенности каждого участка.

2. Идентификация дефектов. Этот этап предполагает сравнение фактической формы детали с заранее заданной моделью. Для идентификации дефектов используются статистические методы, позволяющие выявить локальные деформации, трещины, царапины и прочие дефекты.

Рассмотрим пример автоматизации диагностики состояния сельскохозяйственных машин. Оператор применяет 3D-сканирование деталей комбайнов, тракторов или сеялок, получая высокоточные цифровые модели ключевых узлов (например, шестерней трансмиссии). Затем специализированное ПО

автоматически выявляет трещины, износ поверхностей, повреждения зубьев и прочие дефекты. Анализ занимает минимум времени, позволяя оперативно выявлять неисправности и предотвращать поломки техники. Автоматизированные диагностические комплексы широко используются на ремонтных базах крупных аграрных предприятий, заводов-производителей сельхозтехники и специализированных сервисных центрах. Их внедрение способствует повышению надежности парка техники, снижению количества отказов в полевых условиях и сокращению затрат на ремонт и техническое обслуживание.

Автоматизация процесса дефектации деталей на основе анализа облаков точек открывает новые горизонты для индустрии. Она способствует повышению точности проверок, снижению трудозатрат и ускорению технологического процесса. Дальнейшее развитие технологии позволит интегрировать её в комплексные производственные системы управления качеством, повышая конкурентоспособность отечественных предприятий и укрепляя их позиции на мировом рынке.

Таким образом, технология автоматической дефектации на основе анализа облаков точек становится неотъемлемой частью современного промышленного производства, открывая широкие перспективы для дальнейшего роста и развития российского бизнеса.

Список литературы

1. Чехунов О.А. Перспективные направления модернизации доильных аппаратов / О.А. Чехунов, А.В. Асыка // Роль аграрной науки в развитии АПК РФ : материалы международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию ФГБОУ ВО Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, Воронеж, 01-02 ноября 2017 года. Том Часть 1. – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет, 2017. – С. 22–25. – EDN YVCCGR.

2. Восстановление работоспособности радиатора трактора «холодным» газодинамическим напылением / Ю.А. Кузнецов, В.В. Гончаренко, С.А. Денисьев [и др.] // Техника и оборудование для села. 2016. № 3. – С. 33–36. – EDN VPWKCT.

3. Пастухов А.Г. 3D-моделирование узлов технологического оборудования / А.Г. Пастухов, О.А. Шарая, И.Ш. Бережная // Достижения науки – агропромышленному производству : материалы LV международной научно-технической конференции, Челябинск, 27-29 января 2016 года / ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет». Том Часть 4. – Челябинск : Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2016. – С. 110–114. – EDN WXNOKR.

4. Слободюк А.П. Использование современных технологий при проектировании сельскохозяйственной техники / А.П. Слободюк // Проблемы и перспективы инновационного развития агроинженерии, энергоэффективности и IT-технологий : Материалы XVIII Международной научно-производственной конференции, Белгород, 26-27 мая 2014 года. – Белгород : Белгородская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Я. Горина, 2014. – С. 196. – EDN UBWPJH.

УДК 631.3:004.658

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЁТА РАБОТ ПО ТО ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ: ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ

Баянов Д.В., Цыпкина И.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В большинстве хозяйств данные учёта технического обслуживания зерноуборочных комбайнов по-прежнему фиксируются вручную – в бумажных журналах или примитивных электронных таблицах. Такой подход чреват ошибками, задержками в формировании отчётности и отсутствием оперативной информации о состоянии техники непосредственно в полевых условиях. Возникают сложности с анализом исторических данных для планирования ТО, что в итоге снижает эффективность технического сервиса в АПК. Автоматизация процессов учёта способна устранить эти недостатки, обеспечив прозрачность и оперативность управления техническим обслуживанием.

Автоматизированная система учёта ТО зерноуборочных комбайнов призвана обеспечить мгновенную фиксацию выполненных работ, контроль соблюдения регламентных сроков, прогнозирование потребности в запасных частях и расходных материалах, а также формирование развёрнутой аналитической отчётности.

Функциональная наполненность системы предполагает интеграцию нескольких взаимосвязанных модулей. Важнейшим компонентом является модуль ввода данных о выполненных работах с обязательной привязкой к конкретному комбайну и оператору [1]. Не менее значим календарный модуль с функцией напоминаний о плановых ТО. База данных запасных частей и расходных материалов обеспечивает учёт наличия и движения ресурсов. Для удобства работы в полевых условиях предусматривается специализированный интерфейс мобильного устройства механизатора, позволяющий оперативно фиксировать выполненные операции.

Внедрение автоматизированной системы приносит существенные преимущества в организацию технического сервиса. Оперативность обработки данных достигается за счёт мгновенной передачи информации в систему, что исключает временные задержки. Точность учёта повышается благодаря использованию шаблонов ввода и механизмов валидации данных, минимизирующих человеческий фактор. Прозрачность процессов обеспечивается универсальным доступом к актуальной информации для всех заинтересованных участников – от механизаторов до руководителей хозяйств. Аналитические возможности системы позволяют выявлять проблемные зоны, например, частое возникновение неисправностей определённых узлов, что создаёт предпосылки для оптимизации регламентов ТО. Прогностические функции дают возможность заблаговременно рассчитывать потребность в запасных частях на основе анализа истории технического обслуживания.

Практическое применение системы реализуется через ряд типовых сценариев. В полевых условиях механизатор использует мобильное приложение для фиксации выполненных операций, например замены моторного масла, сопровождая записи фотоотчётами [2]. В условиях мастерской специалист по ремонту вносит информацию о проведённом капитальном ремонте, используя функцию сканирования штрихкодов запасных частей. На уровне управленческого персонала агроменеджер формирует детализированные отчёты о выполнении ТО за определённый период, анализирует затраты по различным моделям комбайнов и принимает обоснованные управленческие решения.

Перспективы развития проекта открывают широкие возможности для дальнейшей цифровизации технического сервиса. Планируется интеграция с телематическими системами комбайнов, что позволит автоматически собирать данные о фактической наработке техники. Внедрение элементов искусственного интеллекта создаст предпосылки для прогнозирования потенциальных отказов на основе комплексного анализа истории технического обслуживания. Разработка специализированной веб-панели для поставщиков запасных частей обеспечит автоматизацию процесса формирования заказов. Масштабирование решения на другие виды сельскохозяйственной техники – тракторы, посевные и уборочные комплексы – позволит создать единую цифровую экосистему технического сервиса агропредприятия.

Таким образом, автоматизация учёта работ по техническому обслуживанию зерноуборочных комбайнов представляет собой важный этап цифровизации агропромышленного комплекса [3]. Предложенное программное решение способствует повышению достоверности и оперативности учётных данных, существенному сокращению издержек на обслуживание техники и формированию фундамента для перехода к предиктивному обслуживанию. Особенно актуальным внедрение подобной системы становится для крупных агрохолдингов, эксплуатирующих парк комбайнов численностью от 10 единиц, где эффект от цифровизации проявляется наиболее заметно.

Список литературы

1. Лихолетов В.Н. Технический сервис сельскохозяйственной техники Германии и Швейцарии / В.Н. Лихолетов, М.И. Романченко // Материалы международной студенческой научной конференции, Белгород, 31 марта – 01 апреля 2015 года. Том 2. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2015. – С. 46. – EDN VUAOGD.

2. Новицкий А.С. Обеспечение качества услуг на предприятиях технического сервиса / А.С. Новицкий, С.В. Ковалев, Е.С. Батырев // Инновационные решения в агроинженерии в XXI веке : Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 16 декабря 2020 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2021. – С. 84–89. – EDN VILCRV.

3. К вопросу восстановления работоспособности культиватора / И.В. Цыпкина, И.И. Титова, С.В. Ковалев, Е.С. Батырев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 54–55. – EDN OXSCRL.

УДК 629.113

АВТОМОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА ЗВУКОВОГО ОПОВЕЩЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННОЙ ТРАНСЛЯЦИИ

Лещенко Д.С., Бахарев Д.Н.
ФГБОУ ВО ЛГУ им. В. Даля, г. Луганск, Россия

Важным индикатором развития всех отраслей народного хозяйства является расширение номенклатуры применяемых машин, механизмов и специального оборудования [1]. Это требует новых технических решений, основанных на фундаментальных принципах машиностроения [2, 3].

В современных условиях развития автотракторных систем актуально применение автомобилей в качестве мобильной системы звукового оповещения и информационной трансляции. Особенно это важно в условиях чрезвычайных ситуаций, возникающих в отдаленных регионах, где отсутствует стационарная система оповещения населения. Разработка такой системы требует проведения всестороннего анализа существующей информационной базы для выявления прототипа и путей его совершенствования [4-6].

Проведенный системный анализ современных публикаций позволил сделать вывод, что в современных условиях автомобильные звуковые системы перестали быть исключительно средством воспроизведения музыки и превратился в важнейший элемент человеко-машинного интерфейса. Современный автомобиль использует звуковые каналы не только для повышения комфорта, но и для передачи критически важной информации, влияющей на безопасность движения, ориентацию водителя и взаимодействие с окружающей средой.

Ключевая идея проекта заключается в использовании существующей или специализированной автомобильной аудиосистемы в качестве универсального средства передачи служебной, навигационной и предупреждающей информации. Разрабатываемая система рассматривается не только как элемент безопасности, но и как часть современной концепции автозвука, где высокое качество звучания сочетается с функциональностью и информативностью. Таким образом, проект направлен на расширение роли автомобильной аудиосистемы, превращая её из пассивного источника развлечений в активный инструмент оповещения, информационной поддержки и повышения безопасности дорожного движения.

Разрабатываемая автомобильная система звукового оповещения и информационной трансляции может быть использована для тестирования акустических характеристик (мобильная испытательная лаборатория); презентации нового звукового оборудования; образовательных и исследовательских проектов; проведения массовых мероприятий (уличные концерты и музыкальные фестивали, спортивные соревнования, образовательные мероприятия); информационной трансляции для большой аудитории (объявления, голосовые инструкции); экстренного и оперативного оповещения (применение в оперативных мероприятиях

служб МВД и МЧС); оперативной трансляции информации без стационарной инфраструктуры.

Разрабатываемая автомобильная система звукового оповещения и информационной трансляции должна обеспечивать высокую громкость звука, хорошую разборчивость разговорной речи, гибкие настройки, возможность модернизации, эффектную демонстрацию технических и конструктивных возможностей.

Большим достоинством предлагаемой системы является ее адаптация для применения на легковых автомобилях. В России наиболее широкое применение получили легковые автомобили линейки «Лада», производимые автомобилестроительной компанией «АвтоВАЗ». Следовательно, система звукового оповещения и информационной трансляции должна разрабатываться такой, чтобы эффективно монтироваться в любой автомобиль линейки «Лада». Особое внимание необходимо уделить российскому автомобилю повышенной проходимости «Лада Нива Travel».

Разработка автомобильной системы звукового оповещения и информационной трансляции – перспективная научно-техническая задача для отечественных производителей специальных звуковых систем широкого спектра применения.

Список литературы

1. Жалнин Э.В. Аксиоматизация земледельческой механики как методология научно-исследовательской деятельности: учебник / Э.В. Жалнин, А.Г. Пастухов, Д.Н. Бахарев. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. – 262 с. EDN QRXASA.

2. Технологии рационального природопользования на транспорте / Л.А. Губачева, Д.Ю. Чижевская, И.В. Макарова, А.А. Андреев // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2020. Т. 1, № 5. – С. 123–129. DOI 10.23885/2500-395X-2020-1-5-123-129. EDN XKSZSR.

3. Технико-экономические подходы к усовершенствованию системы технического обслуживания и ремонта автобусов / Т.Н. Замота, С.А. Сметана, О.Н. Замота, Е.Т. Авдеева // Научный вестник Луганского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (17). – С. 314–321. EDN MIWUKT.

4. Оборудование и эксплуатация нефтебаз и автозаправочных станций / А.А. Добрицкий, А.В. Бондарев, Д.Н. Бахарев [и др.]. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2021. – 227 с. EDN IXVQAQ.

5. Совершенствование газогенератора, вырабатывающего газообразное топливо для ДВС / Г.И. Нечаев, Д.Ю. Чижевская, Ю.Н. Никитин, Л.Я. Будиков // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. 2022. № 7 (61). – С. 111–116. EDN WTWYUM.

6. Тимашов Е.П. Термометрическая диагностика карданного шарнира привода жатки CERIO 770 / Е.П. Тимашов, А.П. Тимашов, А.А. Миненко // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 2 (26). – С. 94–105. EDN ZUZZSY.

УДК 631.3:631.4

АДАПТАЦИЯ ТЕХНИКИ К ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Рыбенцев Г.Ю., Романченко М.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Белгородская область занимает важное место в аграрном секторе России, однако эффективность работы сельхозтехники здесь существенно зависит от местных почвенно-климатических особенностей. Разнообразие почв – от плодородных чернозёмов до песчаных участков, волнисто-равнинный рельеф с уклонами и оврагами, а также умеренно континентальный климат с сезонными перепадами температур и осадков – создают специфические условия эксплуатации [1]. Без учёта этих факторов техника работает с повышенной нагрузкой, ускоряется износ узлов, растут затраты на ремонт и простои. Поэтому адаптация парка машин к региональным особенностям становится ключевым фактором повышения производительности и экономической устойчивости хозяйств.

Климат Белгородской области относится к умеренно континентальному типу с чётко выраженной сезонностью. Зимние месяцы характеризуются средними температурами в диапазоне −8…−10°C, летние – +19…+21°C. Годовое количество осадков составляет 500…600 мм, причём пик выпадает на летний период. Весенние паводки и осенние дожди значительно повышают влажность почвы, что напрямую влияет на проходимость техники и сроки проведения полевых работ.

Почвенный покров региона отличается разнообразием. Преобладают чернозёмы – выщелоченные, типичные и обыкновенные. Они обладают высокой плодородностью, но при переувлажнении склонны к налипанию на рабочие органы машин, что ухудшает качество обработки и увеличивает нагрузку на двигатель. Кроме того, в области встречаются серые лесные и песчаные почвы. Песчаные участки имеют низкую несущую способность, что создаёт риски пробуксовки и застревания тяжёлой техники.

Рельеф местности преимущественно волнисто-равнинный, с уклонами до 5…10°, а также участками овражно-балочной сети. Это предъявляет особые требования к устойчивости машин: необходимо учитывать риски опрокидывания на склонах и сложности маневрирования на размытых грунтовых дорогах.

Работа сельхозтехники в Белгородской области сопряжена с рядом специфических трудностей. На влажных чернозёмах наблюдается налипание почвы на рабочие органы – культиваторы, сеялки и бороны. Это не только снижает качество обработки, но и приводит к перерасходу топлива и ускоренному износу деталей.

Низкая несущая способность песчаных и переувлажнённых почв провоцирует пробуксовку колёс и гусениц, а в худших случаях – застревание машин. Абразивные частицы песка усиливают износ рабочих поверхностей, особенно в условиях повышенной запылённости.

На склонах и в овражистых зонах возникают сложности с маневрированием. Техника должна обладать достаточной устойчивостью, чтобы избежать опрокидывания, а механизаторы – соблюдать особую осторожность при движении по неровному рельефу.

Для минимизации негативного влияния почвенно-климатических факторов применяются различные технические решения. Один из ключевых подходов – модификация ходовой части: увеличение ширины гусениц или шин низкого давления снижает давление на почву, а использование сдвоенных колёс на тракторах повышает проходимость на слабых грунтах.

Рабочие органы машин защищают с помощью износостойких покрытий – керамических или полимерных [2]. Это особенно актуально для лезвий культиваторов и сошников сеялок, контактирующих с абразивными почвами. Дополнительно устанавливают системы самоочистки, которые предотвращают налипание влажной земли.

Системы охлаждения модернизируют для работы в условиях повышенных температур: усиливают радиаторы и вентиляторы, чтобы избежать перегрева двигателя. Для защиты от коррозии применяют специальные составы, покрывающие рамы, баки и трубопроводы, что продлевает срок их службы.

На склонах используют противоопрокидывающие устройства и системы контроля устойчивости, которые снижают риски аварий. Гидравлические системы адаптируют к сезонным изменениям: зимой применяют масла с низкой температурой застывания, летом – более вязкие составы, обеспечивающие надёжную работу узлов.

Адаптация сельхозтехники к условиям Белгородской области – комплексная задача, требующая сочетания инженерных решений и агротехнологических приёмов. Успех зависит от нескольких ключевых факторов. Прежде всего, необходим детальный анализ почвенно-климатических особенностей конкретного хозяйства: тип почв, рельеф, климатические риски и сезонность работ. Далее важно выбрать экономически обоснованные методы модернизации техники, оценивая окупаемость инвестиций и долгосрочную выгоду.

Список литературы

1. Совершенствование процесса сева зерновых комбинированным сошником на базе стрельчатой лапы / А.С. Новицкий, Е.С. Батырев, И.В. Цыпкина, Е.С. Белякова // Инновационные технологии: опыт, проблемы, перспективы развития, Тверь, 25 октября 2023 года. – Тверь : Тверская государственная сельскохозяйственная академия, 2023. – С. 143–146. – EDN NSEPCM.

2. Порицкий В.М. Мобилизация ТОиР на предприятиях агропромышленного комплекса / В.М. Порицкий, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 294. – EDN MIRUCU.

УДК 631.3(075.8)

АКТУАЛЬНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ХОДОВОЙ ЧАСТИ АВТОТРАКТОРНОЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Анкунда Д.С., Ковалев С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Одной из составляющих частей суверенитета государства является его экономическая независимость. Военно-промышленный комплекс, сельскохозяйственное производство и сфера обслуживания служат ее основным стратегическим фундаментом.

Особое место отведено агропромышленному комплексу как гаранту продовольственной безопасности для стабильного развития общества [1]. Поставленная перед Правительство Российской Федерации и Министерством сельского хозяйства задача по увеличению производства продукции растениеводства и животноводства, удвоению экспорта продукции в ее переработанном, а не сырьевом виде возможен невозможна без масштабного использования современных технологических процессов, обслуживаемых высокопроизводительной сельскохозяйственной техникой, которая конструктивно усложняется системами контроля, анализа и принятия решений в системе управления [2].

Эксплуатация сложной сельскохозяйственной техники подразумевает как возникновение отказов, так и многократное их устранение [3]. Инженерно-техническая служба агропредприятий поддерживает ее в работоспособном (исправном состоянии). Такой подход позволяет насытить качественно и количественно машинно-тракторный парк для выполнения глобальных стратегических задач.

В современных геополитических условиях с учетом насыщенности сельскохозяйственного производства техникой зарубежного производства наиболее остро стоит вопрос ее обеспечения запасными частями и расходными материалами в нужном количестве в кратчайшие сроки с минимальной стоимостью. Невыполнение этих условий выступает существенным фактором снижения технической готовности парка машин [4]. Это ведет к нарушению агросроков работ и резкому снижению производства сырья для производства продуктов питания.

Расширение производства новых запасных частей сопряжено с ростом материальных затрат и использование дополнительных трудовых ресурсов, резервы которых ограничены.

Перспективой в решении задачи обеспечения запасными частями является восстановление изношенных деталей с использованием остаточного ресурса. Около 75% деталей, выбраковываемых при первом капитальном ремонте, сохраняют ремонтопригодность. При этом факты говорят, что большинство выбракованных по износу деталей теряет лишь 1-2% исходной массы. С позиции материалоёмкости ремонт экономически оправдан благодаря возможности повторного использования годных деталей и предельно изношенных деталей после восстановления. Их восстановление обеспечивает существенное экономические

преимущества – сокращение сроков ремонта; снижение затрат на металл и прочие материалы (в сравнении с изготовлением новых машин).

На примере ступицы передних колес ходовой части колесного трактора характерными дефектами являются: нарушение сплошности – обломы, трещины, забоины; отклонение линейных размеров от номинальных – износ отверстия под наружные кольца наружного и внутреннего подшипников; отклонение линейных размеров и формы – износ отверстий под болты крепления колеса.

Приборное обеспечение для проведения контрольно-измерительных манипуляций следующее [5]. Обломы, трещины, забоины контролируют визуально при хорошем местном освещении с использованием лупы 5х. Износ отверстия под наружное кольцо наружного подшипника и износ отверстия под наружное кольцо внутреннего подшипника контролируют при помощи калибр-пробок НЕ 71,99 и НЕ 61,99 ГОСТ 2015-84 или индикаторным нутромером НИ 50-100-1 ГОСТ 868-82; износ отверстий под болты крепления колеса контролируют калибр-пробкой НЕ 10-18-1 ГОСТ 868-82.

Таким образом, вторичное использование и восстановление изношенных деталей является эффективной альтернативой обеспечения запасными частями техники для обеспечения ее работоспособности. При этом снижаются материальные и трудовые затраты; сокращаются сроки ремонта; повышается ресурс отремонтированных узлов за счёт современных технологий восстановления.

Список литературы

1. Слободюк А.П. Причины отказов рабочего органа дискатора / А.П. Слободюк, С.В. Стребков // Научное обозрение. 2014. № 4. – С. 26–33.

2. Пастухов А.Г. Экспериментальные исследования режимов электромеханического упрочнения детали типа «плунжер» / А.Г. Пастухов, О.А. Шарая, И.Ш. Бережная // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 129. – С. 148–157. – EDN ZTMFAX.

3. Economic evaluation of recovery of parts of foreign equipment by gas-dynamic spraying / S. Strebkov, A. Turyanskiy, A. Bondarev, A. Slobodyuk // Engineering for Rural Development : Proceedings, Jelgava, 23-25 мая 2018 года. Vol. 17. – Jelgava : Latvia University of Agriculture, 2018. – P. 1336–1345. – DOI 10.22616/ERDev2018.17.N130.

4. Лабораторный практикум по технологии ремонта машин. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2018. – 87 с.

5. Strebkov S. Restoration of the working body of the John Deere 512 disk ripperwith multilayer front surfacing / S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev // Engineering for Rural Development : 19, Jelgava, 20-22 мая 2020 года. – Jelgava, 2020. – P. 102–106. – DOI 10.22616/ERDev.2020.19.TF023.

УДК 62-519.2

АЛГОРИТМ РАБОТЫ ИИ-СИСТЕМЫ ПРИ ПОИСКЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТЕХНИКИ В АПК

Косьяненко Р.И., Сахнов А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Процесс диагностики с использованием искусственного интеллекта представляет собой последовательность взаимосвязанных этапов. На первом этапе осуществляется сбор данных: система непрерывно мониторит параметры техники через датчики и бортовые системы, фиксируя значения температуры, давления, вибрации и других ключевых показателей. Затем следует предварительная обработка: данные фильтруются от шумов, нормализуются и синхронизируются между различными источниками, чтобы обеспечить их сопоставимость [1]. На третьем этапе система анализирует данные на предмет аномалий, выявляя отклонения от нормальных значений с помощью обученных моделей. После этого происходит классификация неисправностей – ИИ определяет тип дефекта, сопоставляя выявленные паттерны с шаблонами из базы знаний. Далее система переходит к прогнозированию: на основе текущих данных и исторических сведений рассчитывается вероятность отказа и оценивается остаточный ресурс узла. На шестом этапе формируется отчёт, где результаты анализа визуализируются в виде тепловых карт, графиков или текстовых рекомендаций, понятных для персонала. Наконец, данные интегрируются в систему управления техническим обслуживанием (CMMS), что позволяет автоматически планировать ремонтные работы и закупки запчастей.

Ключевым элементом алгоритма является механизм обратной связи. После проведения ремонта система фиксирует результат: удалось ли устранить дефект, насколько точными оказались прогнозы. Эти сведения включаются в обучающую выборку, что повышает точность будущих предсказаний [2]. Таким образом, ИИ-система постоянно совершенствуется, адаптируясь к особенностям эксплуатации техники в конкретном хозяйстве.

Внедрение ИИ-диагностики приносит ощутимую экономическую выгоду для агропромышленных предприятий. Прежде всего, снижается количество простоев техники на 30…50% благодаря раннему выявлению дефектов: система предупреждает о потенциальных отказах до того, как они приведут к остановке работы. Это, в свою очередь, сокращает затраты на внеплановые ремонты на 20…40%, поскольку устранение проблемы на ранней стадии обходится значительно дешевле, чем ликвидация последствий аварии. Оптимизация запасов запчастей также становится возможной: заказы формируются на основе точных прогнозов, исключая избыточные закупки и минимизируя складские издержки [3]. Кроме того, благодаря более точному планированию ТО увеличиваются межремонтные интервалы на 15-25%, что продлевает срок службы техники и снижает общую стоимость её владения. Наконец, автоматизация рутинных проверок

позволяет сократить расходы на персонал, перераспределив трудовые ресурсы на более сложные задачи.

Окупаемость инвестиций в ИИ-решения (стоимость базовой системы начинается от 500 тысяч рублей) достигается за 1,5…3 года при условии охвата 50…100 единиц техники. Для крупных агрохолдингов эффект масштабируется: чем больше машин подключено к системе, тем выше суммарная экономия за счёт снижения простоев и оптимизации сервисных процессов.

Практика показывает, что ИИ-диагностика уже успешно применяется в различных регионах России, демонстрируя реальную пользу для хозяйств. В агрохолдингах Сибири ИИ-системы анализируют данные с датчиков комбайнов, прогнозируя износ подшипников и редукторов. Благодаря этому число аварийных остановок в уборочную кампанию сократилось на 40 %, что позволило избежать потерь урожая и сэкономить средства на срочные ремонты.

На фермах Центрального региона нейросети используются для распознавания трещин на корпусах тракторов по фотографиям, полученным с беспилотников. Точность диагностики достигла 85 %, что снизило затраты на капитальный ремонт и продлило срок службы машин.

Эти примеры подтверждают, что ИИ-диагностика не является абстрактной инновацией – она уже приносит измеримые результаты, помогая хозяйствам повышать эффективность технического сервиса и снижать издержки.

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение искусственного интеллекта в диагностику сельхозтехники сталкивается с рядом существенных барьеров. Одним из главных ограничений является высокая стоимость решений: приобретение необходимого оборудования (серверов, датчиков), лицензий на ПО и услуг по внедрению требует значительных инвестиций, что затрудняет доступ малых и средних хозяйств к технологии. Дефицит квалифицированных специалистов также создаёт проблемы: для работы с ИИ-системами нужны дата-аналитики и инженеры, обладающие знаниями в области машинного обучения, которых пока недостаточно на рынке труда.

Список литературы

1. Порицкий В.М. Мобилизация ТОиР на предприятиях агропромышленного комплекса / В.М. Порицкий, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 294. – EDN MIRUCU.

2. Снижение трудоемкости ТОиР колесных тракторов / А.С. Новицкий, А.В. Бондарев, М.И. Романченко, Е.С. Батырев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти д.т.н., профессора Вендина Сергея Владимировича, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 26–27. – EDN GLSOPL.

3. Цыпкина И.В. Обоснование способов восстановления деталей машин / И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее : Материалы XXIV Международной научно-производственной конференции. В 2 томах, Майский, 27-28 мая 2020 года. Том 1. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 83–84. – EDN JKSIMC.

УДК 631.3

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Леонтьев А.С., Терентьев В.В.
ФГБОУ ВО Рязанский ГАТУ, г. Рязань, Россия

Загрязнители на поверхностях сельскохозяйственной техники делятся на три основные категории: органические, неорганические и смешанные. Органические загрязнители включают масла, смазки, воски, смолы и биологические остатки, образующиеся при обработке, обработке и хранении. Неорганические загрязнители состоят из металлических частиц, оксидов, солей и абразивных соединений, полученных в производственных условиях. Смешанное загрязнение сочетает оба типа и требует многоступенчатых методов очистки.

Загрязнение частицами варьируется от видимого мусора (>50 мкм) до микроскопических частиц (<1 мкм). Загрязнение пленкой создает поверхностные слои молекулярного уровня, которые изменяют свойства адгезии и электрическую проводимость. Источник загрязнения определяет подходящую технологию удаления.

Абразивная очистка использует различные твердые материалы (песок, стеклянные шарики, оксид алюминия, пластик), направленные на загрязнённые поверхности. Размер частиц, твёрдость и давление взрыва определяют агрессивность и качество очистки. Данная технология очистки эффективна для удаления крупных загрязнений с прочными адгезионными характеристиками.

Ультразвуковая очистка создает кавитационные пузырьки через высокочастотные звуковые волны (20…400 кГц) в жидких средах. Схлопывание пузырьков создает локализованные волны давления, которые вытесняют загрязнители из сложных геометрий, глухих отверстий и щелей. Низкие частоты обеспечивают агрессивную очистку, а более высокие частоты подходят для деликатных компонентов. Эффективность зависит от выбора частоты, температуры раствора и времени экспозиции.

Мойка под высоким давлением подает воду или чистящие растворы при температуре 100…3000 бар для удаления сильно-связанных загрязнений. Эффективно для крупных узлов и наружных поверхностей, но при чрезмерном давлении воды существует риск повреждения очищаемой поверхности.

Очистка с применением химического растворителя удаляет органические загрязнители посредством молекулярного взаимодействия. Углеводородные растворители эффективно удаляют масла и жиры. Хлорированные растворители обеспечивают быстрое обезжиривание, но сталкиваются с экологическими ограничениями. Биорастворители обеспечивают сниженную токсичность с разной эффективностью очистки. Выбор растворителя требует согласования полярности с типом загрязнения. Щелочные очистители (pH 9-14) сапонируют масла и эмульгируют смазки. Кислые очистители (pH 1-6) удаляют оксиды, насыпь и

минеральные отложения. Нейтральные чистящие средства подходят для чувствительных субстратов. Повышение температуры ускоряет кинетику реакции.

Термическое обезжиривание испаряет органические загрязнители за счёт контролируемого нагрева. Печи с выгоранием (300-500°C) удаляют масла и органические остатки из термостойких компонентов. Пиролиз устраняет углеродные отложения при повышенных температурах. Контроль атмосферы предотвращает окисление чувствительных материалов.

Криогенная очистка использует сухие ледяные гранулы или жидкий азот на загрязнённых поверхностях. Термический шок и механические воздействия удаляют загрязнения. Гранулы сублимируются, не оставляя вторичных налетов. Криогенная очистка эффективна для покрытий, клеев и производственных остатков без абразивных повреждений.

Электрохимическая очистка применяет электрический потенциал в электролитных растворах для контролируемой модификации поверхности. Анодная очистка окисляет и удаляет металлические загрязнения. Катодная очистка обеспечивает выработку водорода для механической очистки. Методы обратного импульса оптимизируют равномерность очистки.

При выборе метода очистки следует учитывать следующие показатели: тип загрязнения и прочность на адгезию, материал и геометрию очищаемой поверхности, требования к чистоте, объему и производительности процесса, экологические ограничения, а также общие эксплуатационные затраты.

Список литературы

1. Плют А.С., Бондарев А.В. Мойка и очистка машин // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной научной конференции. Том 4. – Майский, 2023. – С. 303.

2. Селютин А.А., Бондарев А.В. О технологии уборочно-моечных работ // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VII Международной студенческой научной конференции. – Майский, 2025. – С. 330.

3. Абаньшин В.Ю., Бондарев А.В. Технология мойки деталей при ремонте техники // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VII Международной студенческой научной конференции. Майский, 2025. – С. 129-130.

4. Совершенствование технологии мойки деталей при ремонте техники / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, С.В. Стребков [и др.] // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский, 2023. – С. 51–54.

5. Теоретическое исследование технологии мойки сельскохозяйственной техники вращающимися струями / А.В. Кирилин, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев [и др.] // Наука в центральной России. 2019. № 5 (41). – С. 49–60.

6. Забара К.А., Терентьев В.В., Киселев В.А. Совершенствование технологического процесса подготовки техники к хранению // Вестник РГАТУ. 2024. Т. 16, № 1. – С. 101–113. – DOI 10.36508/RSATU.2024.62.60.014.

УДК 665.75

АНАЛИЗ СПОСОБОВ УЛУЧШЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Давыдова Х.Ю., Гужин И.Н.
ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, г. Кинель, Россия

Дизельное топливо – это жидкий нефтепродукт, состоящий из смеси углеводородов, которые получают в основном методом атмосферной перегонки нефти и вторичных процессов переработки нефти.

Основные эксплуатационные показатели дизельного топлива:

- Цетановое число – определяет мощностные и экономические показатели двигателя;
- Фракционный состав – влияет на полноту сгорания топлива, дымность, и токсичность выхлопных газов двигателя;
- Вязкость и плотность – обеспечивают нормальную подачу топлива, распыливания в камере сгорания и работоспособность системы фильтрования;
- Низкотемпературные свойства – характеризуют подвижность топлива при отрицательной температуре;
- Температура вспышки – определяет условия безопасного применения топлива в двигателях, чем она выше, тем меньше вероятность случайного возгорания топлива;
- Массовая доля серы – определяет образование нагара, коррозию и износ дизельного двигателя.

Низкотемпературные свойства дизельного топлива характеризуются температурой помутнения, температурой застывания и предельной температурой фильтруемости.

Нефтеперерабатывающая отрасль нашей страны в основном производит летние сорта дизельного топлива. Для улучшения низкотемпературных свойств в дизельное топливо добавляют авиационный керосин и депрессорные присадки.

Применение депрессорных присадок, с целью улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив, намного экономичнее, получения зимних топлив.

Механизм действия депрессорных присадок следующий. При понижении температуры дизельное топливо сначала мутнеет, но при этом проходит через фильтр. При дальнейшем уменьшении (на 10…15 градусов), в нём образуются сгустки парафинового геля. При вводе в горючее антигеля его молекулы обволакивают поверхности микрокристаллов парафинов на ранней стадии их формирования, не позволяя укрупняться сгусткам до фракций более 3…5 мкм. Эти мелкие частицы не блокируют топливный фильтр тонкой очистки.

Эффективность депрессорных присадок характеризуется предельной температурой фильтрации – основной характеристикой дизельного топлива в соответствии с действующим стандартом. Значения температуры помутнения, и

температуры застывания являются устаревшими показателями и не отражают возможность применения топлива с депрессорными присадками в холодное время года. Депрессоры не разрушают парафины, а останавливают их рост. Если размеры кристаллов в топливе уже достигли больших размеров, то применяются депрессорно-диспергирующие присадки. Входящие в них диспергаторы дробят крупные соединения, а депрессоры останавливают рост полученных образований.

В настоящее время исследуются депрессорные присадки на основе полимерных композиций. Это депрессорные присадки – полиалкилметакрилат (ПАМА) и высокомолекулярный сульфонат натрия (СНВМ), модифицированные формы атактического полипропилена (АПП) различной степени окисления (НОАПП – низкоокисленный атактического полипропилен, СОАПП – среднеокисленный атактического полипропилен, ВОАП – высокоокисленный атактического полипропилен). Все полимеры вводятся в дизельное топливо в виде толуольных растворов при концентрации около 0,05% в топливе.

Популярные марки и производители депрессорных присадок (антигелей):

1. Liqui Moly Diesel Fliess-Fit: Повышает фильтруемость на 10°C, требует предварительного подогрева.
2. Hi-Gear Diesel Antigel: Эффективен в условиях холодного климата, снижает застывание летнего топлива до -39°C, зимнего – до -51°C.
3. ASTROhim Antigel: Адаптирован к РФ, обеспечивает запуск до -57°C, подходит для систем Common Rail.
4. Shell Diesel Depresser: Снижает температуру застывания примерно на 7°C.
5. LAVR: Популярный отечественный производитель антигелей.

Список литературы

1. Рябиков И.А. Применение биотоплива в дизельных двигателях внутреннего сгорания / И.А. Рябиков, Ю.Н. Рыжов, А.С. Новицкий // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXIX Международной научно-производственной конференции, Майский, 21-22 мая 2025 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – С. 165–166. – EDN YZNLWR.

2. Анализ способов снижения вязкости биодизеля / И.А. Рябиков, А.В. Трудко, Ю.Н. Рыжов, А.С. Новицкий // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXIX Международной научно-производственной конференции, Майский, 21-22 мая 2025 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – С. 167–168. – EDN EIHFYP.

3. Гужин И.Н. Влияние депрессорных присадок на низкотемпературные свойства дизельного топлива / И.Н. Гужин // Достижения науки агропромышленному комплексу : сборник научных трудов, Усть-Кинельский, 05 декабря 2013 года. – Усть-Кинельский : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2014.

УДК 621.791.05

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УСАДКУ ПЛАСТИКОВ ПРИ FDM-ПЕЧАТИ

Михайлов Ю.В, Бережная И.Ш.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Формовочная аддитивная технология FDM (Fused Deposition Modeling) получила широкое распространение благодаря простоте реализации и доступности оборудования. Тем не менее, одним из существенных недостатков FDM-печати остаётся явление усадки пластмассового материала, возникающее вследствие различия коэффициентов линейного расширения различных слоёв материала и неравномерности охлаждения. Усадка оказывает значительное влияние на конечные характеристики напечатанной детали, приводя к деформации и уменьшению прочности готовых изделий.

Исследование проводилось на основании экспериментальных замеров образцов различной толщины и структуры. Использовались стандартные образцы кубической формы размером 20×20×20 мм, напечатанные различными видами филаментов: PLA, ABS, PET-G и Nylon.

Каждый образец подвергался исследованию в следующих режимах:

Скорость подачи нити: 50 мм/с, 100 мм/с, 150 мм/с.

Температура плавления: минимальная рекомендованная производителем, средняя и максимальная.

Толщина слоя: 0,1 мм, 0,2 мм, 0,3 мм.

После завершения печати проводился замер габаритных размеров образца и вычислялась величина усадки в процентах от номинального значения.

Эксперимент показал следующую зависимость величины усадки от выбранных параметров печати: скорость подачи (увеличение скорости приводит к увеличению усадки ввиду недостаточной кристаллизации материала внутри слоев, оптимальная скорость составила около 100 мм/с); температура плавления (повышение температуры увеличивает усадку из-за повышенной вязкости материала, рекомендуемая температура соответствует средней заявленной производителем значению); толщина слоя (уменьшение толщины уменьшает усадку, так как мелкие слои лучше стабилизируются и равномерно охлаждаются, толщина слоя 0,1 мм показала наилучшие результаты).

Кроме того, было установлено, что наибольшей усадкой обладают ABS и Nylon, что связано с их высоким коэффициентом теплового расширения и способностью поглощать влагу из окружающей среды.

Основными факторами, влияющими на величину усадки, являются: коэффициент теплового расширения материала; степень ориентации молекул внутри материала; вязкость расплава при формировании слоя; скорость затвердевания слоя после выхода из экструдера.

PLA проявляет наименьшую усадку благодаря низкой температуре стеклования и низкому коэффициенту линейного расширения. PET-G также

демонстрирует хорошие показатели стабильности, но уступает PLA в плане механических свойств.

ABS характеризуется большей прочностью, но его усадка составляет примерно 0,7%, что негативно влияет на точность деталей. Nylon отличается высокой степенью гигроскопичности, что дополнительно усиливает процессы усадки.

Для снижения величины усадки рекомендуется соблюдать следующие рекомендации: поддерживать стабильную температуру помещения и избегать резких колебаний влажности воздуха; осуществлять печать в закрытом объёме для равномерного распределения тепла вокруг изделия; применять минимальный диаметр сопла и тонкие слои для уменьшения разницы в толщинах слоёв; проводить дополнительную постобработку деталей, такую как покрытие защитными лаками или нанесение водоотталкивающих покрытий.

Проведённое исследование показало, что важнейшими параметрами, влияющими на величину усадки при FDM-печати, являются скорость подачи материала, температура плавления и толщина слоя. Выбор оптимального сочетания указанных параметров позволяет добиться минимально возможной усадки и гарантировать стабильность качества распечатываемых деталей.

Полученные выводы представляют интерес для специалистов, занимающихся разработкой новых материалов и усовершенствованием существующих технологий FDM-печати. Настоящая работа также служит отправной точкой для дальнейших исследований, направленных на улучшение качества аддитивных технологий и расширение сферы их применения в промышленном производстве.

Список литературы

1. Бондарев А.В. К вопросу увеличения ресурса рабочих органов посевных и почвообрабатывающих машин / А.В. Бондарев, М.И. Романченко, А.С. Новицкий // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти д.т.н., профессора Вендина Сергея Владимировича, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 10–11. – EDN ETSLGN.

2. Стребков С.В. Особенности восстановления деталей сельскохозяйственной техники / С.В. Стребков, А.П. Слободюк // Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы : Материалы XXII международной научно-производственной конференции, Майский, 28-29 мая 2018 года. Том 1. – Майский : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2018. – С. 236–238. – EDN XSZNXF.

3. Бережная И.Ш. Особенности применения аддитивных технологий / И.Ш. Бережная // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти д.т.н., профессора Вендина Сергея Владимировича, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 8–9. – EDN BCTQSH.

УДК 629.1.02

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕЗВОЗДУШНЫХ ШИН ДЛЯ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Дудников В.Е., Бахарев Д.Н.
ФГБОУ ВО ЛГУ им. В. Даля, г. Луганск, Россия

Современные транспортные технологии позволяют создавать автомобили повышенной проходимости [1]. При этом накачиваемые воздухом шины постепенно теряют свою актуальность, поскольку выходят из строя при движении по каменистой почве, растениям с острыми и прочными шипами и т.д. Работы по повышению проходимости автомобилей путем отхода от накачиваемых шин первоначально шли по пути расширения возможности гусеничных движителей. Например, еще в СССР создавались автомобили: ГАЗ-60П, ГАЗ-ММ, ГАЗ-СХ Строева, ГАЗ-СХ Рубцова (колесно-гусеничные вездеходы), ГАЗ-22(Т22) (гусеничный тягач) и т.д. [2, 3].

Однако высокие требования к скорости движения автомобилей не позволяют полностью отказаться от колесных движителей. Здесь, возникает необходимость в переходе к безвоздушной концепции шин.

В настоящее время производятся следующие марки безвоздушных шин: Michelin X Tweel UTV / ATV Airless Tires, Polaris Terrain Armor, Resilient Technologies Airless Tire, Goodyear Airless Tire, Hankook i-Flex и др. Общей особенностью этих шин является то, что их внешний обод выполнен из резины на основе синтетического каучука, а внутренние спицы (структурированный наполнитель) из полиуретана или специального композита.

Проведенный анализ существующей информации показал, что изучение и разработка безвоздушных шин является перспективным направлением в области транспортных технологий, поскольку такие шины способны повысить безопасность эксплуатации транспорта, снизить затраты на обслуживание, увеличить долговечность колес и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду [4, 5].

Цель изучения безвоздушных шин заключается в анализе их конструкции, материалов, эксплуатационных характеристик и областей применения. Важно оценить их преимущества и недостатки по сравнению с традиционными шинами, рассчитать экономическую эффективность внедрения и выявить направления для дальнейшего совершенствования технологии.

Польза от разработки и внедрения безвоздушных шин заключается в повышении безопасности дорожного движения, снижении расходов на ремонт и замену колес, увеличении срока службы транспортных средств и уменьшении количества резиновых отходов. Такие шины потенциально могут способствовать развитию экологичных видов транспорта, так как современные материалы позволяют создавать более износостойкие и перерабатываемые конструкции.

Перспективным направлением исследований в процессе создания эффективных безвоздушных шин является экспериментально-теоретическое изучение

структуры наполнителя, так называемых спиц, между внешним каучуковым ободом и диском колеса. Здесь встречаются спицы прямоугольного и шевронного сечения, ячеистые структуры различных форм, сотовые и сеточные структуры. Причем единого мнения по этому вопросу еще нет, а это указывает на то, что данная научная составляющая находится в поисковой стадии. Проанализированные источники информации указывают на перспективность данной тематики в целом и необходимость всестороннего изучения структур наполнителя, в частности.

Следует отметить, что здесь важно использовать методы бионики [6]. Это позволит создать наиболее эффективную структуру наполнителя, подобрать более практичный материал или создать новый композит.

В заключении следует отметить, что разработка и применение безвоздушных шин – перспективная научно-техническая задача, требующая решения отечественными учеными и исследователями. Данному научному направлению необходимо уделять особое внимание, поскольку внедрение безвоздушных шин в отечественный автопром позволит повысить конкурентоспособность российских автомобилей.

Список литературы

1. Технико-экономический подход к совершенствованию системы технического обслуживания и ремонта транспортных средств / Т.Н. Замота, О.Н. Замота, Е.Т. Гринько, М.А. Лисогор // Научный вестник Луганского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (10). – С. 211–221. EDN NJPCPO.

2. Падерин И.В. ГАЗ 1932-1982. Русские машины. Энциклопедическое издание. – Краснодар 2011. – 495 с.

3. Автоматизированная система питания для автомобилей марки ГАЗ / Г.И. Нечаев, А.С. Мирошников, В.В. Захарчук, Д.Ю. Чижевская // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. 2021. № 11 (53). – С. 225–230. EDN FEHIIT.

4. Пастухов А.Г. Исследование напряжённо-деформированного состояния деталей модернизируемых узлов трансмиссий различных машин / А.Г. Пастухов, Е.П. Тимашов, И.Н. Кравченко // Строительные и дорожные машины. 2015. № 8. – С. 20–26. EDN UADIJT.

5. Анализ возможностей применения безвоздушных шин на автотракторной технике и сельхозмашинах / А.В. Михеев, З.А. Кострова, В.В. Беляков [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 5. – С. 21–26.

6. Бахарев Д.Н. Моделирование процесса работы ориентирующе-дозирующего устройства для початков сортовой и гибридной кукурузы / Д.Н. Бахарев, С.Ф. Вольвак // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4 (44). – С. 6–13. DOI 10.18286/1816-4501-2018-4-6-13. EDN YTSMEP.

УДК 631.3:621.8

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРТАТИВНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ТРАКТОРОВ И КОМБАЙНОВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Корешков В.С., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В сельскохозяйственном производстве бесперебойная работа техники имеет решающее значение для соблюдения сезонных сроков выполнения работ. Выход из строя тракторов и комбайнов в разгар посевной или уборочной кампании влечёт существенные экономические потери. В полевых условиях зачастую невозможно оперативно доставить машину в сервисный центр или привлечь квалифицированных диагностов. В этой связи особую важность приобретают портативные диагностические комплексы, позволяющие выявлять неисправности непосредственно на месте эксплуатации, минимизировать простои техники и планировать ремонтно-профилактические работы без вывоза машины с поля [1, 2]. Своевременная диагностика становится ключевым фактором сохранения рентабельности сельскохозяйственного производства.

Портативные диагностические комплексы для сельхозтехники представляют собой мобильные, автономные системы, предназначенные для оперативной оценки технического состояния тракторов и комбайнов прямо в полевых условиях. В состав такого комплекса обычно входят сканеры электронных систем для считывания кодов ошибок электронных блоков управления, измерительные приборы различного назначения – мультиметры, осциллографы, компрессометры и эндоскопы [3]. Важную роль играют устройства для анализа рабочих жидкостей, позволяющие оценивать их вязкость, наличие примесей и степень загрязнения. Для комплексной диагностики применяются инструменты вибродиагностики и акустического контроля. Работу комплекса обеспечивает переносной компьютер со специализированным диагностическим программным обеспечением и базами данных по типичным неисправностям. Всё оборудование размещается в защитных кейсах и комплектуется источниками автономного питания, что гарантирует работоспособность в условиях пыли, влаги и значительных перепадов температур.

Эффективность портативных диагностических комплексов определяется совокупностью важных параметров. Прежде всего, это скорость диагностики – временной промежуток от момента подключения к машине до получения итогового заключения, который должен укладываться в рамки от нескольких минут до нескольких часов [4]. Не менее значима точность и достоверность результатов, предполагающая их сопоставимость с данными, получаемыми при использовании стационарных методов контроля. Автономность работы, то есть возможность функционировать без подключения к электросети и интернету, является критически важным требованием для полевых условий. Мобильность и удобство развёртывания, включающие лёгкость транспортировки и быстроту подготовки к работе, напрямую влияют на практическую применимость комплекса. Универсальность, подразумевающая совместимость с различными моделями и брендами техники, существенно расширяет

сферу использования. Простота эксплуатации, предполагающая минимальный уровень подготовки оператора, делает комплекс доступным для широкого круга пользователей. Устойчивость к внешним условиям – способность сохранять работоспособность при воздействии пыли, влаги, вибрации и в широком диапазоне температур от –20°C до +40°C – является обязательным требованием. Наконец, экономическая целесообразность, выражающаяся в соотношении стоимости комплекса и экономии от сокращения простоев техники, определяет рентабельность его применения.

Применение портативных диагностических комплексов в полевых условиях обеспечивает ряд существенных преимуществ. Прежде всего, это значительное сокращение простоев техники благодаря возможности проведения диагностики и первичной оценки неисправности за считанные часы, что позволяет оперативно принимать решения о необходимости ремонта или возможности продолжения работы. Отпадает необходимость в затратной транспортировке машины в сервисный центр, если проблему можно устранить на месте. Раннее выявление износа критически важных узлов, таких как топливные насосы высокого давления, газораспределительные механизмы и трансмиссии, способствует профилактике аварийных поломок и продлению срока службы техники. Данные, полученные в ходе диагностики, помогают оптимизировать график технического обслуживания, планируя регламентные работы с учётом реального состояния машины. Встроенные экспертные системы оказывают существенную поддержку менее опытным механизаторам, предлагая возможные причины неисправностей и пошаговые алгоритмы действий. Кроме того, формирование отчётной документации позволяет вести учёт и последующий анализ динамики состояния всего парка машин, что способствует более эффективному управлению техническим ресурсом хозяйства.

Список литературы

1. Тарасов С.А. Использование стендов для испытания и настройки ТНВД в ремонте МТП / С.А. Тарасов, М.И. Романченко // Горинские чтения. Наука молодых - инновационному развитию АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции, Майский, 28-29 марта 2019 года. Том 4. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 161. – EDN UXXOSL.

2. Erokhin M.N. analysis of wear of the cardan cross the joints john deere tractor / M.N. Erokhin, A.G. Pastukhov, E.P. Timashov // Traktori i Pogonske Mašine. 2016. Vol. 21, No. 1. – P. 24–29. – EDN XGLZXB.

3. Снижение трудоемкости ТОиР колесных тракторов / А.С. Новицкий, А.В. Бондарев, М.И. Романченко, Е.С. Батырев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 26–27. – EDN GLSOPL.

4. Способы повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих орудий / А.В. Бондарев, А.В. Сахнов, М.И. Романченко, А.С. Новицкий // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 12–13. – EDN CIJLOH.

УДК 631.3:62-82

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ РАБОТЕ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ: АНАЛИЗ РИСКОВ

Волчков В.А., Титова И.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В агропромышленном комплексе гидравлическое оборудование играет ключевую роль – оно задействовано в навесных орудиях, системах управления комбайнами, тракторами и другой сельхозтехникой. Однако нарушения правил эксплуатации и скрытые дефекты способны привести к серьёзным инцидентам [1]. Среди наиболее опасных ситуаций – разрывы рукавов высокого давления с выбросом рабочей жидкости (до 300 атм), неконтролируемые движения рабочих органов из-за сбоев в распределителях, возгорания при попадании масла на нагретые поверхности, а также травмы персонала: ожоги, механические повреждения, поражение глаз. В этой связи анализ рисков становится важнейшим инструментом для выявления уязвимых мест и построения системы превентивных мер.

Основные источники рисков кроются в нескольких ключевых областях. Износ компонентов – старение резиновых уплотнений, коррозия металлических деталей, микротрещины в трубопроводах – создаёт предпосылки для аварий. Нарушения регламентов технического обслуживания, такие как несвоевременная замена фильтров, использование несовместимых масел или отсутствие контроля уровня жидкости, усугубляют ситуацию. Ошибки монтажа – перекручивание рукавов, недостаточная затяжка соединений, неверная настройка предохранительных клапанов – также провоцируют неисправности. Эксплуатационные перегрузки, включая работу на предельных давлениях, резкие пуски и остановки, превышение грузоподъёмности, повышают вероятность отказов. Наконец, человеческий фактор – отсутствие инструктажа, применение нештатного инструмента, игнорирование сигналов аварийной автоматики – остаётся одной из главных причин инцидентов.

Для оценки рисков применяются разнообразные методы. Визуальный и инструментальный контроль включает осмотр рукавов, фитингов, цилиндров, а также замеры давления манометрами. Неразрушающий контроль осуществляется с помощью ультразвуковой дефектоскопии сварных швов и эндоскопии внутренних полостей. Анализ рабочих параметров предполагает мониторинг температуры масла, вибрации, циклов срабатывания клапанов. Риск-ориентированное моделирование позволяет строить «деревья отказов», выявляя цепочки событий, ведущих к аварии. Кроме того, проводится аудит документации: проверяются журналы технического обслуживания, сертификаты на комплектующие и инструкции по эксплуатации.

Типичные сценарии аварий демонстрируют серьёзные последствия. Разрыв рукава высокого давления может привести к выбросу струи масла, способной пробить кожу на расстоянии до 5 м, а при контакте с горячими деталями

возникает риск возгорания. Отказ гидроцилиндра чреват неконтролируемым опусканием навесного оборудования, что грозит повреждением техники и травмами оператора [2]. Засорение распределителя провоцирует самопроизвольное включение механизмов, вызывая столкновения с препятствиями. Перегрев системы приводит к разложению масла с выделением токсичных паров, а вскрытие контура в таком состоянии повышает риск ожогов.

Система превентивных мер охватывает организационные, технические и эксплуатационные аспекты. В организационном плане важно проводить обязательное обучение персонала с проверкой знаний, разрабатывать чек-листы для предсменного осмотра оборудования и назначать ответственных за контроль состояния гидравлики. Технические меры включают установку защитных экранов на рукава высокого давления, применение быстроразъёмных соединений с автоматическими запорными клапанами, монтаж датчиков давления и температуры с аварийной сигнализацией, а также использование огнестойких гидравлических жидкостей. Эксплуатационные меры требуют соблюдения графика технического обслуживания – например, замены фильтров каждые 500 моточасов и ежедневного контроля уровня масла, – а также запрета на эксплуатацию при видимых повреждениях рукавов или утечках и поэтапного повышения давления при пусконаладочных работах.

Для внедрения безопасной эксплуатации рекомендуется выполнить ряд шагов. Сначала следует провести инвентаризацию всего гидравлического оборудования, оценив степень износа каждого узла. Затем необходимо разработать локальные инструкции по техническому обслуживанию с учётом специфики техники. Далее целесообразно внедрить цифровые инструменты мониторинга – датчики и мобильные приложения для фиксации дефектов. Важно организовать ежегодное обучение механиков и операторов, повышая их квалификацию. Наконец, стоит использовать программы государственной поддержки для закупки современного защитного оборудования.

Безопасность гидравлического оборудования – это не просто требование законодательства, а стратегическая инвестиция. Она обеспечивает бесперебойность работы АПК, сохранность техники, защиту здоровья персонала и долгосрочную экономическую эффективность предприятия.

Список литературы

1. Электроискровая обработка – универсальный метод упрочнения деталей / А.С. Новицкий, Е.С. Батырев, С.В. Ковалев, А.Г. Серов // Инновационные технологии: опыт, проблемы, перспективы развития, Тверь, 25 октября 2023 года. – Тверь : Тверская ГСХА, 2023. – С. 360–362. – EDN FNXWDQ.

2. Новицкий А.С. Комплесный критерий оценки эксплуатационных свойств моторных масел / А.С. Новицкий, Е.С. Батырев // Цифровые и инженерные технологии в АПК : Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 25 ноября 2021 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2022. – С. 53–55. – EDN ZWASUH.

УДК 631.3:004.73

БЕСПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В АПК

Сидельников Е.Г., Новицкий А.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Рост электрификации сельхозпроизводства требует новых подходов к контролю оборудования. Традиционные методы диагностики не обеспечивают непрерывного наблюдения и зачастую связаны с большими трудозатратами. Беспроводные системы мониторинга позволяют в режиме реального времени выявлять неисправности, прогнозировать возможные отказы и минимизировать простои техники [1]. Особую ценность такие решения приобретают в удалённых хозяйствах, где затруднён регулярный физический доступ к оборудованию для проведения проверок.

Типовая система представляет собой комплекс взаимосвязанных элементов: датчики, фиксирующие критические параметры (температуру, вибрацию, ток и напряжение), беспроводные модули для передачи данных, шлюзы, агрегирующие сигналы, и облачные платформы для обработки и анализа информации. При этом критически важно обеспечить совместимость системы с уже установленным электрооборудованием, а также предусмотреть возможность её масштабирования в соответствии с конкретными потребностями предприятия.

Для эффективной диагностики необходимо непрерывно отслеживать ряд ключевых показателей: температуру обмоток и подшипников, уровень вибрации, гармонические искажения тока, сопротивление изоляции и фазные напряжения [2]. Отклонения этих параметров от нормативных значений служат ранними индикаторами потенциальных проблем – от перегрузок и износа до дисбаланса и коротких замыканий. Такой мониторинг позволяет своевременно принимать меры и предотвращать развитие аварийных ситуаций.

В условиях АПК наиболее востребованы несколько технологий передачи данных. LoRaWAN обеспечивает дальнюю связь при минимальном энергопотреблении, что оптимально для обширных полей и ферм. ZigBee отличается надёжностью и способностью к самоорганизации сети в пределах одного объекта. NB-IoT позволяет интегрироваться с существующей сотовой инфраструктурой без дополнительных шлюзов. Wi-Fi обеспечивает высокую скорость передачи данных в зонах с готовой сетевой инфраструктурой. Выбор конкретной технологии определяется совокупностью факторов: требуемой дальностью связи, объёмом передаваемых данных и спецификой условий эксплуатации.

Отказ от кабельных линий существенно снижает затраты на монтаж и последующее обслуживание системы. Беспроводные датчики обладают повышенной мобильностью, а сеть легко расширяется при необходимости [3]. Такие решения демонстрируют лучшую устойчивость к механическим повреждениям, типичным для сельхозтехники, и без существенных сложностей интегрируются в уже действующие электроустановки.

Данные, получаемые в ходе мониторинга, подвергаются анализу с использованием алгоритмов машинного обучения. Это позволяет прогнозировать остаточный ресурс оборудования и переходить от планово-предупредительных ремонтов к обслуживанию «по состоянию». Подобный подход обеспечивает сокращение затрат на техническое обслуживание на 20…40% и эффективно предотвращает незапланированные остановки производства.

Беспроводные системы мониторинга должны быть адаптированы к специфическим условиям агропромышленного комплекса. Они обязаны выдерживать высокую запылённость, повышенную влажность, значительные перепады температур и воздействие агрохимикатов. Для этого необходимы корпуса с защитой уровня IP65…IP67, антикоррозионные покрытия и энергоэффективные режимы работы автономных датчиков. Кроме того, критически важна устойчивость оборудования к электромагнитным помехам, создаваемым мощным электрооборудованием сельхозпредприятий.

Инвестиции в беспроводные системы мониторинга окупаются в среднесрочной перспективе – обычно за 2…4 года. Основной экономический эффект достигается за счёт сокращения простоев оборудования, снижения затрат на аварийные ремонты и оптимизации расхода электроэнергии. Дополнительными преимуществами выступают уменьшение потерь сельскохозяйственной продукции из-за сбоев оборудования и повышение уровня безопасности персонала за счёт раннего выявления потенциальных угроз.

На практике беспроводные системы мониторинга успешно применяются для контроля различных типов оборудования. В зерносушилках и вентиляционных системах складов они отслеживают состояние электродвигателей. В ирригационных комплексах осуществляется мониторинг насосов. В системах кормоприготовления проводится диагностика преобразователей частоты. На теплицах и животноводческих фермах организуется удалённое наблюдение за электрооборудованием. Опыт внедрения таких систем на ряде хозяйств показал снижение количества отказов оборудования на 30…50%, что подтверждает их практическую эффективность.

Список литературы

1. Цыпкина И.В. Обоснование способов восстановления деталей машин / И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее : Материалы XXIV Международной научно-производственной конференции. В 2 томах, Майский, 27-28 мая 2020 года. Том 1. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 83–84. – EDN JKSIMC.

2. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

3. Романченко М.И. Транспорт в сельскохозяйственном производстве : Лекционный курс для студентов инженерного факультета специальности 11.03.01 «Механизация сельского хозяйства» / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2008. – 128 с. – EDN UIABYL.

УДК 631.3:658.512

БИЗНЕС-МОДЕЛИ МОБИЛЬНЫХ СЕРВИСНЫХ ЦЕНТРОВ ДЛЯ ФЕРМЕРОВ

Кондрат В.И., Ковалев С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Большинство фермерских хозяйств расположено в удалённых районах с ограниченной транспортной доступностью. Это создаёт серьёзные препятствия для своевременного технического обслуживания техники: затраты на её доставку в стационарные сервисы оказываются высокими, ожидание выездных бригад затягивается, а простои оборудования в периоды полевых работ приводят к ощутимым потерям [1]. Мобильные сервисные центры позволяют решить эти проблемы – они обеспечивают ремонт и техническое обслуживание непосредственно в хозяйствах. Внедрение МСС повышает доступность сервиса, сокращает издержки и минимизирует потери от простоя техники, что особенно важно в пиковые сезоны сельскохозяйственных работ.

Мобильные сервисные центры предлагают фермерам целый ряд существенных преимуществ. Благодаря оперативному выезду бригады к месту поломки – в течение 2…24 часов – удаётся быстро устранять неисправности и возвращать технику в строй. Фермеры экономят на транспортировке машин в сервис, а гибкость модели позволяет организовать обслуживание как по заранее согласованному графику, так и в экстренном порядке [2]. МСС обеспечивают комплексный подход: от первичной диагностики до капитального ремонта отдельных узлов. Кроме того, такие центры дают возможность проводить плановое техническое обслуживание без отрыва от полевых работ, что повышает общую эффективность хозяйства.

Существует несколько подходов к организации работы мобильных сервисных центров, каждый из которых имеет свои особенности. При аутсорсинговой модели центр принадлежит стороннему оператору, предоставляющему услуги фермерам по договору. Это позволяет хозяйствам избежать крупных стартовых вложений и получить доступ к высокотехнологичному оборудованию, хотя и создаёт определённую зависимость от подрядчика. Кооперативная модель предполагает, что несколько хозяйств совместно приобретают и эксплуатируют МСС, распределяя затраты и контролируя график работы, – однако это требует налаженной координации между участниками [3]. Корпоративная модель подразумевает создание МСС внутри крупного агрохолдинга для обслуживания собственной техники: это обеспечивает полную интеграцию в производственный процесс и приоритет срочных заявок, но сопряжено с высокими капитальными вложениями. Франчайзинговая модель даёт возможность операторам продавать франшизы на открытие МСС в регионах – она предполагает стандартизацию процессов и поддержку бренда, но накладывает жёсткие требования к соблюдению стандартов. Выбор оптимальной модели зависит от масштаба хозяйств, их финансовых возможностей и специфики региона.

Запуск и функционирование мобильного сервисного центра связано с рядом существенных затрат. Прежде всего, необходимо приобрести или арендовать специализированный транспорт и оборудование. Значительную долю расходов составляет зарплата квалифицированного персонала: механиков, диагностов, логистов. Дополнительно требуются средства на закупку запчастей и расходных материалов, логистику и горюче-смазочные материалы, а также на маркетинг и администрирование. В то же время МСС может генерировать доходы из нескольких источников. Например, хозяйства могут вносить абонентскую плату за обслуживание – она может рассчитываться по количеству машин или площади посевов. Другой вариант – оплата по факту выполненных работ, включая ремонт, техническое обслуживание и диагностику. Дополнительным источником дохода служит продажа запчастей и материалов, а также оказание сопутствующих услуг: обучение персонала хозяйств или аудит технического парка.

Успех мобильного сервисного центра во многом определяется рядом ключевых факторов. Важнейший из них – скорость реагирования: чем быстрее бригада выезжает на вызов, тем выше доверие клиентов. Не менее значима квалификация персонала: специалисты должны владеть цифровыми инструментами диагностики и хорошо разбираться в различных марках техники. Техническое оснащение также играет решающую роль – наличие современного оборудования, такого как сканеры, тепловизоры и гидравлические станции, позволяет выполнять сложные работы на месте. Эффективная логистика снабжения, обеспечивающая своевременное пополнение запасов запчастей, напрямую влияет на оперативность ремонта. Наконец, цифровизация процессов – GPS-мониторинг, электронные журналы и онлайн-заказы – повышает прозрачность и удобство взаимодействия с клиентами, укрепляя позиции МСС на рынке.

Список литературы

1. Стребков С.В. Восстановления работоспособности деталей зарубежной сельскохозяйственной техники / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2, № 5-3 (10-3). – С. 268–272. – DOI 10.12737/6979. – EDN TEMFBN.

2. Основы организации технического сервиса в агропромышленном комплексе : Учебник / И.Н. Кравченко, Ю.А. Кузнецов, А.В. Коломейченко [и др.]. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «КноРус», 2022. – 452 с. – (Бакалавриат и магистратура). – ISBN 978-5-406-08940-8. – EDN WHVHKI.

3. Перспективы импортозамещения запасных частей зарубежной техники в Белгородской области / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев, Б.С. Зданович // Белгородский агромир. 2014. № 6 (87). – С. 19–21. – EDN UBBRBT.

УДК 631.3:371.385

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СЕРВИСНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В АПК

Легкодым Д.А., Батырев Е.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Современный агропромышленный комплекс переживает этап интенсивной технологической модернизации. На смену традиционной сельхозтехнике приходят высокотехнологичные машины, оснащённые цифровыми системами управления, сложными гидравлическими и электронными компонентами [1]. Это кардинально меняет требования к квалификации сервисных специалистов: сегодня им необходимо в сжатые сроки осваивать сложные алгоритмы диагностики, ремонта и настройки современного оборудования.

Традиционные методы профессиональной подготовки – лекционные занятия, работа с учебными пособиями, практика на реальной технике – сталкиваются с рядом существенных ограничений. Эксплуатация учебного оборудования требует значительных финансовых затрат, а практические занятия с новичками сопряжены с риском повреждения дорогостоящей техники. Кроме того, в реальных условиях невозможно смоделировать редкие или аварийные ситуации, необходимые для полноценной подготовки специалистов. Немаловажную роль играет и географическая разобщённость: специалисты зачастую не имеют возможности оперативно добраться до учебных центров.

В этих условиях виртуальная реальность (VR) открывает принципиально новые перспективы. Технология позволяет создавать иммерсивные обучающие среды, где специалисты могут отрабатывать профессиональные навыки без риска для техники и персонала. VR-системы дают доступ к цифровым копиям самых современных машин и позволяют тренироваться в условиях, максимально приближённых к реальным. С учётом нарастающего дефицита квалифицированных кадров и постоянного усложнения сельхозтехники VR-обучение превращается в ключевой инструмент повышения качества технического сервиса в АПК.

VR-технологии открывают широкие возможности для совершенствования процесса подготовки сервисных специалистов. Одной из ключевых функций является обеспечение безопасной среды для отработки сложных операций. Например, специалисты могут тренироваться в замене гидроцилиндра или калибровке датчиков, не опасаясь повредить реальную технику или получить травму.

Особую ценность представляет возможность моделирования аварийных ситуаций, с которыми специалисты редко сталкиваются в повседневной практике. VR-системы могут имитировать отказы узлов, короткие замыкания, утечки технических жидкостей, позволяя обучаемым отработать алгоритмы диагностики и устранения проблем в контролируемых условиях.

Ещё одно важное преимущество – доступ к цифровым копиям техники, которая может быть представлена в единичных экземплярах в отдельных хозяйствах. Например, VR-симуляторы позволяют изучать новейшие комбайны с

ИИ-управлением, обеспечивая равный уровень подготовки специалистов независимо от их местоположения.

В процессе обучения виртуальный ассистент может предоставлять пошаговые инструкции: выделять ключевые компоненты, подсказывать порядок действий, контролировать правильность выполнения операций [2]. Это существенно повышает качество усвоения материала и снижает вероятность ошибок.

Кроме того, VR-системы позволяют объективно оценивать уровень подготовки специалистов. Система фиксирует время выполнения заданий, точность действий, допущенные ошибки, формируя детализированный отчёт о компетенциях обучаемого. Такой подход обеспечивает прозрачность процесса оценки и возможность целенаправленной корректировки программ обучения.

Важным аспектом является возможность дистанционного обучения. Специалисты из удалённых регионов могут проходить тренинги без необходимости командировок, подключаясь к VR-платформам через локальные сети [3]. Это значительно расширяет доступность качественного профессионального образования.

Преимущества VR-обучения проявляются в нескольких ключевых аспектах. Прежде всего, существенно сокращаются сроки подготовки специалистов – на 30…40% за счёт интенсивного погружения в предметную область. Полностью исключается риск повреждения техники во время практических занятий. Обучаемые получают возможность многократно повторять сложные операции без дополнительных затрат, что способствует формированию устойчивых профессиональных навыков. Наконец, обеспечивается стандартизация качества подготовки независимо от географического положения обучаемого, что особенно важно для крупных агрохолдингов с филиалами в разных регионах.

Список литературы

1. Снижение трудоемкости ТОиР колесных тракторов / А.С. Новицкий, А.В. Бондарев, М.И. Романченко, Е.С. Батырев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 26–27. – EDN GLSOPL.

2. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

3. Цыпкина И.В. К обоснованию выбора способа восстановления детали на примере полуоси трактора / И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Агроинженерия в XXI веке: проблемы и перспективы : материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции с международным участием, п. Майский, 28 октября 2019 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 358–360. – EDN RGVLNW

УДК 631.3:371.385

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ЖИДКОСТИ НА ИЗНОС КОМПОНЕНТОВ ГИДРОСИСТЕМЫ

Кривенко В.О., Цыпкина И.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Ухудшение качества рабочей жидкости запускает комплекс негативных процессов, влияющих на все ключевые компоненты гидросистемы. Износ насосов становится более интенсивным из-за механических частиц и воды, которые вызывают абразивный и коррозионный износ рабочих поверхностей. В результате снижается подача и КПД насоса.

Клапаны начинают заклинивать: загрязнения забивают малые проходные сечения, нарушая работу золотников [1]. Это проявляется в рывках и задержках при срабатывании механизмов.

Уплотнения повреждаются при контакте с несовместимыми жидкостями: эластомеры растворяются или разбухают, что приводит к утечкам. Перегрев системы усугубляется снижением теплоёмкости и вязкости жидкости, из-за чего ухудшается охлаждение и возникают локальные перегревы.

Образование отложений – ещё одно следствие ухудшения качества. Продукты окисления и эмульсии забивают фильтры и каналы, снижая пропускную способность системы. Кавитация, вызванная наличием воздуха и низкой вязкостью, приводит к образованию пузырьков, разрушающих поверхности деталей.

Коррозия поражает стальные и алюминиевые компоненты под действием воды и кислых продуктов окисления. Это существенно сокращает ресурс узлов.

Совокупное воздействие этих факторов снижает КПД гидросистемы на 15…30% и сокращает межремонтный период в 1,5…2 раза. Таким образом, качество рабочей жидкости напрямую определяет срок службы всей гидросистемы и эффективность её работы.

Для своевременного выявления ухудшения характеристик рабочей жидкости применяют разнообразные методы диагностики [2]. Визуальный осмотр позволяет оценить цвет, прозрачность, наличие эмульсии или осадка. Тёмное масло с осадком сигнализирует об окислении и значительном загрязнении.

Измерение вязкости даёт объективные данные о текучести жидкости [3]. Определяют кинематическую вязкость при +40°С и +100°С. Отклонение от нормативных значений указывает на разжижение или загущение, что влияет на работу системы.

Анализ содержания воды проводится с помощью тестовых полосок или лабораторного оборудования. Допустимый уровень влаги – не более 0,1%. Превышение этого показателя грозит коррозией и потерей смазывающих свойств.

Подсчёт частиц загрязнения осуществляют с использованием оптических или лазерных счётчиков (по стандарту ISO 4406). Класс чистоты жидкости должен соответствовать требованиям производителя техники, иначе возрастает риск ускоренного износа.

Определение кислотного числа помогает отследить процесс окисления. Рост этого показателя свидетельствует об истощении присадок и повышает риск коррозионных повреждений.

Тест на вспениваемость оценивает стабильность пены при перемешивании. Повышенная вспениваемость нарушает нормальную работу гидросистемы, снижая КПД и увеличивая риск кавитации.

ИК-спектроскопия позволяет выявить продукты окисления, нитрования, присутствие воды и гликоля [4]. Это даёт детальную картину химических изменений в жидкости.

Феррография анализирует металлические частицы износа, помогая диагностировать состояние насосов и гидроцилиндров на ранней стадии.

Современные гидросистемы нередко оснащаются встроенными датчиками вязкости, влажности и загрязнения. Они передают данные в бортовую систему мониторинга, позволяя оперативно реагировать на изменения качества жидкости.

Список литературы

1. Стребков С.В. Свойства бензина и эксплуатационная надежность двигателя / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 169 с. – ISBN 978-5-605-01367-9. – EDN HZLKMS.

2. Новицкий А.С. Комплесный критерий оценки эксплуатационных свойств моторных масел / А.С. Новицкий, Е.С. Батырев // Цифровые и инженерные технологии в АПК : Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 25 ноября 2021 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2022. – С. 53–55. – EDN ZWASUH.

3. Порицкий В.М. Мобилизация ТОиР на предприятиях агропромышленного комплекса / В.М. Порицкий, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 294. – EDN MIRUCU.

4. Совершенствование ремонта топливной аппаратуры двигателей внутреннего сгорания / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, А.С. Новицкий [и др.] // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 260–265. – EDN XJMYSC.

УДК 631.3:621.226

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ГИДРОСИСТЕМЫ

Носков Н.Д., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Гидравлические системы прочно вошли в конструкцию современной сельскохозяйственной техники – от зерноуборочных комбайнов и тракторов до опрыскивателей и пресс-подборщиков [1]. Их работоспособность во многом определяется качеством рабочей жидкости, которая не просто передаёт энергию, но и смазывает, охлаждает узлы, защищает от коррозии.

На практике качество этой жидкости нередко ухудшается. В неё попадают механические примеси, вода и воздух; происходят процессы окисления и термического разложения; случается смешивание с несовместимыми жидкостями. Всё это запускает цепочку негативных последствий: ускоряется износ компонентов, возникают утечки, система перегревается, а гидросистемы выходят из строя раньше срока.

В условиях растущей стоимости техники и нехватки квалифицированного персонала контроль качества рабочей жидкости приобретает особое значение. Он позволяет снизить эксплуатационные затраты и повысить надёжность работы агропромышленного комплекса.

Рабочая жидкость в гидросистеме выполняет ряд критически важных функций. Она передаёт гидравлическую энергию от насоса к исполнительным механизмам, обеспечивая работу всей системы. Одновременно жидкость смазывает трущиеся поверхности – насосы, клапаны, гидроцилиндры, снижая трение и износ.

Ещё одна существенная функция – охлаждение узлов. Жидкость отводит тепло от зон трения, предотвращая перегрев. Кроме того, благодаря специальным присадкам она защищает компоненты от коррозии и износа [2]. Наконец, жидкость герметизирует зазоры между подвижными элементами, поддерживая необходимое давление в системе.

Чтобы эффективно выполнять эти функции, жидкость должна обладать определёнными свойствами. Прежде всего – оптимальной вязкостью в рабочем диапазоне температур. Также важна высокая антиокислительная стабильность, позволяющая сопротивляться химическим изменениям. Хорошая фильтруемость обеспечивает удаление загрязнений, а низкая вспениваемость – стабильную работу без воздушных пробок.

Жидкость должна быть совместима с материалами уплотнений и трубопроводов, не вызывая их разрушения или набухания. Антикоррозионные свойства защищают металлические детали от ржавчины. Отклонение от этих нормативных показателей ведёт к снижению КПД системы и ускоренному износу компонентов.

В процессе эксплуатации качество рабочей жидкости постепенно ухудшается под воздействием разнообразных факторов. Механические примеси – пыль,

продукты износа, металлическая стружка – попадают в систему через негерметичные соединения, при заправке или образуются внутри из-за износа деталей. Эти частицы провоцируют абразивный износ насосов, вызывают задиры на золотниках клапанов и забивают фильтры.

Вода проникает в гидросистему через сапуны гидробаков или образуется в результате конденсации влаги. Её присутствие чревато коррозией, эмульгированием масла, снижением смазывающей способности и ускорением окисления.

Воздух попадает в систему при низком уровне жидкости или из-за разгерметизации всасывающих магистралей. Это приводит к кавитации, пенообразованию, перегреву и окислению масла.

Температура также играет ключевую роль. Перегрев выше +80°C ускоряет окисление, разлагает присадки и снижает вязкость. Переохлаждение, напротив, увеличивает вязкость, затрудняя прокачивание жидкости по системе.

Химическое взаимодействие – ещё один значимый фактор. Смешивание несовместимых масел, реакция с материалами уплотнений, попадание топлива или охлаждающих жидкостей вызывают выпадение осадков, изменение вязкости и потерю защитных свойств.

Наконец, нельзя игнорировать естественное старение жидкости. Окисление при контакте с кислородом, накопление продуктов распада и истощение присадок постепенно ухудшают её характеристики, снижая ресурс гидросистемы.

Список литературы

1. Батырев Е.С. Принцип работы контактной электроискровой установки / Е.С. Батырев, В.М. Порицкий // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 9–10. – EDN HMNFSM.

2. Электроискровая обработка – универсальный метод упрочнения деталей / А.С. Новицкий, Е.С. Батырев, С.В. Ковалев, А.Г. Серов // Инновационные технологии: опыт, проблемы, перспективы развития, Тверь, 25 октября 2023 года. – Тверь : Тверская ГСХА, 2023. – С. 360–362. – EDN FNXWDQ.

УДК 631.3:621.89

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ТСМ НА МЕЖСЕРВИСНЫЕ ИНТЕРВАЛЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Погореленко Т.Ю., Сахнов А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Актуальность исследования определяется ключевой ролью топливно-смазочных материалов (ТСМ) в обеспечении надёжной работы сельскохозяйственной техники. В условиях интенсивной эксплуатации даже незначительные отклонения качества ТСМ от нормативных показателей провоцируют ускоренный износ агрегатов, рост эксплуатационных затрат и внеплановые остановки машин [1]. Вместе с тем обоснованное повышение качества горюче-смазочных материалов позволяет безопасно увеличить межсервисные пробеги, снижая совокупную стоимость обслуживания парка техники.

Цель работы заключается в установлении чёткой взаимосвязи между показателями качества ТСМ и оптимальными межсервисными интервалами для основных типов сельскохозяйственной техники. Для её достижения необходимо решить ряд взаимосвязанных задач: проанализировать действующие нормативные требования к основным видам ТСМ (дизельное топливо, моторные и трансмиссионные масла, гидравлические жидкости); выявить наиболее критичные параметры качества, напрямую влияющие на ресурс агрегатов; оценить, как отклонения показателей ТСМ от стандартов сказываются на частоте проведения ТО; разработать практические рекомендации по корректировке межсервисных интервалов с учётом реального качества применяемых материалов.

Качество ТСМ определяется комплексом строго регламентированных показателей. Для дизельного топлива первостепенное значение имеют цетановое число (оптимальный диапазон 45…55), содержание серы (не выше 10 ppm для стандарта Евро-5), а также фракционный состав и температура вспышки [2]. В случае моторных масел ключевыми параметрами выступают вязкость при рабочих температурах, щёлочное число (характеризующее нейтрализующую способность), термоокислительная стабильность и состав присадок. Гидравлические жидкости оцениваются по кинематической вязкости, температуре застывания, а также по антиокислительным и антикоррозионным свойствам.

Негативное влияние некачественных ТСМ реализуется через ряд деструктивных механизмов. При пониженном качестве топлива в двигателях внутреннего сгорания интенсивно образуются нагар и лаковые отложения. Недостаточная термостабильность масла приводит к его ускоренному старению, а повышенное содержание воды и кислот инициирует коррозионные процессы. Попадание механических примесей вызывает задиры и абразивный износ, а ухудшение смазывающих свойств гидравлических жидкостей снижает КПД гидросистем. Совокупное действие этих факторов проявляется в росте удельного расхода топлива, падении мощности двигателя, повышении тепловых нагрузок и преждевременном выходе из строя фильтров и уплотнений.

Для адаптации межсервисных пробегов предложен многоэтапный алгоритм. На первом этапе осуществляется входной контроль качества ТСМ при приёмке с проведением лабораторных анализов ключевых показателей. Далее организуется регулярный мониторинг состояния рабочих жидкостей в процессе эксплуатации, включающий визуальные осмотры и экспресс-тесты [3]. На основании полученных данных производится корректировка графика ТО. Завершающим элементом алгоритма становится ведение детализированной базы данных по каждому агрегату, где фиксируются параметры ТСМ и результаты проведённых обслуживаний.

Экономическая эффективность оптимизации межсервисных интервалов при грамотном подборе ТСМ проявляется в нескольких аспектах. За счёт увеличения пробегов между обслуживаниями удаётся сократить затраты на ТО на 12…18%. Поддержание чистоты топливной системы обеспечивает снижение расхода топлива на 5…8%. Количество внеплановых ремонтов уменьшается на 20…25%, а ресурс двигателей и гидросистем продлевается на 10…15%.

Практические рекомендации для сельхозпредприятий включают внедрение обязательного входного контроля ТСМ с привлечением аккредитованных лабораторий, использование масел и топлива не ниже класса Евро-5/API CJ-4, применение присадок-кондиционеров только при документально подтверждённом снижении качества базовых материалов, а также ведение электронного журнала учёта параметров ТСМ для каждого агрегата.

В перспективе исследования планируется создание мобильных лабораторий для оперативного анализа ТСМ в полевых условиях, разработка алгоритмов машинного обучения для прогнозирования деградации масел по косвенным параметрам, стандартизация методик оценки влияния качества ТСМ на ресурс конкретных моделей техники, а также изучение возможностей рециклинга отработанных масел с восстановлением их эксплуатационных свойств.

Список литературы

1. Романченко М.И. Диагностирование топливных насосов высокого давления по моменту начала нагнетания топлива / М.И. Романченко // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 57–64. – EDN ZHCEFN.

2. Романченко М.И. Эксплуатационная регуляторная характеристика дизельного двигателя / М.И. Романченко // Техника в сельском хозяйстве. 2009. № 4. – С. 26–28. – EDN KYZAXR.

3. Стребков С.В. Свойства бензина и эксплуатационная надежность двигателя / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 169 с. – ISBN 978-5-605-01367-9. – EDN HZLKMS.

УДК 631.3:621.892

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ТСМ НА ПЕРИОДИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Демьяненко В.В., Титова И.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В агропромышленном комплексе надёжность и долговечность сельхозтехники во многом определяются качеством использующихся топливно-смазочных материалов (ТСМ). При интенсивной эксплуатации машин даже незначительные отклонения параметров ТСМ от нормативных значений способны запустить цепную реакцию негативных последствий: ускоренный износ узлов, рост числа отказов, снижение КПД двигателей и трансмиссий. В результате хозяйства сталкиваются с необходимостью чаще проводить техническое обслуживание, что ведёт к росту эксплуатационных затрат и падению производительности [1]. Поэтому контроль качества ТСМ – не просто формальность, а важнейший элемент стратегии эффективного технического сервиса.

Ключевыми параметрами, от которых зависит работоспособность техники, являются вязкость и температурная стабильность масел, содержание серы и ароматических углеводородов в топливе, наличие функциональных присадок (антиокислительных, противоизносных, моющих), а также степень очистки от механических примесей и воды [2]. Каждое из этих свойств регламентируется национальными и международными стандартами (ГОСТ, EN, API, ACEA). Отклонение любого показателя от нормы запускает процессы, сокращающие ресурс агрегатов: например, избыточная вязкость мешает образованию защитной плёнки, а повышенное содержание серы провоцирует коррозию.

Некачественное топливо и масла оказывают разрушительное воздействие на ключевые системы машин. В двигателях это проявляется через нагарообразование, закоксовывание форсунок и ускоренный износ цилиндропоршневой группы. В трансмиссиях снижается смазывающая способность масел, что ведёт к окислению составов и абразивному износу шестерён. Гидравлические системы страдают от засорения фильтров, коррозии трубопроводов и сбоев в работе распределителей. Топливная аппаратура испытывает абразивный износ прецизионных пар, из-за чего падает КПД насосов высокого давления. Все эти процессы требуют более частых вмешательств: от промежуточной замены масел до капитального ремонта узлов.

Когда хозяйство использует ТСМ, полностью соответствующие заводским регламентам, межсервисные интервалы остаются в рамках, заявленных производителем техники. Это означает меньше внеплановых остановок, меньший объём работ при плановых ТО (например, реже меняются фильтры и промываются системы). Однако при применении материалов с отклонениями от стандартов ситуация кардинально меняется: периодичность ТО приходится сокращать на 20…40%, вводить дополнительные операции (промежуточные замены масел, промывку систем), а также увеличивать долю трудоёмких процедур вроде

замены уплотнений [3]. В итоге график обслуживания становится менее предсказуемым, а затраты – выше.

Использование низкокачественных ТСМ влечёт за собой как прямые, так и косвенные убытки. К прямым относятся дополнительные расходы на внеплановые ТО и ремонты, повышенный расход запасных частей из-за ускоренного износа, а также потери от простоев техники в пиковые периоды работ. Косвенные убытки сложнее подсчитать, но они не менее значимы: снижение урожайности из-за нарушения агротехнических сроков, рост расхода топлива из-за падения КПД двигателей, сокращение остаточного ресурса машин. В сумме эти потери нередко в 3…5 раз превышают ту экономию, которую хозяйство могло получить, закупив дешёвые ТСМ.

Чтобы минимизировать риски, хозяйства применяют комплекс контрольных мер. На входе проводят визуальную оценку и замеры плотности и вязкости материалов. Для более точной диагностики используют лабораторный анализ проб: определяют содержание воды, механических примесей, щелочное число. В процессе эксплуатации мониторят состояние масел с помощью спектрометрии и феррографии [4]. Кроме того, ведут журналы учёта партий ТСМ и их расхода, что позволяет отслеживать корреляцию между качеством материалов и частотой поломок. Регулярный контроль даёт возможность своевременно выявлять отклонения и корректировать график ТО, избегая критических отказов.

Принятие обоснованных решений по корректировке периодичности ТО опирается на чёткую нормативную базу. В первую очередь это руководства по эксплуатации техники, где указаны допустимые марки ТСМ. Не менее важны отраслевые стандарты качества (ГОСТ, ТУ), рекомендации производителей масел и топлив, а также внутренние регламенты предприятия по приёмке и хранению. Следование этим документам не только снижает вероятность ошибок, но и служит юридическим основанием для изменения графика обслуживания – например, при доказанном несоответствии партии ТСМ заявленным характеристикам.

Список литературы

1. Стребков С.В. Свойства бензина и эксплуатационная надежность двигателя / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 169 с. – ISBN 978-5-605-01367-9. – EDN HZLKMS.

2. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

3. Романченко М.И. Совершенствование методики расчета эксплуатационного расхода топлива для дизельных грузовых автомобилей / М.И. Романченко, А.Г. Пастухов // Грузовик. – 2015. № 6. – С. 27–36. – EDN UIKSEJ.

4. Новицкий А.С. Обеспечение качества услуг на предприятиях технического сервиса / А.С. Новицкий, С.В. Ковалев, Е.С. Батырев // Инновационные решения в агроинженерии в XXI веке : Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 16 декабря 2020 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2021. – С. 84–89. – EDN VILCRV.

УДК 631.3:377.4

ВЛИЯНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА НА КАЧЕСТВО ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК

Демьяненко В.В., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В агропромышленном комплексе качество технического сервиса выступает одним из ключевых факторов эффективности производства. От него напрямую зависят производительность сельхозтехники, соблюдение сроков сезонных работ, себестоимость продукции и безопасность эксплуатации машин. При этом центральным звеном, определяющим уровень сервиса, остаётся квалификация обслуживающего персонала. В условиях постоянного усложнения техники – с внедрением цифровых систем управления и телематики – дефицит квалифицированных кадров и необходимость их профессионального развития приобретают особую значимость.

Ключевые компетенции специалиста технического сервиса складываются из нескольких взаимосвязанных блоков. Во-первых, это технические знания: понимание устройства машин, принципов работы узлов, особенностей применяемых материалов. Во-вторых, практические навыки – умение проводить диагностику, выполнять ремонт и настройку, работать со специализированным инструментом. В-третьих, цифровые компетенции: владение диагностическим программным обеспечением, системами телематики и электронными каталогами запчастей. В-четвёртых, организационные навыки – способность планировать работы, вести документацию и эффективно взаимодействовать с коллегами. И наконец, экологическая грамотность: соблюдение норм утилизации отходов, корректная работа с горюче-смазочными материалами и спецжидкостями.

Недостаточная квалификация персонала неизбежно сказывается на качестве сервиса. Так, возникают ошибки при диагностике, когда причина неисправности определяется неверно [1, 2]. Низкое качество ремонта проявляется в нарушении технологических регламентов и использовании неподходящих материалов. Увеличиваются сроки обслуживания, растёт число повторных обращений по одним и тем же дефектам. В результате оборудование может преждевременно выйти из строя из-за скрытых дефектов, а несоблюдение техники безопасности повышает риск аварийных ситуаций.

Напротив, высокая квалификация специалистов обеспечивает ряд существенных преимуществ. Диагностика становится точной и оперативной, строго соблюдаются регламенты и стандарты ремонта. Минимизируются простои техники, продлевается ресурс агрегатов за счёт качественного обслуживания. Снижаются затраты на запчасти и расходные материалы, а также растёт доверие со стороны заказчиков благодаря стабильному качеству услуг.

Уровень квалификации персонала формируется под влиянием ряда факторов. Важнейшую роль играет образование: профильное среднее специальное или высшее даёт системную базу, тогда как краткосрочные курсы позволяют освоить

узконаправленные навыки. Существенное значение имеет опыт работы – стаж, разнообразие обслуживаемой техники и участие в сложных ремонтах. Регулярное повышение квалификации, включая сертификацию и освоение новых технологий, поддерживает профессиональный уровень. Не менее важна мотивация: система оплаты труда, перспективы карьерного роста и корпоративная культура. Наконец, доступность ресурсов – технической документации, современного оборудования и запасных частей – создаёт условия для эффективного применения знаний и навыков.

Оценка квалификации персонала требует комплексного подхода. Теоретические знания проверяются посредством тестирования по устройству техники и технологиям ремонта. Практические навыки оцениваются в ходе экзаменов, где специалист выполняет типовые операции под контролем эксперта. Качество выполненных работ анализируется по чек-листам и стандартам. Обратная связь от клиентов – опросы сельхозпредприятий – позволяет учесть субъективную оценку услуг. Кроме того, используются статистические показатели: среднее время ремонта, процент повторных обращений, количество рекламаций и соблюдение сроков технического обслуживания.

Инвестиции в кадры дают ряд ключевых преимуществ: повышается надёжность работы техники, снижаются эксплуатационные затраты, обеспечивается соответствие современным технологическим требованиям, укрепляется устойчивость агробизнеса в долгосрочной перспективе. Следовательно, успешная стратегия развития технического сервиса должна включать непрерывное совершенствование профессиональных компетенций персонала как основу конкурентоспособности предприятия.

Список литературы

1. Ковалев С.В. Инженерная этика и ее роль в профессиональном развитии / С.В. Ковалев, А.С. Новицкий, М.Г. Букат // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 17–18. – EDN FBLFUD.

2. Новицкий А.С. Обеспечение качества услуг на предприятиях технического сервиса / А.С. Новицкий, С.В. Ковалев, Е.С. Батырев // Инновационные решения в агроинженерии в XXI веке : Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 16 декабря 2020 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2021. – С. 84–89. – EDN VILCRV.

УДК 631.312:621.791

ВЛИЯНИЕ ТВЁРДОСПЛАВНЫХ ПОКРЫТИЙ НА РАБОЧИХ ОРГАНАХ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КУЛЬТИВАТОРОВ

Шокуров Н.А., Цыпкина И.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

После нанесения твёрдосплавного покрытия наблюдаются заметные улучшения эксплуатационных характеристик культиваторов. Износ режущих кромок снижается на 60…80%, при этом сохраняется острота лезвия в течение всего срока службы [1]. Тяговое сопротивление агрегата уменьшается на 15…25%, что приводит к сокращению простоев техники из-за замены изношенных деталей. Дополнительным преимуществом является экономия топлива за счёт снижения энергозатрат на обработку почвы. Особенно ярко положительные эффекты проявляются при эксплуатации культиваторов на тяжёлых и каменистых почвах, где износ рабочих органов особенно интенсивен.

Для различных типов рабочих органов культиваторов рекомендуются разные методы нанесения покрытий, учитывающие специфику их работы. Лапы культиваторов оптимально обрабатывать методом плазменного напыления с использованием WC-Co, обеспечивающего максимальную износостойкость. Стойки эффективно защищать посредством электродуговой металлизации Ni-Cr-сплавами, которые обеспечивают одновременно защиту от коррозии и износа [2]. Диски целесообразно обрабатывать детонационным напылением Cr_3C_2, гарантирующим устойчивость к абразивному воздействию. Стрельчатые лапы выигрывают от применения лазерной наплавки стеллитами, особенно в условиях повышенного нагрева. Для сварных конструкций предпочтительны методы с низким термическим воздействием, такие как плазменное напыление или холодная газодинамическая металлизация, минимизирующие риск деформаций сварных швов.

Внедрение технологии нанесения твёрдосплавных покрытий даёт ощутимый экономический эффект. Затраты на замену изношенных деталей снижаются на 40…60% благодаря увеличению их ресурса. Простои техники сокращаются на 20…30%, что повышает общую производительность сельскохозяйственных работ [3]. Экономия топлива достигает 10…15% за счёт уменьшения тягового сопротивления. Окупаемость оборудования для напыления обычно достигается в течение 1…2 лет при регулярном использовании. Для малых хозяйств экономически оправдано применение мобильных установок, позволяющих осуществлять локальный ремонт рабочих органов культиваторов с минимальными затратами.

Несмотря на очевидные преимущества, технология нанесения твёрдосплавных покрытий имеет ряд ограничений. К ним относятся высокая стоимость порошковых материалов, необходимость использования специализированного оборудования, сложность контроля качества сформированного покрытия и риск отслоения при ударных нагрузках. Для преодоления этих проблем

разрабатываются и внедряются различные решения. Оптимизация состава покрытий с использованием вторичных материалов позволяет снизить затраты. Автоматизация процессов с применением ЧПУ повышает точность и стабильность результатов. Внедрение методов неразрушающего контроля, таких как ультразвуковая дефектоскопия и твердометрия, обеспечивает объективную оценку качества покрытия. Применение промежуточных адгезионных слоёв способствует повышению надёжности сцепления твёрдосплавного покрытия с основой.

Развитие технологии нанесения твёрдосплавных покрытий идёт по нескольким перспективным направлениям [4, 5]. Активно исследуется применение наноструктурированных порошковых материалов, способных обеспечить ещё более высокую твёрдость защитного слоя. Разрабатываются гибридные методы, сочетающие различные технологии, например, плазменное напыление с последующей лазерной обработкой. Особое внимание уделяется созданию экологичных газотермических процессов, снижающих вредное воздействие на окружающую среду. Интеграция с цифровыми системами мониторинга, включающими датчики износа и системы прогнозирования ресурса, позволит оптимизировать сроки проведения восстановительных работ. По мере развития технологий и снижения стоимости оборудования метод нанесения твёрдосплавных покрытий станет доступнее для широкого круга сельхозпредприятий, что в конечном итоге повысит надёжность и эффективность почвообрабатывающей техники в агропромышленном комплексе.

Список литературы

1. К вопросу восстановления работоспособности культиватора / И.В. Цыпкина, И.И. Титова, С.В. Ковалев, Е.С. Батырев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 54–55. – EDN OXSCRL.

2. Порицкий В.М. Основные дефекты культиваторов и способы их устранения / В.М. Порицкий, Е.С. Батырев // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 243–246. – EDN TNPAGW.

3. Об упрочнении рабочей кромки почвообрабатывающих орудий электроискровым легированием / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев // Труды ГОСНИТИ. 2018. Т. 130. – С. 142–150. – EDN SCFVXY.

4. Патент на полезную модель № 198789 U1 Российская Федерация, МПК A01B 15/00. Устройство для фиксации стрельчатой лапы при наплавке валиков : № 2019145408 : заявл. 26.12.2019 : опубл. 28.07.2020 / Н.Ф. Скурятин, А.С. Мацан, А.С. Новицкий [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. – EDN HBQLLW.

5. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

УДК 629.3:621.3.019.8

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА НАДЁЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРАКТОРАМИ

Ямпольский О.Е., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Работоспособность электронных блоков управления существенно зависит от условий, в которых эксплуатируется техника. Климатические факторы играют значительную роль: высокая влажность провоцирует коррозию металлических элементов, а экстремальные температуры нарушают тепловой режим работы микросхем, приводя к перегреву или переохлаждению [1].

Пыль и абразивные частицы, проникающие в корпус ЭБУ, забивают вентиляционные отверстия, что ухудшает охлаждение и может вызвать короткое замыкание. Постоянные вибрации и удары, неизбежные при работе в поле, приводят к отслоению дорожек на печатных платах, ослаблению электрических контактов и появлению микротрещин, которые со временем разрастаются и вызывают отказы.

Качество электропитания – ещё один критический фактор. Скачки напряжения в бортовой сети и некачественное заземление провоцируют сбои в работе электроники и могут вывести из строя чувствительные компоненты. Агрессивные среды – пары топлива, масла, удобрений – ускоряют старение изоляционных материалов, снижая их диэлектрические свойства.

Кроме того, на надёжность ЭБУ влияет квалификация персонала. Неправильная эксплуатация – например, неквалифицированное подключение дополнительного оборудования или несоблюдение регламентов технического обслуживания – нередко становится причиной преждевременных отказов.

Чтобы повысить надёжность работы блоков управления, рекомендуется регулярно проводить их очистку и сушку, проверять герметичность корпусов и разъёмов [2]. Важно контролировать состояние аккумуляторов и генераторов, обеспечивающих стабильное питание. Использование стабилизаторов и фильтров питания помогает защитить электронику от скачков напряжения. Наконец, необходимо строго соблюдать регламенты обновления программного обеспечения, устанавливая только проверенные версии прошивок.

Профилактическая диагностика электронных блоков управления приносит ощутимую экономическую выгоду. Прежде всего, она позволяет существенно снизить простои техники – на 30…50%, поскольку выявляет дефекты на ранней стадии, до того, как они приведут к серьёзным поломкам. Это особенно важно в пиковые периоды полевых работ, когда каждая минута простоя может обернуться значительными убытками.

Кроме того, диагностика позволяет сократить затраты на ремонт на 25…40%. Это достигается за счёт предотвращения каскадных отказов: выявление и устранение мелкой неисправности на ранней стадии не даёт ей перерасти в масштабную поломку, требующую замены дорогостоящих узлов [3]. Например, своевременная

замена повреждённого датчика обходится значительно дешевле, чем последующий ремонт двигателя из-за некорректных сигналов.

Ещё один экономический эффект – увеличение межремонтного ресурса двигателя и трансмиссии на 15…25%. Благодаря корректной работе ЭБУ системы функционируют в оптимальных режимах, что снижает механический износ и продлевает срок службы агрегатов. В результате хозяйства могут дольше эксплуатировать технику без капитального ремонта, откладывая затраты на обновление парка машин.

Диагностика также способствует экономии топлива. Когда ЭБУ работает без сбоев, алгоритмы управления двигателем и трансмиссией обеспечивают максимально эффективное сжигание топлива и рациональное распределение мощности. На практике это даёт снижение расхода горючего на 5…10%, что при больших объёмах потребления приводит к существенной финансовой выгоде.

Повышается и точность агроопераций. Исправно работающий ЭБУ гарантирует точное соблюдение параметров: глубины вспашки, нормы высева, дозировки удобрений и т.п. Это снижает перерасход материалов и повышает качество обработки полей, что в конечном счёте отражается на урожайности и рентабельности хозяйства.

Наконец, профилактическая диагностика минимизирует риски аварий и нештатных ситуаций, вызванных отказами систем управления [4]. Предотвращение внезапных поломок защищает персонал и оборудование, снижает вероятность повреждения посевов и инфраструктуры, а также помогает избежать штрафов за нарушение экологических норм (например, из-за перерасхода топлива или неправильного внесения химикатов).

Окупаемость инвестиций в диагностическое оборудование и обучение персонала обычно составляет от 6 до 18 месяцев. Это делает внедрение диагностических процедур экономически обоснованным даже для небольших фермерских хозяйств: регулярные проверки окупаются за счёт сокращения эксплуатационных расходов и повышения производительности техники.

Список литературы

1. Новицкий А.С. Обеспечение качества услуг на предприятиях технического сервиса / А.С. Новицкий, С.В. Ковалев, Е.С. Батырев // Инновационные решения в агроинженерии в XXI веке : Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 16 декабря 2020 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2021. – С. 84–89. – EDN VILCRV.

2. Снижение трудоемкости ТОиР колесных тракторов / А.С. Новицкий, А.В. Бондарев, М.И. Романченко, Е.С. Батырев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 26–27. – EDN GLSOPL.

3. Романченко М.И. Диагностика и техническое обслуживание машин : лабораторный практикум / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2011. – 76 с. – EDN UIABVJ.

4. Романченко М.И. Диагностирование топливных насосов высокого давления по моменту начала нагнетания топлива / М.И. Романченко // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 57–64. – EDN ZHCEFN.

УДК 658.52:631.3

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ 5S НА РЕМОНТНЫХ УЧАСТКАХ

Чеботаев А.А., Ковалев С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Система 5S представляет собой базовый инструмент бережливого производства (lean production), который успешно применим на ремонтных участках агропромышленного комплекса. Внедрение этой системы актуально для снижения потерь времени и ресурсов, а также для повышения безопасности и производительности труда в условиях сельскохозяйственного производства. Основная цель работы – продемонстрировать эффективность системы 5S для оптимизации рабочих процессов на ремонтных участках.

Система 5S включает пять последовательных этапов, каждый из которых вносит вклад в общую оптимизацию рабочего пространства. Первый этап – сортировка (Seiri) – предполагает разделение предметов на нужные, редко используемые и ненужные с последующим удалением лишнего с рабочих мест. Следующий этап, самоорганизация (Seiton), направлен на рациональное размещение инструментов и материалов: каждой вещи должно быть отведено своё место. Третий этап – систематическая уборка (Seiso) – подразумевает поддержание чистоты и порядка, включая ежедневную уборку рабочих зон. Четвёртый этап, стандартизация (Seiketsu), заключается в разработке и внедрении стандартов организации рабочих мест и процессов. Завершающий этап – совершенствование (Shitsuke) – нацелен на формирование устойчивой культуры соблюдения стандартов и непрерывное улучшение рабочих практик.

На ремонтных участках агропромышленного комплекса часто встречаются проблемы, которые эффективно устраняются при внедрении системы 5S. Захламлённость рабочих мест затрудняет доступ к инструментам и оборудованию, что приводит к потере времени на поиск запчастей и расходных материалов. Беспорядок и загрязнения, такие как разлитое масло или металлическая стружка, повышают риск травматизма. Недостаточный уход за оборудованием провоцирует его преждевременный износ, а низкая дисциплина и ответственность персонала усугубляют общую неэффективность процессов. Система 5S позволяет комплексно решить эти проблемы.

Внедрение системы начинается с подготовительного этапа, который включает обучение персонала основам бережливого производства, формирование рабочей группы с участием руководителей и рабочих, а также выбор пилотного участка для апробации методики. На этапе реализации последовательно выполняются все шаги системы 5S: проводится «кампания красных ярлыков» для сортировки предметов, осуществляется разметка зон хранения и создаются визуальные инструкции, вводится график уборки и обслуживания оборудования, разрабатываются чек-листы и стандарты, а сотрудники вовлекаются в поиск улучшений. Завершающий блок мероприятий связан с контролем и поддержкой достигнутых результатов: организуются регулярные аудиты по чек-листам, внедряется

система мотивации за соблюдение стандартов, а при изменении рабочих процессов проводится корректировка существующих стандартов.

Внедрение системы 5S приносит комплексные результаты. В экономическом плане ожидается сокращение времени ремонта техники, снижение затрат на закупку дублирующих инструментов и запчастей, а также уменьшение простоев оборудования. С производственной точки зрения повышается общая производительность труда и улучшается качество ремонтных работ. Социальные и безопасные аспекты проявляются в снижении травматизма на за счёт устранения опасных факторов, росте дисциплины и вовлечённости персонала, а также в создании комфортной рабочей среды, что положительно сказывается на мотивации сотрудников.

При внедрении системы 5S могут возникать определённые трудности. Сопротивление персонала изменениям преодолевается через обучение, демонстрацию быстрых побед и вовлечение сотрудников в принятие решений. Формальное отношение к стандартам устраняется регулярными проверками, налаженной обратной связью и системой поощрений. Если наблюдается недостаток ресурсов для организации хранения, рекомендуется поэтапное внедрение системы с использованием подручных материалов, что позволяет минимизировать первоначальные затраты.

Система 5S – это доступный и эффективный инструмент для модернизации ремонтных участков агропромышленного комплекса, не требующий крупных инвестиций. Ключевым фактором успеха является вовлечённость руководства и персонала, а также системный подход к внедрению всех этапов методики. В перспективе целесообразно интегрировать систему 5S с другими инструментами бережливого производства, такими как TPM и SMED, чтобы добиться комплексного повышения эффективности технического сервиса в АПК.

Список литературы

1. Основы организации технического сервиса в агропромышленном комплексе : Учебник / И.Н. Кравченко, Ю.А. Кузнецов, А.В. Коломейченко [и др.]. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «КноРус», 2022. – 452 с. – (Бакалавриат и магистратура). – ISBN 978-5-406-08940-8. – EDN WHVHKI.

2. Технологические процессы ремонтного производства : учебно-методическое пособие для проведения практических работ по профессиональному модулю ПМ 03 Техническое обслуживание и диагностирование неисправностей сельскохозяйственных машин и механизмов / Е.С. Батырев, А.С. Новицкий, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 166 с. – EDN OJCROC.

3. Цыпкина И.В. Средства ИКТ для управления процессами оказания услуг в автосервисе / И.В. Цыпкина, И.И. Титова, В.М. Порицкий // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, , Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский АГУ, 2023. – С. 79–82. – EDN KEIHAN.

4. Цыпкина И.В. Определение качества услуг по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей / И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 01 декабря 2022 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 57–60. – EDN JSIBRZ.

УДК 621.311:631.3

ВНЕДРЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕМОНТНЫХ МАСТЕРСКИХ АПК

Масленников Р.А., Батырев Е.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В современных условиях ремонтным мастерским агропромышленного комплекса критически важно оптимизировать энергопотребление. Эти предприятия интенсивно используют электричество (для станков и освещения), тепло (для отопления) и сжатый воздух (для пневмоинструмента). При этом значительная доля энергии – до 30% – теряется из-за устаревшего оборудования, неэффективных систем отопления и вентиляции, нерационального освещения, а также утечек в пневмосетях и тепловых контурах [1]. Внедрение энергосберегающих технологий способно сократить затраты на энергоносители на 20…40%, что напрямую повышает рентабельность технического сервиса.

Ключевым направлением энергосбережения выступает модернизация электрооборудования. Замена асинхронных двигателей на модели с классом энергоэффективности IE3/IE4 в сочетании с установкой частотных преобразователей позволяет гибко регулировать обороты и снижать энергопотребление. Существенный эффект даёт оптимизация освещения: переход на LED-светильники с датчиками движения и естественного света, а также зонирование освещённости по участкам мастерской.

Не менее значима работа по теплосбережению. Утепление стен и ворот, монтаж тепловых завес и внедрение рекуперации воздуха в вентиляционных системах сокращают потери тепла. Эффективное использование сжатого воздуха достигается за счёт ликвидации утечек, применения регуляторов давления и установки ресиверов, сглаживающих пиковые нагрузки. Дополнительным ресурсом служат альтернативные источники энергии: солнечные панели для горячего водоснабжения и тепловые насосы для отопления.

На ремонтных участках целесообразно внедрять специализированные технологические решения. Станки с рекуперацией энергии возвращают часть мощности при торможении шпинделей. Инфракрасные обогреватели локального действия снижают расход тепла на 40…50% в зонах сборки. Автоматизированные системы управления энергопотреблением (АСУЭ) обеспечивают мониторинг и оптимизацию нагрузки в реальном времени. Энергоэффективные покрасочные камеры с рециркуляцией воздуха и фильтрами тонкой очистки уменьшают затраты на вентиляцию и очистку [2].

Экономический эффект от внедрения этих мер проявляется комплексно. За счёт LED-освещения и частотных преобразователей расходы на электроэнергию сокращаются на 25…35%. Утепление и рекуперация снижают затраты на отопление на 30…40%. Устранение утечек сжатого воздуха экономит 15…20% ресурсов. При комплексном подходе окупаемость инвестиций достигается за 2…4 года.

Экологические преимущества энергосбережения также существенны. Снижение потребления ископаемого топлива сокращает выбросы CO_2. Оптимизация нагрузки на электросети в пиковые часы уменьшает нагрузку на энергетическую инфраструктуру. Замкнутые циклы утилизации отработанных теплоносителей (масла, антифриза) минимизируют вредное воздействие на окружающую среду.

Для успешной реализации энергосберегающих инициатив необходимы организационные меры. Первоочередной шаг – энергоаудит мастерских, выявляющий «узкие места»: утечки, перегрев, избыточные мощности. Важна систематическая работа с персоналом: обучение принципам энергосбережения (режим работы оборудования, контроль утечек) и внедрение системы KPI, привязывающей премирование к показателям энергоэффективности.

Вместе с тем внедрение энергосберегающих технологий сопряжено с определёнными ограничениями. Высокая стоимость современного оборудования требует значительных первоначальных вложений. Квалифицированное обслуживание систем автоматизации предъявляет повышенные требования к компетенциям персонала. Эффективность солнечных панелей зависит от климатических условий региона, а отдельные решения (например, тепловые насосы) имеют длительные сроки окупаемости.

Перспективы развития связаны с интеграцией «умных сетей» (Smart Grid) для оптимизации закупок электроэнергии. Применение искусственного интеллекта позволит прогнозировать энергопотребление и автоматически регулировать нагрузку. Для малых мастерских актуальны модульные энергосберегающие решения, адаптируемые под конкретные условия. Дополнительным стимулом служат государственные программы: субсидии и льготные кредиты на внедрение «зелёных» технологий.

В заключение следует подчеркнуть, что энергосберегающие технологии в ремонтных мастерских АПК – это не только инструмент снижения эксплуатационных затрат, но и способ повышения экологической устойчивости предприятия. Они становятся фактором конкурентоспособности в условиях роста цен на энергоресурсы.

Список литературы

1. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

2. Совершенствование ремонта топливной аппаратуры двигателей внутреннего сгорания / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, А.С. Новицкий [и др.] // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 260–265. – EDN XJMYSC.

УДК 631.3:620.92

ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ТРАНСПОРТЕ: ПЕРВЫЕ ШАГИ

Хайченко А.В., Титова И.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В условиях глобального перехода к низкоуглеродной экономике аграрный сектор вынужден искать пути снижения экологической нагрузки. Сельскохозяйственная техника, работающая на дизельном топливе, остаётся существенным источником выбросов CO_2 и других загрязняющих веществ [1]. Одновременно обостряется проблема энергозависимости хозяйств: колебания цен на нефтепродукты напрямую влияют на операционные издержки и устойчивость производства.

Водородные технологии предлагают перспективную альтернативу. Их ключевые преимущества – нулевые выбросы (в результате работы образуется лишь водяной пар), высокая энергоэффективность и потенциал локального производства топлива. Для агропромышленного комплекса это особенно актуально: сельские территории располагают значительными ресурсами для генерации «зелёного» водорода – солнечной и ветровой энергией, а также биомассой. Внедрение водородных решений становится не просто технологическим экспериментом, а стратегическим шагом к устойчивому развитию отрасли.

Интеграция водородных технологий в сельскохозяйственный транспорт осуществляется по нескольким ключевым направлениям. Первое направление связано с модернизацией существующих двигателей внутреннего сгорания: их адаптируют для работы на газообразном водороде. Такой подход сохраняет конструктивную схожесть с традиционными дизельными двигателями, что упрощает процесс перехода и снижает затраты на переоборудование техники.

Второе направление предполагает использование топливных элементов, которые преобразуют химическую энергию водорода непосредственно в электричество для питания электромоторов. Этот метод демонстрирует высокий коэффициент полезного действия – до 60%, что существенно превышает показатели традиционных ДВС (35…40%). Кроме того, работа топливных элементов практически бесшумна, что улучшает условия труда операторов.

Третье направление – разработка гибридных систем, сочетающих водородные установки с аккумуляторами [2]. Такие решения повышают запас хода техники и обеспечивают гибкость эксплуатации в различных режимах работы.

Сфера применения водородных технологий охватывает широкий спектр сельскохозяйственной техники. Прежде всего, это основные рабочие машины – тракторы и комбайны, которые составляют основу парка сельхозтехники. Также водородные системы перспективны для транспортных средств, задействованных в перевозке урожая и удобрений. Вспомогательная техника – погрузчики и опрыскиватели – также может быть переведена на водородное топливо. Кроме

того, мобильные энергоустановки на водороде способны обеспечить энергоснабжение удалённых ферм, где отсутствует централизованная электросеть.

Центральным элементом водородных систем являются топливные элементы на протон-обменных мембранах (PEMFC) [3]. Их ключевые преимущества – быстрый запуск и способность эффективно работать при переменных нагрузках, что критически важно для сельскохозяйственной техники с её цикличным режимом эксплуатации.

Хранение водорода представляет собой отдельную техническую задачу. Наиболее распространённый способ – использование баллонов высокого давления (от 350 до 700 бар). Такие системы отличаются компактностью, но требуют усиленной защиты от механических повреждений. Альтернативный вариант – криогенные ёмкости для жидкого водорода, обладающие более высокой энергоплотностью, однако их эксплуатация сложнее из-за необходимости поддержания крайне низких температур [4, 5]. Перспективным направлением являются металлогидридные накопители, которые обеспечивают повышенную безопасность, хотя и имеют больший вес.

Особое внимание уделяется системам безопасности. В конструкцию обязательно включаются датчики утечек водорода, аварийные клапаны сброса давления и системы вентиляции отсеков. Для сельскохозяйственной техники критически важна устойчивость компонентов к агрессивным условиям эксплуатации: пыли, вибрациям и резким перепадам температур. Это требует разработки специальных защитных решений, обеспечивающих надёжность и долговечность водородных систем в полевых условиях.

Список литературы

1. Стребков С.В. Свойства бензина и эксплуатационная надежность двигателя / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 169 с. – ISBN 978-5-605-01367-9. – EDN HZLKMS.

2. Романченко М.И. Совершенствование методики расчета эксплуатационного расхода топлива для дизельных грузовых автомобилей / М.И. Романченко, А.Г. Пастухов // Грузовик. 2015. № 6. – С. 27–36. – EDN UIKSEJ.

3. Романченко М.И. Эксплуатационная регуляторная характеристика дизельного двигателя / М.И. Романченко // Техника в сельском хозяйстве. 2009. № 4. – С. 26–28. – EDN KYZAXR.

4. Стребков С.В. Оборудование и эксплуатация нефтебаз и автозаправочных станций / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, С.В. Ковалев. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина, 2024. – 145 с.

5. Стребков С.В. Надежность технических систем : учебное пособие / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – 185 с. – EDN ZWPMUI.

УДК 621.22

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЦИЛИНДРОВ

Петрушовец Д.С., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Гидравлические цилиндры играют ключевую роль в работе гидроприводов разнообразной техники – от зерноуборочных комбайнов до экскаваторов и погрузчиков [1]. Их исправность напрямую определяет производительность машин, задействованных в сельском хозяйстве, строительстве и коммунальном хозяйстве.

Нарушение герметичности цилиндров влечёт за собой целый ряд негативных последствий. Происходит утечка рабочей жидкости, падает давление в системе, нарушается стабильность работы исполнительных механизмов. Кроме того, попадание загрязнений ускоряет износ пар трения, что усугубляет ситуацию.

В процессе интенсивной эксплуатации цилиндры подвергаются серьёзным испытаниям: воздействию пыли и абразивных частиц, перепадам температур. Это приводит к износу уплотнений, коррозии штоков, появлению микроповреждений на корпусах [2]. В таких условиях восстановление герметичности становится экономически обоснованной альтернативой полной замене узла – особенно когда речь идёт о дорогостоящих гидроцилиндрах импортной техники.

Практика эксплуатации гидроцилиндров показывает, что они подвержены ряду характерных дефектов. Одним из наиболее распространённых является износ уплотнений, возникающий вследствие трения, естественного старения материала или воздействия агрессивных сред [3]. Это приводит к возникновению внешних и внутренних утечек, снижающих эффективность работы системы.

Коррозия штока – ещё одна типичная проблема. Она развивается при попадании влаги и нарушении защитного покрытия, вызывая задиры уплотнений и последующие протечки. Царапины и риски на поверхности штока, появляющиеся из-за абразивных частиц, также ускоряют износ уплотнительных элементов.

Дефекты гильзы цилиндра – задиры, коррозия, овальность – нарушают плотное прилегание уплотнений, что ведёт к потере герметичности. Повреждение резьбовых соединений, выражающееся в ослаблении гаек или износе резьбы, провоцирует смещение узлов и разгерметизацию.

Трещины корпуса, возникающие из-за перегрузок или ударных воздействий, требуют сложного ремонта либо полной замены цилиндра. Нарушение геометрии поршня – его изгиб или деформация – приводит к перекосу и неравномерному износу уплотнений.

Среди ключевых причин возникновения дефектов можно выделить несоблюдение регламентов технического обслуживания, использование некачественной рабочей жидкости, работу в условиях повышенной запылённости, превышение допустимых нагрузок и естественный износ при длительной эксплуатации.

Выявление дефектов гидроцилиндров требует комплексного подхода и применения разнообразных методов диагностики. Визуальный осмотр позволяет обнаружить следы утечек, коррозии и механические повреждения, которые могут указывать на проблемы с герметичностью.

Измерение давления даёт возможность проверить номинальное и максимальное давление в полостях цилиндра. Если давление падает, это свидетельствует о наличии внутренних или внешних утечек [4]. Тест на удержание нагрузки, предполагающий фиксацию штока под нагрузкой, помогает выявить внутренние перетёчки – о них говорит проседание штока.

Акустическая диагностика основана на выявлении характерных шумов – шипения или свиста, указывающих на утечки. Тепловизионный контроль позволяет обнаружить локальные перегревы в местах трения и утечек, что помогает локализовать проблемные зоны без разборки цилиндра.

Гидравлические испытания включают подачу рабочей жидкости под повышенным давлением с последующим контролем герметичности. Эндоскопия даёт возможность осмотреть внутреннюю поверхность гильзы без разборки цилиндра, выявляя задиры, коррозию и отложения.

Лабораторный анализ рабочей жидкости помогает определить содержание металлических частиц и загрязнений, что служит косвенным признаком износа компонентов. Современные методы диагностики нередко включают компьютерную обработку данных с датчиков давления и перемещения, что позволяет точно локализовать дефекты и прогнозировать ресурс узла.

Список литературы

1. Батырев Е.С. Принцип работы контактной электроискровой установки / Е.С. Батырев, В.М. Порицкий // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 9–10. – EDN HMNFSM.

2. Патент № 2782369 C1 Российская Федерация, МПК B23P 6/00, B23P 19/10, B23G 9/00. Способ восстановления резьбового соединения : № 2022106776 : заявл. 15.03.2022 : опубл. 26.10.2022 / А.В. Сахнов, С.В. Стребков, А.В. Бондарев [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. – EDN YPBDCB.

3. Патент № 2782367 C1 Российская Федерация, МПК B23P 6/00, B23P 19/10, B23G 9/00. Способ восстановления резьбовых соединений : № 2022103761 : заявл. 14.02.2022 : опубл. 26.10.2022 / А.В. Сахнов, С.В. Стребков, А.В. Бондарев [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. – EDN NUNDCJ.

4. Алтунин И.В. Восстановление ведомых дисков дифференциальных механизмов методом ЭИЛ / И.В. Алтунин, А.С. Жильцов, М.И. Романченко // Молодёжный аграрный форум – 2018 : Материалы международной студенческой научной конференции, Белгород, 20-24 марта 2018 года. Том 2. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2018. – С. 126. – EDN YVDEJB.

УДК 621.791:621.375.8

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ С 3D-СКАНИРОВАНИЕМ

Асыка А.В, Бережная И.Ш.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Одной из важнейших проблем современного производства является восстановление работоспособности вышедших из строя деталей и оборудования. Эффективным решением данной задачи выступает технология восстановления деталей методом лазерной наплавки с предварительным этапом точного измерения геометрии с помощью 3D-сканирования.

Метод лазерной наплавки заключается в нанесении слоя металлического материала поверх поврежденной поверхности детали с помощью направленной энергии лазера. Этот процесс обеспечивает высокоточное нанесение покрытия, повторяя исходную форму и размеры детали. Основным преимуществом данного подхода является минимальное тепловое воздействие на основу детали, что предотвращает деформацию и снижает вероятность возникновения внутренних напряжений. Перед началом наплавления важно точно измерить степень повреждения и износ детали. Именно здесь возникает необходимость применения технологий 3D-сканирования.

Для эффективного восстановления деталей необходима высокая точность воссоздания первоначальных размеров и формы. Эту задачу решает технология 3D-сканирования, которая создает точную копию геометрических параметров детали. Современное оборудование позволяет получать детализированные облака точек, характеризующие всю поверхность элемента с точностью до десятых долей миллиметра.

Полученное 3D-изображение используется для последующего проектирования траектории движения лазера и формирования стратегии нанесения покрытий. Это даёт возможность восстанавливать даже самые сложные детали, включая внутренние полости и труднодоступные участки. Подготовка поверхности детали к восстановлению играет ключевую роль в успешности всего процесса. Поверхность должна быть очищена от загрязнений, коррозии и старых покрытий. Только чистая и сухая поверхность обеспечит надежное сцепление нового металла с основой.

Следующим важным аспектом является выбор подходящего присадочного материала. Его химический состав и физические свойства должны соответствовать материалу основы, обеспечивая требуемую прочность соединения и коррозионную стойкость восстановленных участков. Процедура восстановления состоит из следующих шагов: подготовка поверхности путём механической чистки и обезжиривания; проведение 3D-сканирования и получение цифровой копии повреждённой детали; формирование маршрута лазерного луча и программы наплавления с учётом результатов сканирования; наплавление выбранного материала на поверхность детали; термообработка восстановленных участков для

снятия остаточных напряжений; контроль качества выполненного восстановления и финишная механическая обработка поверхности. При соблюдении всех этапов процесса обеспечивается высокое качество восстановленных деталей, сопоставимое с оригинальными изделиями.

Преимущества метода лазерной наплавки с 3D-сканированием включают: минимальное тепловое влияние на деталь; возможность полного восстановления сложных геометрических форм; высокая скорость и экономичность процесса; увеличенный срок эксплуатации восстановленных деталей.

Примером успешного применения лазерной наплавки в сельском хозяйстве является восстановление изношенных рабочих органов сельскохозяйственной техники. Эта технология позволяет восстановить первоначальные геометрические размеры сошников сеялок, лемехов плугов и дисков культиваторов, продлевая срок службы оборудования без необходимости замены дорогих оригинальных запчастей. Кроме того, метод широко используется для ремонта корпусов насосов, шестерён трансмиссий тракторов и комбайнов, что существенно снижает затраты хозяйств на техническое обслуживание и ремонт техники, обеспечивая её эффективную эксплуатацию даже в условиях интенсивного сельскохозяйственного производства.

Высокая точность процесса и минимальная нагрузка на основную конструкцию позволяют восстанавливать износившиеся элементы сельхозтехники быстро и качественно, сокращая затраты на приобретение новых запчастей и повышая общую надежность машин. Этот метод активно применяется в техническом сервисе аграрного сектора для повышения эффективности и снижения издержек обслуживания сельскохозяйственных агрегатов.

Список литературы

1. Пастухов А.Г. Экспериментальные исследования режимов электромеханического упрочнения детали типа «плунжер» / А.Г. Пастухов, О.А. Шарая, И.Ш. Бережная // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 129. – С. 148–157. – EDN ZTMFAX.

2. Разработка комбинированных технологий восстановления / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов, С.В. Ковалев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти д.т.н., профессора Вендина Сергея Владимировича, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 37–38. – EDN AZBCQX.

3. Pastukhov A.G. Assessment of wear of a work face of a plunger of a homogenizer of milk / A.G. Pastukhov, O.A. Sharay, I.Sh. Berezhnaya // Traktori i Pogonske Mašine. 2015. Vol. 20, No. 1. – P. 6–11. – EDN ZPEBMD.

4. К выбору технологии восстановления внутренней поверхности цилиндра двигателя внутреннего сгорания / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, С.В. Стребков [и др.] // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 45-летию ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. – С. 59–62. – EDN LIQYBO.

5. Ремонт крышки коллектора КПП трактора John Deere 7830 / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев, Б.С. Зданович // Сельский механизатор. 2014. № 12. – С. 34–35. – EDN TGPSCJ.

УДК 631.3(075.8)

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ВАЛОВ И ОСЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Гамочкин К.А., Бондарев А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Основными неисправностями осей и валов сельскохозяйственных машин является прогиб, скручивание, износ трущихся поверхностей, износ отверстий или срыв резьбы [1, 2].

В зависимости от материала, диаметра и величины изгиба, оси и валы правят в холодном или нагретом состоянии на гидравлическом или ручном прессе. Оси и валы, диаметром более 30 мм правят обычно в нагретом состоянии. Изогнутый участок нагревают до темно-коричневого цвета каления (500…550°С)

Кривоколенные оси плугов, культиваторов с нарушением угла между коленами правят при местном нагреве до светло-красного цвета (830…900°С) и закаливают колено оси.

Скручивание валов ликвидируют таким образом: один конец вала зажимают в тисках, другой газовым ключом или специальным захватом поворачивают в направлении, противоположном скрученному участку. Скрученный вал в среднем части предварительно нагревают до 830…900°С. Изношенные трущиеся поверхности восстанавливают наплавкой листа при газоэлектросварке и механической обработке. Толщина направленного слоя металла после механической обкатки должна быть не меньше 1,5…2 мм, поэтому валы с небольшим износом предварительно протачивают, а затем наплавляют. При ручной наплавке рекомендуется использовать электроды Э-42 и Э-50. В ремонтной практике в последнее время широкое распространение получили способы наплавки валов в среде углекислого газа при помощи полуавтоматов А-547, А-547Р. Для наплавки используют проволоку диаметром 0,5…2,55мм. В зависимости от максимальной величины тока наплавки применяют горелки с водяным охлаждением и без охлаждения.

Шпоночные пазы, смятые и изношенные более чем на 10…15% по сравнению с нормальной шириной, обрабатывают под ремонтный размер или заваривают и изготавливают новые [3, 4]. Шпоночные пазы обрабатывают фрезерных, строгальных, токарных станках используя приспособления. После ремонта непараллельность боковых поверхностей шпоночного паза на всей длине допускается не более 0,13 мм.

Изношенные шлицы вала восстанавливают электронаплавкой. Шлицы можно заваривать сплошь или направлять только их боковые поверхности. После наплавки вала шлицы протачивают и фрезеруют на фрезерном станке фасонной фрезой.

Поврежденные резьбовые поверхности валов и осей восстанавливают перенарезанием резьбы под ремонтный размер или наплавкой металла на

поврежденные резьбовые поверхности [5, 6]. Радиальные отверстия в осях и валах сверлят на специальном приспособлении.

Одной из сложных операций при восстановлении шпоночных соединений является обработка шпоночных пазов в отверстиях ступиц. Изготовить новый паз, взамен изношенного вручную очень трудно, применить стандартные заводские протяжки нет возможности [7]. Поэтому наиболее целесообразным вариантом будет изготовить приспособление для строгания шпоночных пазов к горизонтально-фрезерному станку.

Приспособление для строгания шпоночных пазов представляет собой механизм, в котором вращательное движение шпинделя горизонтально-фрезерного станка с помощью кулисного механизма преобразуется в возвратно-поступательное движение борштанги с резцом.

Таким образом, инженерно-техническая служба агропредприятия может организовать восстановление валов и осей сельскохозяйственной техники собственными силами.

Список литературы

1. Стребков С.В. Технология ремонта машин : Учебное пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2016. – 182 с.

2. Лабораторный практикум по технологии ремонта машин. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2018. – 87 с. – EDN FVNNBE.

3. К выбору технологии восстановления внутренней поверхности цилиндра двигателя внутреннего сгорания / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, С.В. Стребков [и др.] // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 59–62.

4. Ремонт крышки коллектора КПП трактора John Deere 7830 / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев, Б.С. Зданович // Сельский механизатор. 2014. № 12. – С. 34–35.

5. Strengthening of cultivator Paws with electrospark doping / S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev, A. Sakhnov // Engineering for Rural Development, Jelgava, 22-24 мая 2019 года. Vol. 18. – Jelgava : Без издательства, 2019. – P. 549–554. – DOI 10.22616/ERDev2019.18.N178.

6. Об упрочнении рабочей кромки почвообрабатывающих орудий электроискровым легированием / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев // Труды ГОСНИТИ. 2018. Т. 130. – С. 142–150.

7. Патент № 2782367 C1 Российская Федерация, МПК B23P 6/00, B23P 19/10, B23G 9/00. Способ восстановления резьбовых соединений : № 2022103761 : заявл. 14.02.2022 : опубл. 26.10.2022 / А.В. Сахнов, С.В. Стребков, А.В. Бондарев [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ.

УДК 631.363.21

ВОССТАНОВЛЕНИЕ МОЛОТКОВ МОЛОТКОВЫХ КОРМОДРОБИЛОК

Колесников А.Ю., Сахнов А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Молотки молотковых кормодробилок являются одним из наиболее интенсивно изнашиваемых рабочих органов, поскольку в процессе дробления зерна они постоянно подвергаются ударным, динамическим и абразивным нагрузкам. Износ молотков приводит к снижению эффективности измельчения, увеличению энергопотребления, ухудшению качества готового продукта и росту эксплуатационных затрат. Исследования показывают, что характер износа определяется не только твердостью обрабатываемого материала, но и углом отклонения молотка в рабочей зоне, скоростью вращения ротора, влажностью и подачей сырья. Например, теоретические и экспериментальные данные указывают, что оптимизация конструктивных параметров, таких как угол наклона рабочей грани (16…18°), позволяет уменьшить проскальзывание зерна по поверхности молотка и, как следствие, снизить интенсивность его истирания [1].

Существенное влияние на долговечность молотков оказывает выбор материала. Экспериментальные исследования свидетельствуют, что молотки, изготовленные из высокоуглеродистой стали У8А, демонстрируют износостойкость, в несколько раз превышающую характеристики стандартных пластинчатых молотков из стали 65Г [2, 3]. Это обусловлено более высокой твёрдостью и устойчивостью к абразивным нагрузкам, что подтверждается результатами сравнительных испытаний. Дополнительно повышение ресурса может быть достигнуто за счёт проектирования составных молотков, в которых рабочая грань выполнена из более твёрдого металла, что увеличивает их срок службы и снижает затраты на эксплуатацию оборудования.

Современные методы восстановления молотков направлены на снижение затрат на их замену и увеличение межремонтных интервалов. Одним из наиболее распространённых способов является наплавка – нанесение износостойких материалов на рабочую поверхность молотка [4]. Практика применения наплавочных технологий показывает, что правильный выбор наплавочного материала (в том числе сплавов с повышенной твёрдостью, износостойких композитов или металлокерамики) позволяет значительно увеличить срок службы молотков. Защитная наплавка формирует рабочий слой, устойчивый как к ударным, так и к абразивным воздействиям, что позволяет использовать молотки значительно дольше без снижения эффективности дробления.

Ключевым фактором успешного восстановления является грамотно организованный технологический процесс: подготовка поверхности молотка, удаление дефектов, выбор режима наплавки, контроль структуры и твердости полученного покрытия. Производственные специалисты отмечают, что наплавка позволяет не только восстановить геометрию изношенной детали, но и улучшить её эксплуатационные свойства, обеспечивая увеличение срока службы молотков в

1,5…3 раза [5]. Кроме того, использование наплавленных молотков снижает эксплуатационные затраты, поскольку оборудование реже простаивает для ремонта, а качество измельчения остаётся стабильным на протяжении длительного периода работы.

Таким образом, восстановление молотков молотковых кормодробилок является важной технологической задачей, направленной на повышение надежности и эффективности работы кормоперерабатывающего оборудования. Применение современных материалов, оптимизация конструктивных параметров и использование износостойких наплавочных технологий позволяют существенно увеличить ресурс молотков и снизить затраты на эксплуатацию оборудования в целом.

Список литературы

1. Об упрочнении рабочей кромки почвообрабатывающих орудий электроискровым легированием / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев // Труды ГОСНИТИ. 2018. Т. 130. – С. 142–150. – EDN SCFVXY.

2. Патент на полезную модель № 198789 U1 Российская Федерация, МПК A01B 15/00. Устройство для фиксации стрельчатой лапы при наплавке валиков : № 2019145408 : заявл. 26.12.2019 : опубл. 28.07.2020 / Н.Ф. Скурятин, А.С. Мацан, А.С. Новицкий [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. – EDN HBQLLW.

3. Батырев Е.С. Принцип работы контактной электроискровой установки / Е.С. Батырев, В.М. Порицкий // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 9–10. – EDN HMNFSM.

4. Соловьев Е.В. Определение параметров восстановления полуоси вибродуговой наплавкой / Е.В. Соловьев, И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Агроинженерия в XXI веке: проблемы и перспективы : материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции с международным участием, п. Майский, 28 октября 2019 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 349–352. – EDN BXUFJQ.

5. Бондарев А.В. Исследование дефектов полуоси колесного трактора классической компоновки / А.В. Бондарев, И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 246–251. – EDN OUOMVV.

УДК 631.3(075.8)

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ ОПОРНОГО КАТКА

Литвин Д.В., Ковалев С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Опорные катки ходовой части гусеничных тракторов относятся малооборотным высоконагруженным деталям частота вращения колеблется в пределах 70…300 об/мин. При работе они воспринимают значительные статические (до 7 кН) и динамические нагрузки, зависящие от скорости движения трактора и условий работы. Опорный каток изготавливают из стали 45Л.

Опорный каток напрессован на ось, которая вращается на двух конических роликоподшипниках в ступице каждого балансира. Проворачиванию и спаданию катков с осей препятствует шпонка и гайка. Подшипники смазываются жидкой смазкой. Торцовое уплотнение предупреждает вытекание смазки [1].

Характерными дефектами опорных катков является: износ обода; износ шпоночных канавок; износ посадочных отверстий под оси; трещины на ободе и ступицах; деформации колпака уплотнения.

Опорные катки изнашиваются по диаметру. Ободья катков изнашиваются неравномерно: их износ составляет 315 мм. Характерные дефектов обода катка – эллипсоидность, конусность, бочкообразность, огранка, лыски, трещины. Эллипсоидность и бочкообразность обода встречается у 90% катков, поступающих в ремонт [2]. На поверхности обода образуются раковины. Дальнейшая эксплуатация таких опорных катков обычно приводит к сколу обода.

На части опорных катков (56%) вследствие неподвижного положения из-за износа посадочного отверстия и шпонки или заклинивания оси возникает огранка.

Изнашивание обода приводит к уменьшению диаметра, а, следовательно, и толщины обода. Также вследствие неподвижного положения катка из-за заклинивания оси, либо других причин, возникает эллипсоидность, бочкообразность, огранка, сто при восстановлении требует дополнительных затрат на их механическую обработку [3]. Также этот дефект является наиболее важным параметром, определяющим надежность и долговечность работы деталей ходовой системы гусеничного трактора.

Восстановление изношенных ободьев опорных катков является наиболее трудоемкой и ответственной операцией в технологическом процессе восстановления опорных катков. На основании многолетних исследований ведущих ученых-ремонтников по распределению износа опорных катков тракторов класса 30 кН, установлено, что около 18…20% катков выбраковываются при диаметре более 340 мм, то есть значительно раньше, чем предусмотрено техническими условиями. Это приводит к недоиспользованию ресурса детали, перерасходу запасных частей и денежных средств, что недопустимо в современных условиях.

Для восстановления изношенных ободьев опорных катков можно применить следующие способы устранения (восстановления) дефектов: бандажирование (постановка дополнительной ремонтной детали ручным и механизированным способами) [4, 5]; наплавка под слоем флюса; наплавка в среде углекислого газа; широкослойная наплавка (колеблющимся электродом или лентой); электрошлаковая наплавка; заливка жидким металлом; широкослойная наплавка с применением дополнительного присадочного материала.

Ступицы катка, восстанавливают осадкой в специальном штампе с последующим дорнованием отверстия и калибровкой шпоночного паза. Все операции по восстановлению ступицы производят на гидравлическом прессе. В ряде случаев возможна растачивание изношенного отверстия до ремонтного размера. Заварку трещин в месте перехода диска к ободу и на спицах, а также трещин и дефектов наплавленного слоя производят электродами ОЗС-4, Э-46Т диаметром 4 мм. Деформацию колпака устраняют правкой. При нарушении его целостности – заменяют. При замене изношенный колпак уплотнения срубают по сварным швам, запрессовывают новый и приваривают в трех местах электродами ОЗС-3 или Э-46. Шпоночную канавку обрабатывают под шпонку увеличенного размера.

Список литературы

1. Лабораторный практикум по технологии ремонта машин. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2018. – 87 с.

2. Strengthening of cultivator Paws with electrospark doping / S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev, A. Sakhnov // Engineering for Rural Development, Jelgava, 22-24 мая 2019 года. Vol. 18. – Jelgava : Без издательства, 2019. – P. 549–554. – DOI 10.22616/ERDev2019.18.N178.

3. Economic evaluation of recovery of parts of foreign equipment by gas-dynamic spraying / S. Strebkov, A. Turyanskiy, A. Bondarev, A. Slobodyuk // Engineering for Rural Development : Proceedings, Jelgava, 23-25 мая 2018 года. Vol. 17. – Jelgava : Latvia University of Agriculture, 2018. – P. 1336–1345. – DOI 10.22616/ERDev2018.17.N130.

4. Стребков С.В. Энергетическая теория применительно к трибологии / С.В. Стребков // Труды ГОСНИТИ. 2011. Т. 107, № 1. – С. 11–12.

5. Strebkov S. Restoration of the working body of the John Deere 512 disk ripperwith multilayer front surfacing / S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev // Engineering for Rural Development : 19, Jelgava, 20-22 мая 2020 года. – Jelgava, 2020. – P. 102–106. – DOI 10.22616/ERDev.2020.19.TF023.

УДК 631.3(075.8)

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ ВАЛА КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРА

Яковлев С.Н., Бондарев А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Одним из ключевых факторов интенсификации производительности труда в агропромышленном комплексе выступает наращивание темпов механизации и повышение уровня технической оснащённости сельскохозяйственного производства.

В структуре себестоимости капитального ремонта машинно-тракторного парка доля затрат на приобретение запасных частей составляет 60…70% [1].

Существенным резервом снижения затрат на ремонт является реновация (восстановление) изношенных деталей с последующим их повторным применением. Поскольку себестоимость восстановления большинства компонентов не превышает 20…60% от стоимости новой детали, проведение качественного капитального ремонта обладает значительной экономической эффективностью [2, 3].

Применение передовых технологий восстановления (наплавка, напыление, гальванические покрытия, пластическое деформирование и др.) позволяет: обеспечить длительный ресурс работоспособности восстановленных деталей; сократить расход запасных частей и эксплуатационных материалов; минимизировать издержки на техническое обслуживание и ремонт.

На современном этапе развития отрасли существует широкий спектр технологических методов восстановления деталей, которые классифицируются по следующим критериям [4]: конструктивные особенности (форма, размеры, материал); технологические признаки (метод обработки, требуемое оборудование, допуски и посадки).

В результате научно-технического прогресса появляются инновационные методы восстановления изношенных компонентов автотракторной техники, включая: высокопроизводительные автоматизированные и полуавтоматизированные комплексы; лазерные и плазменные технологии; методы аддитивного производства (3D-печать).

Данные технологии позволяют: повышать ресурс отремонтированных деталей до 80% и выше от номинального; обеспечивать соответствие восстановленных компонентов требованиям нормативно-технической документации (ГОСТ, ТУ); снижать экологическую нагрузку за счёт вторичного использования материалов.

Для выполнения регламентных работ по техническому обслуживанию (ТО-1, ТО-2, ТО-3) и капитального ремонта в хозяйствах функционируют ремонтные мастерские, оснащённые базовым оборудованием для: диагностики узлов и агрегатов; разборки и сборки машин; выполнения слесарно-механических операций.

Однако в большинстве мастерских отсутствует специализированное оборудование для: капитального ремонта узлов и агрегатов (двигатели, трансмиссии, гидросистемы); восстановления корпусных деталей (блоки цилиндров, картеры, рамы); применения высокотехнологичных методов восстановления (например, роботизированной наплавки, ионно-плазменного напыления). Это ограничивает возможности проведения полного цикла ремонтных работ и вынуждает хозяйства прибегать к услугам сторонних специализированных предприятий.

Важными элементами, обеспечивающим безотказность работы трансмиссии являются валы коробок передач. Они конструктивно похожи и имеют характерные типовые дефекты: износ посадочных шеек под шарико- и роликоподшипники; износ, срыв или повреждение резьбы; износ шлицевых поверхностей; износ посадочных поверхностей под шестерни. Имея определенный остаточный ресурс изношенные поверхности можно восстановить различными способами: железнением; газодинамическим напылением; наплавкой в среде углекислого газа; электродуговой металлизацией; газопламенным напылением; электроконтактной приваркой стальной ленты; вибродуговой наплавкой.

При выборе способа восстановления необходимо учитывать степень термического воздействия и изменения при этом физико-механических свойств материала вала, а также возможность деформирования при температурном воздействии или разрушения, что характерно для проходных пустотелых валов трубчатой формы. Комплексную оценку альтернативных вариантов, как правило, проводят с использованием технического, технологического и технико-экономического критериев.

Список литературы

1. Ремонт крышки коллектора КПП трактора John Deere 7830 / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев, Б.С. Зданович // Сельский механизатор. 2014. № 12. – С. 34–35.

2. Economic evaluation of recovery of parts of foreign equipment by gas-dynamic spraying / S. Strebkov, A. Turyanskiy, A. Bondarev, A. Slobodyuk // Engineering for Rural Development : Proceedings, Jelgava, 23-25 мая 2018 года. Vol. 17. – Jelgava : Latvia University of Agriculture, 2018. – P. 1336–1345. – DOI 10.22616/ERDev2018.17.N130.

3. Лабораторный практикум по технологии ремонта машин. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2018. – 87 с.

4. Стребков С.В. Технология ремонта машин : Учебное пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2016. – 182 с.

УДК 631.331

ВОССТАНОВЛЕНИЕ СТРЕЛЬЧАТЫХ КУЛЬТИВАТОРНЫХ ЛАП ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКОЙ

Бутримов А.Н., Сахнов А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Стрельчатые культиваторные лапы являются ключевыми рабочими органами почвообрабатывающих машин и подвергаются интенсивному абразивному износу уже в первые сотни гектаров обработки. Из-за постоянного контакта с минеральными включениями, плотной почвой и растительными остатками их режущая часть стремительно теряет геометрию, что приводит к ухудшению качества рыхления, увеличению тягового сопротивления и повышенному расходу топлива [1]. Устранение этих дефектов посредством замены лап влечёт значительные затраты, поэтому восстановление и упрочнение рабочих органов методом плазменной наплавки является одним из наиболее перспективных технических решений для повышения ресурса и эффективности культиваторов. Научные исследования подтверждают, что использование современных материалов и технологий восстановления позволяет кратно повысить ресурс стрельчатых лап и сократить эксплуатационные расходы хозяйств.

Плазменная наплавка, как разновидность высокоэнергетических методов восстановления, обеспечивает формирование износостойкого слоя при минимальной зоне термического влияния и высокой адгезии наплавленного материала к основному металлу [2]. Этот метод характерен высокой степенью управляемости процесса: можно регулировать толщину покрытия, тепловложение, структуру металла и свойства наплавленного слоя. Согласно современным исследованиям, плазменная модификация позволяет снижать тяговое сопротивление культиваторных лап за счёт формирования более равномерной структуры рабочего слоя и оптимизации коэффициента трения на поверхности покрытия [3]. Такие покрытия демонстрируют повышенные физико-механические свойства, включая твёрдость, стойкость к истиранию и сопротивление динамическим нагрузкам.

Эксперименты показывают, что использование порошков на основе карбидов, металлических композиционных сплавов и износостойких сочетаний (например, WC-Co) обеспечивает формирование наплавленного материала с мелкозернистой структурой и повышенной плотностью. Это существенно увеличивает срок службы лап в условиях интенсивного изнашивания. Методика нанесения покрытия плазменной наплавкой также позволяет уменьшить шероховатость и снизить коэффициент трения, что уменьшает энергоёмкость процесса культивации. Применение подобных технологий обеспечивает прирост ресурса стрельчатых лап до 2…3 раз по сравнению с традиционными методами восстановления, такими как газотермическое напыление или электродуговая наплавка, которые часто приводят к деформации детали или к недостаточной адгезии наплавленного слоя [4, 5].

Среди современных направлений развития технологии выделяют комбинированные методы: нанесение порошков износостойких сплавов с последующей плазменной или лазерной обработкой поверхности, что позволяет дополнительно улучшить структуру покрытия и упорядочить распределение карбидных включений в металле. Важное значение имеет также правильная подготовка поверхности стрельчатой лапы – её очистка, снятие окислов и механическая обработка, обеспечивающие лучшую адгезию материала. Научные обзоры показывают, что применение биметаллических сталей и износостойких наплавочных систем способствует существенному улучшению эксплуатационных свойств рабочих органов и повышению эффективности полевых работ.

Таким образом, восстановление стрельчатых культиваторных лап методом плазменной наплавки представляет собой высокотехнологичный и экономически обоснованный способ увеличения их ресурса. Эта технология позволяет сочетать высокую точность, низкое тепловложение и применение современных износостойких материалов, что обеспечивает улучшение качества почвообработки, снижение затрат на эксплуатацию техники и повышение эффективности аграрного производства.

Список литературы

1. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

2. Патент на полезную модель № 198789 U1 Российская Федерация, МПК A01B 15/00. Устройство для фиксации стрельчатой лапы при наплавке валиков : № 2019145408 : заявл. 26.12.2019 : опубл. 28.07.2020 / Н.Ф. Скурятин, А.С. Мацан, А.С. Новицкий [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. – EDN HBQLLW.

3. Дефекты плужных лемехов / С.В. Ковалев, Е.С. Батырев, И.И. Титова, И.В. Цыпкина // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 22–23. – EDN TFOQVU.

4. Об упрочнении рабочей кромки почвообрабатывающих орудий электроискровым легированием / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев // Труды ГОСНИТИ. 2018. Т. 130. – С. 142–150. – EDN SCFVXY.

5. Батырев Е.С. Принцип работы контактной электроискровой установки / Е.С. Батырев, В.М. Порицкий // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 9–10. – EDN HMNFSM.

УДК 621.431

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ: МЕТОДЫ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

Барышников В.О., Соколов А.С., Порицкий В.М.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Восстановление цилиндро-поршневой группы (ЦПГ) – это комплекс мероприятий, направленных на устранение износа и повреждений ключевых деталей двигателя: поршней, гильз цилиндров, поршневых колец и поршневых пальцев. Цель таких работ – вернуть ЦПГ к заводским параметрам или близким к ним, восстановить компрессию, снизить расход масла и топлива, а также продлить ресурс двигателя. Современные подходы сочетают традиционные методы механической обработки с инновационными технологиями нанесения покрытий и упрочнения поверхностей, что позволяет добиться высокой надёжности и долговечности восстановленных узлов.

Процесс восстановления ЦПГ начинается с диагностики: измерения износа цилиндров, проверки геометрии гильз, оценки состояния поршней и колец. На основе полученных данных выбирают оптимальный метод ремонта.

При значительном износе гильз цилиндров применяют механическую обработку. Растачивание увеличивает внутренний диаметр гильзы до ремонтного размера, а последующее хонингование создаёт микрорельеф на поверхности, улучшающий удержание масла и снижающий трение. В отдельных случаях используют карцевание – обработку зеркала цилиндра специальными щётками с кристаллами кремния, которая не меняет диаметр, но выравнивает поверхность и улучшает скольжение поршней и колец. Если износ слишком велик, прибегают к гильзовке: старые гильзы удаляют, а на их место устанавливают новые, которые затем растачивают и хонингуют до нужного размера.

Поршни восстанавливают разными способами. Изношенные канавки под поршневые кольца протачивают на токарном станке под увеличенный размер ремонтных колец. Для более серьёзного ремонта применяют аргоно-дуговую наплавку, которая позволяет восстановить верхнюю канавку под компрессионное кольцо. В некоторых случаях компенсируют износ установкой пружинного кольца из стальной ленты. Если поршень имеет заводское антифрикционное покрытие на юбке, его восстанавливают или наносят новый слой современных материалов.

Восстановление поршневых пальцев включает электролитическое наращивание (хромирование или железнение), которое увеличивает наружный диаметр за счёт осаждения металла на поверхности. Также применяют методы пластической деформации: раздачу пуансоном, раскатку в горячем состоянии или гидротермическую раздачу. Эти способы позволяют вернуть детали исходную геометрию без потери прочности.

Современные технологии расширяют возможности восстановления. Микродуговое оксидирование (МДО) формирует на поверхности композиционное

наноструктурное покрытие из оксидов алюминия, повышая износостойкость и антикоррозионные свойства. Однако у метода есть ограничения: низкая теплопроводность покрытия может влиять на тепловой режим двигателя, а высокая твёрдость – увеличивать износ сопряжённых деталей. Альтернативой служит искровое упрочнение (ИУ), при котором импульсный искровой разряд создаёт покрытие из оксидов или нитридов материала подложки. Толщина слоя достигает 300 мкм, а микротвёрдость – 24 ГПа, при этом геометрия детали не меняется, и покрытие можно наносить локально. Газоплазменное напыление и пористое хромирование также активно используются для создания износостойких рабочих слоёв на основе железа.

Дополнительно применяют триботехнические составы – добавки в моторное масло, формирующие на изношенных поверхностях защитный металлический слой. Они помогают восстановить компрессию, снизить расход масла и топлива, а также замедлить дальнейший износ.

Однако у каждого метода есть свои ограничения. Механическая обработка под ремонтный размер снижает ресурс детали из-за уменьшения твёрдости поверхности. Работа с алюминиевыми сплавами требует особого внимания из-за риска коробления и внутренних напряжений. Некоторые технологии нанесения покрытий (например, МДО) сложны в реализации и могут ухудшать тепловой режим двигателя.

Восстановление ЦПГ – многоэтапный процесс, требующий комплексного подхода и учёта множества факторов: степени износа, материала деталей, требований к ресурсу двигателя и доступных технологий. Современные методы позволяют не только вернуть ЦПГ к работоспособному состоянию, но и улучшить её характеристики за счёт износостойких покрытий и упрочняющих технологий. Однако выбор конкретного способа зависит от конкретной ситуации: иногда достаточно механической обработки, а в сложных случаях нужны инновационные решения.

Список литературы

1. Плют А.С. Разработка устройства для выпрессовки гильз цилиндров / А.С. Плют, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 282. – EDN FGPDBZ.

2. Сергеев Д.С. Приспособление для проверки гильз цилиндров / Д.С. Сергеев, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 312–313. – EDN AOLZUM.

3. К выбору технологии восстановления внутренней поверхности цилиндра двигателя внутреннего сгорания / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, С.В. Стребков [и др.] // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 59–62. – EDN LIQYBO.

4. Карташов Д.Н. О причинах износа автотракторных двигателей внутреннего сгорания / Д.Н. Карташов, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 221. – EDN NDTSOO.

УДК 631.171

ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ХОЗЯЙСТВЕ

Бабанин Р.А., Романченко М.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В агропромышленном комплексе ежегодно образуется значительное количество металлических отходов – отработавшие срок тракторы, комбайны, навесное оборудование, каркасы теплиц, силосные башни, ограждения и другие стальные конструкции. Вторичное использование этих материалов позволяет сократить затраты на закупку нового металла, уменьшить экологическую нагрузку и повысить ресурсоэффективность хозяйств [1]. Цель работы – изучить возможности и технологии вторичного использования стальных конструкций в АПК, оценить их экономическую и экологическую целесообразность.

Стальные конструкции, пригодные для повторного применения, поступают из разных источников. Прежде всего, это списанная сельскохозяйственная техника – рамы тракторов и комбайнов, элементы прицепов, кузова машин. Также к ним относятся демонтированные сооружения: каркасы старых теплиц, зернохранилищ, животноводческих комплексов, силосные башни и бункеры.

Дополнительными источниками служат отработавшие металлоконструкции инфраструктуры – ограждения, опоры линий электропередачи, складские стеллажи, металлические ворота и навесы. Нередко в хозяйствах остаются остатки строительных материалов – профильные трубы, швеллеры, уголки, листы, которые можно задействовать повторно.

Несмотря на очевидные преимущества, вторичное использование стальных конструкций сталкивается с рядом сложностей. Прежде всего, требуется тщательная оценка технического состояния металла – выявление коррозии, усталостных трещин, деформаций и остаточных напряжений.

Демонтаж старых конструкций нередко трудоёмок и требует специального оборудования. Сортировка и очистка металла от загрязнений (масла, краски, ржавчины) также увеличивают затраты [2]. Кроме того, не всегда удаётся точно определить марку стали и её механические свойства, что ограничивает применение в ответственных узлах.

Логистические проблемы возникают при транспортировке крупногабаритных элементов к месту переработки или монтажа. Наконец, отсутствие стандартизированных методик оценки пригодности вторичного металла сдерживает его широкое внедрение в агрохозяйствах.

Для подготовки стальных конструкций к повторному использованию применяют различные технологии. Первым этапом служит очистка – механическая (шлифовка, пескоструйная обработка) или химическая (травление, обезжиривание) [3]. Затем проводят дефектоскопию: визуальный осмотр, ультразвуковую или магнитную дефектоскопию для выявления скрытых дефектов.

При необходимости выполняют ремонт: сварку трещин, усиление ослабленных участков, замену повреждённых элементов. Для защиты от коррозии наносят защитные покрытия – грунтовки, эмали, цинкование или горячее оцинкование. В отдельных случаях применяют термическую обработку для снятия остаточных напряжений.

Крупногабаритные конструкции разрезают на фрагменты нужного размера с помощью газовой, плазменной или лазерной резки. При необходимости проводят правку деформированных элементов на прессах или вальцах.

Вторично используемые стальные конструкции находят широкое применение в агрохозяйствах. Из восстановленных рам и балок создают новые навесы, склады, загоны для скота. Металлические профили и листы идут на ремонт и строительство теплиц, зернохранилищ, мастерских.

Отдельные элементы используют для изготовления ограждений, ворот, калиток, опор для шпалер в садах и виноградниках. Из обрезков труб и уголков делают стеллажи, лестницы, перила, каркасы для оборудования.

В полеводстве восстановленный металл применяют для ремонта техники – изготовления защитных кожухов, бункеров, транспортёров. Небольшие детали служат заготовками для ремонта сельхозинструмента и приспособлений.

Вторичное использование стали даёт заметный экономический эффект. Затраты на закупку нового металла сокращаются на 30…50% по сравнению с приобретением первичных материалов. Снижаются расходы на утилизацию металлолома – вместо вывоза на свалку конструкции задействуются в хозяйстве.

Ремонт и восстановление старых конструкций часто обходится дешевле, чем покупка новых аналогов. Кроме того, хозяйства могут получать дополнительный доход, продавая излишки металлолома или предлагая услуги по демонтажу и переработке другим предприятиям.

Окупаемость инвестиций в оборудование для обработки стали (шлифовальные станки, сварочные аппараты, пескоструйные установки) составляет 2…3 года при регулярном объёме работ. Долгосрочно это повышает рентабельность агрохозяйств и снижает себестоимость продукции.

Список литературы

1. Порицкий В.М. Мобилизация ТОиР на предприятиях агропромышленного комплекса / В.М. Порицкий, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 294. – EDN MIRUCU.

2. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

3. Бондарев А.В. Анализ причин выхода из строя полуоси колесного трактора классической компоновки / А.В. Бондарев, И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее : Материалы XXIII международной научно-производственной конференции «Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее», Майский, 28-29 мая 2019 года. Том 1. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 69–70. – EDN JKULYW.

УДК 502.681.3

ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ СЕЯЛКИ – СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Постников Е.В., Сахнов А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Высевающий аппарат – ключевой компонент сеялки, от которого напрямую зависят агротехнические показатели посева: точность нормы высева, равномерность распределения семян по площади и глубина их заделки в почву. Оптимизация его работы позволяет повысить урожайность и снизить экономические издержки посевной кампании.

На сегодняшний день выделяют три основных типа высевающих аппаратов: механические (катушечные, дисковые), пневматические (вакуумные и нагнетательные) и комбинированные [1]. Механические аппараты отличаются простотой конструкции и обслуживания, но уступают в точности высева. Пневматические системы обеспечивают высокую точность дозирования, однако требуют сложного технического обслуживания. Комбинированные решения стремятся объединить надёжность механических и точность пневматических аппаратов.

Ключевыми параметрами, определяющими эффективность работы высевающего аппарата, являются: частота вращения высевающего элемента, геометрические характеристики ячеек: глубина, диаметр, скорость движения агрегата, создаваемое разрежение для пневматических систем, а также величина отклонения фактического высева от заданного [2].

Современные тенденции развития высевающих аппаратов направлены на: электрификацию привода (замена механических передач на индивидуальные электромоторы для точной регулировки нормы высева); внедрение систем автоматического контроля (датчики захвата семян, мониторинг неравномерности высева); оптимизацию геометрии ячеек с помощью компьютерного моделирования для минимизации повреждения семян; применение композитных материалов, снижающих вес и износ рабочих поверхностей [3].

Вместе с тем эксплуатация высевающих аппаратов сопряжена с рядом проблем: неравномерность высева при высоких скоростях движения; засорение ячеек при работе с мелкосеменными культурами; зависимость точности высева от влажности и фракции семян; сложность настройки механических приводов. Эти факторы ограничивают эффективность посева и требуют поиска инновационных решений.

Перспективные направления исследований включают: разработку адаптивных алгоритмов управления для работы на неровном рельефе; внедрение искусственного интеллекта для прогнозирования неравномерности высева; создание модульных конструкций, позволяющих быстро перенастраивать аппарат на разные культуры; разработку энергосберегающих решений для пневматических систем.

Важным трендом становится замена механического привода высевающего диска электрическим. Это позволяет регулировать, стабилизировать и управлять процессом высева в реальном времени, минимизируя влияние внешних факторов [4]. Электрический привод упрощает остановку высева (например, при выезде на разворотную полосу) без необходимости подъёма сеялки в транспортное положение, что особенно критично при сложных настройках предпосевной подготовки.

В перспективе совершенствование высевающих аппаратов должно опираться на интеграцию цифровых технологий, междисциплинарный подход (механика + ИТ + материаловедение) и учёт агротехнических требований для конкретных культур. Ожидаемые результаты внедрения инноваций – повышение точности посева и снижение травмируемости семян.

Таким образом, развитие высевающих аппаратов идёт по пути повышения точности, надёжности и адаптивности к различным условиям эксплуатации. Это требует как совершенствования конструкционных решений, так и внедрения интеллектуальных систем управления, способных оперативно реагировать на изменения внешних параметров и обеспечивать стабильное качество посева.

Список литературы

1. Совершенствование процесса сева зерновых комбинированным сошником на базе стрельчатой лапы / А.С. Новицкий, Е.С. Батырев, И.В. Цыпкина, Е.С. Белякова // Инновационные технологии: опыт, проблемы, перспективы развития, Тверь, 25 октября 2023 года. – Тверь : Тверская государственная сельскохозяйственная академия, 2023. – С. 143–146. – EDN NSEPCM.

2. Сахнов А.В. Обоснование основных параметров ячейки диска туковысевающего аппарата сеялки / А.В. Сахнов, С.В. Стребков, А.В. Бондарев // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2024. № 3 (43). – С. 36–40. – EDN CGRKRV.

3. Designing a combined coulter for exemplary sowing of cereals / A.S. Novitsky, A.V. Bondarev, A.A. Dobritsky [et al.] // Revista de Investigaciones Universidad del Quindio. 2022. Vol. 34, No. S3. – P. 222–231. – DOI 10.33975/riuq.vol34nS3.1072. – EDN GNTVXA.

4. Патент № 2326520 C2 Российская Федерация, МПК A01B 79/02, A01C 7/20. Способ посева зерновых культур с внесением удобрений и устройство для его осуществления : заявл. 19.05.2006 : опубл. 20.06.2008 / Н.Ф. Скурятин, А.Н. Скурятин, А.В. Бондарев ; заявитель ООО «ИНТЕЛ-АГРО-СЕРВИС». – EDN UWOZYM.

УДК 631.37

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Ерзамаева К.М.
Самарский университет, г. Самара, Россия

Современное сельское хозяйство невозможно представить без использования сложной техники и автоматизированных систем. Гидравлические и пневматические системы играют ключевую роль в механизации сельскохозяйственных процессов, повышая эффективность, точность и производительность труда [1, 2].

Гидравлические системы используют жидкость (обычно масло) под давлением для передачи энергии и управления механизмами [3]. Основные элементы:

- Гидравлический насос – создает давление в системе.
- Гидравлические цилиндры и двигатели – преобразуют давление в механическое движение.
- Распределители и клапаны – управляют потоком жидкости.
- Гидролинии и фильтры – обеспечивают циркуляцию и очистку жидкости.

Применение в сельскохозяйственной технике:

- Тракторы и комбайны – гидравлика используется для подъема навесного оборудования (плуги, сеялки, жатки).
- Кормораздатчики и доильные аппараты – автоматизация процессов кормления и доения.
- Оросительные системы – управление насосами и клапанами для полива.
- Пресс-подборщики и погрузчики – работа с тюками и грузами.

Преимущества гидравлики

- Высокая мощность при компактных размерах.
- Плавность и точность управления.
- Возможность дистанционного контроля.

Пневматические системы используют сжатый воздух для передачи энергии. Основные элементы:

- Компрессор – нагнетает воздух.
- Пневмоцилиндры и пневмодвигатели – преобразуют энергию воздуха в движение.
- Клапаны и ресиверы – регулируют давление и подачу воздуха.
- Пневмолинии и фильтры – очищают и распределяют воздух.

Применение в сельском хозяйстве:

- Системы вентиляции и охлаждения – в животноводческих комплексах и хранилищах.
- Пневматические сеялки – точный высев семян.
- Транспортировка сыпучих материалов (зерно, комбикорм).
- Автоматизация процессов сортировки и упаковки.

Преимущества пневматики:

- Безопасность (нет риска возгорания).

- Простота обслуживания.
- Быстродействие.

Перспективы развития:

- Внедрение электрогидравлических и электропневматических систем для повышения энергоэффективности.
- Использование умных датчиков и автоматического управления (IoT, AI).
- Развитие экологичных рабочих жидкостей и материалов.

Гидравлические и пневматические системы – важные составляющие современного сельского хозяйства. Они обеспечивают механизацию процессов, снижают трудозатраты и повышают производительность. Выбор между гидравликой и пневматикой зависит от конкретных задач, мощности и условий эксплуатации. В будущем эти технологии будут развиваться в сторону большей автоматизации и энергоэффективности.

Список литературы

1. Федоренко В.Ф. О концептуальных принципах развития природоподобных технологий, предотвращения деградации сельскохозяйственных земель и повышения плодородия почв // АгроЭкоИнженерия. 2024. №. 2 (119). – С. 4–17.

2. Основин В. и др. Информационное обеспечение в системе технического обслуживания и ремонта кормоуборочных комбайнов // Аграрная экономика. 2023. №. 3. – С. 74–82.

3. Ерзамаев М.П. Основы эксплуатации машинно-тракторного парка : Практикум / М.П. Ерзамаев, Д.С. Сазонов, Н.А. Харыбина. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. – 102 с. – ISBN 978-5-88575-637-2.

УДК 621.43.004.67

ДЕФЕКТОВКА ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ: МЕТОДЫ, ТЕНДЕНЦИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Базаров А.В., Коркин Д.Н., Батырев Е.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Проверка гильз цилиндров – критически важный этап технического обслуживания и ремонта двигателей, от которого зависит надёжность и долговечность всей цилиндропоршневой группы. Современные требования к эффективности и ресурсу двигателей заставляют производителей и сервисные центры переходить от традиционных методов контроля к высокотехнологичным решениям. Эти решения позволяют не только точно диагностировать текущее состояние гильз, но и прогнозировать их остаточный ресурс, минимизируя риски внезапных отказов и сокращая затраты на внеплановый ремонт.

Сегодня проверка гильз сочетает проверенные временем подходы с инновационными технологиями. Традиционные методы, закреплённые в стандартах вроде ГОСТ Р 53809-2010, включают визуальный осмотр на наличие трещин и дефектов, контроль геометрических параметров (диаметра, овальности, конусности), измерение шероховатости поверхности, проверку твёрдости и микроструктуры материала, а также тестирование герметичности. На серийном производстве для этого задействуют автоматические контрольные агрегаты и контрольно-сортировочные автоматы, обеспечивающие высокую производительность и повторяемость результатов. При этом допустимые отклонения жёстко регламентированы: например, для гильз дизельных двигателей конусность не должна превышать 0,01 мм на 100 мм высоты цилиндра, а для бензиновых – овальность ограничена 0,015 мм.

Вместе с тем активно развиваются современные методы диагностики, не требующие полной разборки двигателя. Компрессионно-вакуумная диагностика оценивает состояние гильз и поршневых колец по параметрам полного и остаточного вакуума в надпоршневом пространстве, позволяя оперативно выявить износ и утечки воздуха. Анализ моторного масла методом спектрального анализа выявляет продукты износа (в т.ч. частицы железа), что даёт возможность прогнозировать ресурс деталей. Ультразвуковой контроль обнаруживает скрытые дефекты в толще материала, включая микротрещины и структурные неоднородности, особенно важные для гильз с покрытиями или из композитных сплавов. Лазерные профилометры обеспечивают сверхточное измерение геометрии внутренней поверхности, фиксируя микрорельеф и отклонения от идеальной формы, а тепловизионный контроль помогает выявить неравномерный нагрев, указывающий на проблемы с охлаждением или локальный износ.

Тенденции развития методов проверки гильз направлены на цифровизацию и автоматизацию процессов. Системы компьютерного управления повышают точность измерений и позволяют накапливать данные для прогнозирования остаточного ресурса. Интеграция с IoT-датчиками даёт возможность в режиме

реального времени отслеживать температуру, давление и вибрации, фиксируя аномалии на ранних стадиях. Искусственный интеллект и алгоритмы машинного обучения анализируют массивы данных с датчиков и истории обслуживания, чтобы предсказывать износ и планировать профилактический ремонт. Перспективным направлением стало 3D-сканирование, создающее цифровые модели гильз для сравнения с номинальными параметрами, а комбинированные методы (например, сочетание ультразвукового контроля с лазерным профилированием) повышают достоверность диагностики. Особое внимание уделяется стандартизации и сертификации новых методик, что критично для международного рынка компонентов.

В итоге современные подходы к проверке гильз цилиндров обеспечивают комплексный контроль – от выявления явных дефектов до прогнозирования скрытых проблем. Внедрение цифровых технологий и неразрушающих методов диагностики не только повышает надёжность двигателей, но и оптимизирует затраты на обслуживание, позволяя перейти от планово-предупредительных ремонтов к стратегии обслуживания по фактическому состоянию. Это особенно важно для тяжёлой техники и коммерческого транспорта, где простой из-за отказа двигателя приводит к значительным экономическим потерям.

Список литературы

1. Сергеев Д.С. Приспособление для проверки гильз цилиндров / Д.С. Сергеев, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 312–313. – EDN AOLZUM.

2. Плют А.С. Разработка устройства для выпрессовки гильз цилиндров / А.С. Плют, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 282. – EDN FGPDBZ.

3. Шишко Ю.А. Техническое обслуживание автомобиля / Ю.А. Шишко, П.В. Коваленко, С.В. Ковалев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти д.т.н., профессора Вендина Сергея Владимировича, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 56–57. – EDN NZNXLM.

УДК 629.3.014.2

ДИАГНОСТИКА УТЕЧЕК В ГИДРОСИСТЕМАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Стрижов Д.С., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Гидравлические системы играют ключевую роль в работе современной сельскохозяйственной техники. Они отвечают за функционирование навесного оборудования, рулевого управления, трансмиссий и тормозных механизмов. Однако именно гидросистемы нередко становятся источником серьёзных эксплуатационных проблем [1]. Утечки рабочей жидкости ведут к снижению производительности машин, росту затрат на техническое обслуживание и повышают риск аварийных отказов.

В условиях интенсивной эксплуатации сельхозтехники – при высоких нагрузках, воздействии пыли и резких перепадах температур – герметичность соединений и целостность компонентов подвергаются серьёзным испытаниям. Традиционные способы выявления утечек, такие как визуальный осмотр или тактильная проверка, демонстрируют недостаточную эффективность. Они не позволяют своевременно обнаружить микротрещины, скрытые протечки и постепенное снижение давления в системе [2]. Это создаёт объективную потребность во внедрении современных диагностических технологий, способных оперативно и точно локализовать неисправности.

Возникновение утечек обусловлено совокупностью различных факторов. Одним из главных является механическое повреждение компонентов – царапины, сколы и деформации трубопроводов и уплотнений, возникающие при ударах или контакте с посторонними предметами [3]. Существенную роль играет естественный износ деталей: старение резиновых уплотнений, коррозия металлических элементов и выработка подвижных соединений со временем снижают герметичность системы.

Нарушения герметичности соединений – ещё одна распространённая причина протечек. Это может быть вызвано ослаблением резьбовых стыков, дефектами прокладок или неправильной затяжкой фитингов. Перегрев системы также негативно сказывается на её состоянии: термическое расширение материалов приводит к образованию микротрещин и потере эластичности уплотнителей.

Загрязнение рабочей жидкости – дополнительный фактор риска. Абразивные частицы, попадая в уплотнения, ускоряют их износ и способствуют возникновению утечек. Наконец, превышение рабочего давления в системе может привести к серьёзным повреждениям: разрывам шлангов или разрушению корпусов гидроцилиндров при гидравлических ударах.

Наиболее уязвимыми местами в гидросистемах традиционно считаются места соединений трубопроводов, штоки гидроцилиндров, уплотнения насосов и распределителей, а также гибкие рукава высокого давления. Именно эти

элементы требуют повышенного внимания при проведении диагностических мероприятий.

Классические способы выявления утечек опираются на несколько основных подходов. Визуальный осмотр предполагает поиск масляных пятен, подтёков и влажных участков на поверхности оборудования. Несмотря на простоту реализации, этот метод не позволяет обнаружить скрытые протечки, находящиеся в труднодоступных местах.

Тактильная проверка заключается в ощупывании соединений на предмет влажности. Однако её эффективность ограничена доступностью узлов для осмотра и субъективностью оценки. Контроль уровня жидкости – фиксация падения объёма масла в бачке – позволяет выявить утечку лишь после существенного расхода рабочей среды, что не соответствует принципам раннего предупреждения неисправностей.

Проверка давления с помощью манометра на различных участках системы даёт общее представление о наличии проблемы, но не позволяет точно локализовать место утечки. В совокупности эти методы характеризуются низкой точностью, неспособностью выявлять микроутечки на ранних стадиях и значительной трудоёмкостью при диагностике сложных гидросистем.

Список литературы

1. Романченко М.И. Диагностика и техническое обслуживание машин : лабораторный практикум / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2011. – 76 с. – EDN UIABVJ.

2. Романченко М.И. Диагностирование топливных насосов высокого давления по моменту начала нагнетания топлива / М.И. Романченко // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 57–64. – EDN ZHCEFN.

3. Лихолетов В.Н. Технический сервис сельскохозяйственной техники Германии и Швейцарии / В.Н. Лихолетов, М.И. Романченко // Материалы международной студенческой научной конференции, Белгород, 31 марта – 01 апреля 2015 года. Том 2. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2015. – С. 46. – EDN VUAOGD.

УДК 62-52

ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРАКТОРАМИ

Еремин Н.А., Новицкий А.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Современные тракторы всё больше оснащаются сложными электронными системами управления, которые координируют работу ключевых узлов: двигателя, трансмиссии, гидравлики и навесного оборудования. Центральным элементом этих систем выступает электронный блок управления (ЭБУ) – микропроцессорное устройство, которое принимает сигналы от датчиков и формирует команды для исполнительных механизмов.

Исправность ЭБУ напрямую влияет на целый ряд эксплуатационных характеристик. От него зависит топливная экономичность, динамика разгона и тяговые характеристики машины [1]. Кроме того, ЭБУ обеспечивает точность выполнения агроопераций – например, контроль глубины вспашки или нормы высева. Не менее важно, что надёжность и ресурс агрегатов, а также возможность интеграции техники в цифровые платформы хозяйства, тоже определяются работоспособностью этого блока.

В условиях интенсивной эксплуатации в АПК ЭБУ испытывает серьёзные нагрузки: постоянные вибрации, резкие перепады температур, воздействие пыли и влаги. Эти факторы провоцируют сбои, искажение сигналов и полные отказы блока. В такой ситуации своевременная диагностика становится важнейшим инструментом, позволяющим предотвратить дорогостоящие поломки и длительные простои техники.

Электронный блок управления трактора представляет собой сложную микроконтроллерную систему, объединяющую несколько ключевых компонентов. В её основе лежит центральный процессор, который обрабатывает поступающие данные и формирует управляющие сигналы для исполнительных механизмов [2]. Для хранения программ, калибровочных данных и истории ошибок используется несколько типов памяти: ROM, RAM и EEPROM.

Входные цепи ЭБУ принимают сигналы от разнообразных датчиков – температуры, давления, положения, скорости и других параметров работы машины. Выходные цепи, в свою очередь, управляют исполнительными механизмами: форсунками, клапанами, реле и сервоприводами. Для обмена данными с другими блоками и диагностическим оборудованием предусмотрены интерфейсы связи, такие как CAN, LIN и ISO 11783.

Функциональные возможности ЭБУ охватывают широкий спектр задач. Блок управляет впрыском топлива и работой турбокомпрессора, регулирует работу трансмиссии – включая переключение передач и блокировку дифференциала [3]. Он контролирует гидравлическую систему, распределяя потоки и управляя валом отбора мощности (ВОМ).

Кроме того, ЭБУ непрерывно мониторит состояние двигателя, отслеживая температуру, давление и обороты. Важная функция – диагностика неисправно-

стей: блок фиксирует возникающие ошибки и записывает соответствующие коды, что существенно облегчает последующую диагностику. Наконец, ЭБУ поддерживает работу систем точного земледелия, включая GPS-навигацию и автовождение.

Неисправности электронных блоков управления можно разделить на две основные категории: аппаратные и программные.

Аппаратные неисправности связаны с физическим повреждением компонентов. К ним относятся трещины и отслоение дорожек на печатных платах, выход из строя элементов питания – конденсаторов и стабилизаторов. Нередко встречается коррозия контактов и разъёмов, вызванная воздействием влаги и солей. Перегрев микропроцессора может произойти из-за отказа системы охлаждения, а механические повреждения возникают вследствие сильных вибраций и ударов.

Программные сбои носят иной характер. Они включают сбои флэш-памяти, приводящие к потере калибровочных данных или «зависанию» системы. Ошибки алгоритмов управления могут возникать из-за электромагнитных помех или некорректного обновления программного обеспечения [4]. Кроме того, возможны конфликты между различными модулями при модернизации системы, когда новые компоненты не полностью совместимы с существующим ПО.

Внешние признаки неисправностей ЭБУ разнообразны и могут проявляться по-разному. Трактор может демонстрировать нестабильную работу двигателя – рывки, провалы оборотов, трудности с запуском. Возможны некорректные переключения передач, отказы гидравлической системы или навесного оборудования. На панели приборов могут появляться коды ошибок, а системы автовождения и GPS могут работать нештатно.

Список литературы

1. Цыпкина И.В. Определение качества услуг по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей / И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 01 декабря 2022 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 57–60. – EDN JSIBRZ.

2. Цыпкина И.В. Средства ИКТ для управления процессами оказания услуг в автосервисе / И.В. Цыпкина, И.И. Титова, В.М. Порицкий // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 79–82. – EDN KEIHAN.

3. Цыпкина И.В. Влияние эффективности производственной деятельности автосервиса на формирование спроса потребителей услуг / И.В. Цыпкина, А.Ф. Холопов // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 75–78. – EDN XBBTYE.

4. Остриков А.Е. О необходимости применения ППР / А.Е. Остриков, И.В. Цыпкина // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 272–273. – EDN QTKQTL.

УДК 620.17:631.3

ЗАВИСИМОСТЬ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ОТ ТВЕРДОСТИ

Кузубов А.А., Емелина Е.Н., Постников Е.В., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Надежность рабочих органов почвообрабатывающих орудий определяют прочность, жесткость, устойчивость и износостойкость. Первые три свойства формирует модуль упругости, а за четвертое отвечает твердость.

Модуль упругости (модуль Юнга) и твёрдость – это разные механические свойства материалов, но между ними существует определённая взаимосвязь, особенно в металлах и керамике [1]. Однако эта связь не всегда линейна и зависит от множества факторов, таких как кристаллическая структура, микроструктура, химический состав и условия обработки.

В многих материалах, включая металлы, наблюдается положительная корреляция между модулем упругости и твёрдостью. Это связано с тем, что оба свойства зависят от прочности межатомных связей. Материалы с более прочными связями обычно имеют более высокий модуль упругости и твёрдость.

Модуль упругости характеризует сопротивление материала упругой деформации при растяжении или сжатии, то есть способность восстанавливать форму после снятия нагрузки. Он отражает жёсткость материала и определяется энергией межатомных связей.

Твёрдость измеряет сопротивление материала локальной пластической деформации при вдавливании индентора [2]. Она связана со способностью материала препятствовать перемещению дислокаций (дефектов кристаллической решётки).

Термообработка (закалка, отпуск, нормализация) может значительно увеличить твёрдость материала за счёт создания препятствий для движения дислокаций (например, образование карбидов, мартенсита). Однако модуль упругости при этом изменяется незначительно, так как он определяется общей энергией межатомных связей, а не локальными дефектами. Например, при закалке стали твёрдость возрастает многократно, а модуль упругости практически не меняется.

Существуют определенные исключения. Некоторые керамические материалы могут обладать высокой твёрдостью, но относительно низким модулем упругости из-за особенностей их кристаллической структуры и типа связей. Процессы, такие как наклёп, могут существенно увеличить твёрдость металла, практически не влияя на его модуль упругости.

Исследования показывают, что для некоторых сталей модуль упругости и коэффициент Пуассона зависят от твёрдости [3]. Например, при увеличении твёрдости колёсной стали модуль упругости может изменяться. В эластомерах (резинах) также наблюдается связь между модулем сдвига и твёрдостью по шкалам Шор А и IRHD.

Факторы, влияющие на взаимосвязь:

- кристаллическая структура и размер зерна: микроструктурные особенности могут влиять на твёрдость, не оказывая такого же воздействия на модуль упругости.
- химический состав: легирующие элементы могут изменять как модуль упругости, так и твёрдость, но их влияние может быть различным в зависимости от концентрации и типа элементов.
- температура: повышение температуры обычно снижает модуль упругости и может влиять на твёрдость.

Инженеры и материаловеды иногда используют эмпирические зависимости между модулем упругости и твёрдостью для определённых классов материалов, чтобы оценить одно свойство по-другому [4, 5]. Однако такие зависимости следует применять с осторожностью, учитывая их ограничения и конкретный контекст материала.

Таким образом, хотя модуль упругости и твёрдость связаны через прочность межатомных связей, их взаимосвязь не является универсальной и требует учёта множества факторов. Для точного определения этих свойств необходимо проводить прямые измерения или использовать специализированные методы расчёта. Однако, технологические операции позволяют формировать поверхностные слои, у которых модуль упругости отличается от модуля упругости основного материала детали. Это позволяет повысить жесткость и износостойкость одновременно, применив конструкционный материал с более низким модулем упругости, т. е. менее качественный и более дешёвый без потери деталью долговечности и безотказности.

Список литературы

1. Стребков С.В. Технология ремонта машин : Учебное пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2016. – 182 с.

2. Слободюк А.П. Причины отказов рабочего органа дискатора / А.П. Слободюк, С.В. Стребков // Научное обозрение. 2014. № 4. – С. 26–33.

3. Strebkov S. Restoration of the working body of the John Deere 512 disk ripperwith multilayer front surfacing / S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev // Engineering for Rural Development : 19, Jelgava, 20-22 мая 2020 года. – Jelgava, 2020. – P. 102–106. – DOI 10.22616/ERDev.2020.19.TF023.

4. Strebkov S. Technology of electrospark hardening of cutting surface of feed mixer knives / S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev // Engineering for Rural Development : 20, Virtual, Jelgava, 26-28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 819–824. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF187. – EDN AMBDOJ.

5. Ремонт крышки коллектора КПП трактора John Deere 7830 / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев, Б.С. Зданович // Сельский механизатор. 2014. № 12. – С. 34–35.

УДК 621.3.049.75

ЗАЩИТА БОРТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ОТ ПЫЛИ И ВЛАГИ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Самойлов М.В., Бондарев А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Эксплуатация сельскохозяйственной техники в полевых условиях сопряжена с постоянным воздействием агрессивных факторов: высокой запылённости, атмосферных осадков, резких перепадов температур, а также химически активных веществ (удобрений и пестицидов). Эти условия провоцируют ускоренную деградацию электронных компонентов, приводят к отказам систем управления и влекут существенные экономические потери. Рост автоматизации сельхозтехники делает вопрос надёжной защиты бортовой электроники особенно актуальным.

Пыль не только создаёт абразивный износ, но и перекрывает вентиляционные каналы, вызывая локальные перегревы. Влага запускает процессы коррозии контактов, формирует токопроводящие мостики и становится причиной коротких замыканий. Особенно опасно комбинированное воздействие: пыльная взвесь в сочетании с водой образует электропроводные отложения, угрожающие работоспособности ключевых узлов – разъёмов, плат управления, датчиков и силовых ключей.

Классификация степеней защиты оболочек (IPXX) служит базовой системой ориентиров при проектировании. Для сельхозтехники критически важны классы от IP65 (полная защита от пыли и струй воды) до IP69K (устойчивость к высокотемпературной мойке под давлением). Однако стандартные решения требуют доработки с учётом специфики полевых условий – вибраций, абразивных частиц и агрессивных химических реагентов.

Эффективная защита достигается за счёт комплексного применения технических решений: использования силиконовых уплотнителей и герметиков, установки вентиляционных систем с фильтрами класса F7…F9 для задержки мелкодисперсной пыли, проектирования дренажных каналов для отвода конденсата [1]. Существенное значение имеет грамотное размещение электронных блоков – в зонах с минимальной динамической нагрузкой и надёжным экранированием от брызг.

Современные технологии предлагают широкий спектр защитных решений: конформные покрытия (акриловые, силиконовые, уретановые) для печатных плат, гидрофобные нанопокрытия, препятствующие капиллярному проникновению влаги, коррозионностойкие сплавы для разъёмов и крепёжных элементов, термопластичные эластомеры для гибких герметизирующих вставок. Каждый из этих материалов вносит вклад в повышение надёжности электронных систем в экстремальных условиях.

Ограничение естественной вентиляции требует внедрения компенсационных механизмов: применения тепловых трубок и радиаторов с увеличенной

площадью поверхности, принудительного охлаждения малошумными вентиляторами с фильтрами, использования фазопереходных материалов (PCM) для сглаживания пиковых нагрузок. Дополнительно эффективны алгоритмы управления мощностью, позволяющие снизить общее тепловыделение системы.

Валидация защитных решений проводится с помощью комплекса тестов: климатических камер (для циклического воздействия температуры и влажности), испытаний на пылепроницаемость с кварцевым абразивом, вибродинамических тестов по стандартам ISO 16750-3, проверки герметичности методом пузырькового контроля или масс-спектрометрии. Эти процедуры позволяют объективно оценить устойчивость конструкций к реальным полевым нагрузкам.

Поддержание работоспособности электроники требует систематического выполнения регламентных операций: очистки вентиляционных решёток и фильтров, визуального контроля состояния уплотнителей и покрытий, применения защитных чехлов при работах с пылящими материалами [2], диагностики влажности внутри корпусов с помощью встроенных датчиков. Такие меры существенно продлевают срок службы оборудования.

Затраты на внедрение систем защиты окупаются за счёт снижения частоты отказов и простоев техники, сокращения расходов на ремонт и замену компонентов, увеличения срока службы электронных систем [3]. Расчёт общей стоимости владения (TCO) наглядно демонстрирует преимущество превентивных мер по сравнению с аварийным ремонтом, что делает инвестиции в защиту экономически целесообразными.

Будущее защиты бортовой электроники связано с внедрением самовосстанавливающихся покрытий, способных залечивать микроповреждения, интеллектуальных систем мониторинга влажности и коррозии с функцией оповещения, технологий 3D-печати герметичных корпусов с интегрированными теплоотводами. Особого внимания заслуживают графеновые композиты, открывающие возможности создания проводящих, но при этом влагостойких контактов, что может стать прорывом в обеспечении надёжности сельхозтехники.

Список литературы

1. Лихолетов В.Н. Технический сервис сельскохозяйственной техники Германии и Швейцарии / В.Н. Лихолетов, М.И. Романченко // Материалы международной студенческой научной конференции, Белгород, 31 марта – 01 апреля 2015 года. Том 2. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2015. – С. 46. – EDN VUAOGD.

2. Хранение сельскохозяйственной техники с использованием подставок / Н.Ф. Скурятин, А.С. Новицкий, С.В. Ковалев, Е.В. Немцев // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 64–68. – EDN VZIHRB.

3. Порицкий В.М. Мобилизация ТОиР на предприятиях агропромышленного комплекса / В.М. Порицкий, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 294. – EDN MIRUCU.

УДК 631.37

ИЗМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Ерзамаева К.М.
Самарский университет, г. Самара, Россия

Техническое состояние автотранспортных средств (АТС) в процессе эксплуатации неизбежно изменяется под воздействием комплекса взаимосвязанных факторов. В основе этих изменений – физико-механические процессы в материалах деталей: разупрочнение, снижение твёрдости и износостойкости, накопление микроповреждений [1, 2].

Ключевую роль играет трение – основной источник изнашивания. В АТС встречаются разные его виды: сухое, жидкостное, граничное, полусухое и полужидкостное. Трение приводит к постепенному изменению геометрии сопряжённых поверхностей, увеличению зазоров, нарушению рабочих режимов узлов и агрегатов. Дополнительно влияют усталостные процессы (при циклических нагрузках), эрозионное изнашивание (от воздействия жидкостей и газов), кавитационные явления (в системах охлаждения) и молекулярно-механическое изнашивание (адгезия и заедание) [3].

Существенный фактор деградации – коррозия. Она представляет собой самопроизвольное разрушение металлов при химическом или электрохимическом взаимодействии с внешней средой. Различают атмосферную (влажную), жидкостную (в электролите), газовую (сухую) и жидкостную химическую коррозию. Коррозионные процессы изменяют физико-механические свойства материалов, ускоряют износ и снижают ресурс деталей, особенно элементов кузова.

На интенсивность изменений влияют условия эксплуатации:

- дорожные (категория дороги, качество покрытия, рельеф);
- климатические (температура, влажность, солнечная радиация);
- сезонные (колебания температуры, изменение дорожных условий);
- режим движения и характер перевозок (интенсивность, нагрузка, пробег).

Кроме того, значимы эксплуатационно-производственные факторы:

- качество ГСМ и технических жидкостей;
- квалификация водителя (стиль вождения, соблюдение регламентов);
- уровень технического обслуживания и ремонта (своевременность, объём и качество работ).

Таким образом, изменение технического состояния АТС – многофакторный процесс, обусловленный:

- внутренними процессами в материалах (изнашивание, усталость, коррозия);
- внешними условиями эксплуатации (дорожные, климатические, сезонные);
- качеством эксплуатации и обслуживания (материалы, квалификация, ТО и ремонт).

Понимание этих причин позволяет планировать мероприятия по поддержанию надёжности и продлению ресурса транспортных средств.

Список литературы

1. Кондрашова Е.В. и др. Повышение эффективности технической эксплуатации автотранспортных средств по результатам исследования их эксплуатационных показателей // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. №. 4. – С. 80–86.

2. Халиуллин Ф.Х. и др. Влияние технического состояния автотранспортных средств на периодичность их обслуживания // Инновации и инвестиции. 2021. №. 7. – С. 170–174.

3. Ерзамаев М.П. Основы эксплуатации машинно-тракторного парка : Практикум / М.П. Ерзамаев, Д.С. Сазонов, Н.А. Харыбина. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. – 102 с. – ISBN 978-5-88575-637-2.

УДК 621.793.722

ИМПУЛЬСНАЯ МОДУЛЯЦИЯ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

Прытков А.А. Блинова М.В. Бушуева В.В., Бухтояров В.Н., Иванников В.А.
ФГБОУ ВО ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия

В современных условиях значительное внимание уделяется увеличению срока службы деталей. При этом важно, чтобы ресурс отдельных элементов и всего агрегата в целом был сопоставимым. В связи с этим одной из ключевых задач при конструировании и производстве деталей машин является повышение их долговечности. Для достижения этой цели могут применяться такие методы, как гальваническое осаждение, различные виды наплавки, металлизация, комбинированные методы [1].

Огромную роль в технологии машиностроения занимают способы плазменного упрочнения металлов (плазменная наплавка, плазменная закалка, финишное плазменное упрочнение) и нанесения покрытий геотермическими способами (детонационное, газопламенное, высокочастотное и др. напыление) [2, 3].

Во многих научных работах уделяется значительное внимание плазменным технологиям, а именно плазменной наплавке и напылению, плазменной закалке, финиш ному плазменному упрочнению, которые в несколько раз увеличивают износостойкость рабочих поверхностей.

Нанесение материалов можно осуществлять следующими способами газотермического напыления – плазменное, детонационное и газопламенное, высокочастотное и др. Плазменное напыление является перспективным, так как фактически может расплавить любой материал. Однако плазменное напыление обладает одним существенным недостатком – низкой прочностью сцепления покрытия с материалом детали.

Низкую прочностью сцепления покрытия с основным материалом можно повысить с помощью двух методов: термического воздействия – оплавление покрытия с использованием различных источников тепла и термомеханического – одновременного оплавления и механической обработки, что обеспечивает увеличение прочности сцепления в переделах 30% в сравнении с напылением без какой-либо обработки [2]. Существенным недостатком этого способа является перегрев детали, который приводит к снижению сопротивления усталости самой детали.

В Санкт-Петербургском государственном политехническом университете активно ведутся исследования и разработки в области плазменных технологий. Учёными данной организации были разработаны методы напыления-наплавки, финишного плазменного упрочнения, а также постоянно проводятся исследования различных плазменных процессов [3].

Использование плазменной наплавки на обратной полярности (когда деталь подключается к отрицательному полюсу источника питания) способствует устранению таких дефектов, как непровары при оплавлении, трещины, поры и

отслоение покрытия от основного материала, возникающие при традиционном напылении. Есть и недостатки: сокращается срок службы элементов плазматрона; наблюдается нестабильность горения прямой дуги; некоторые металлы, образующие соединения с повышенной эмиссией электронов по сравнению с обрабатываемым металлом; габаритные размеры плазматрона ограничивают его применение для обработки малогабаритных деталей, а также поверхностей, имеющих сложную форму.

Выходом из ситуации является использование импульсной модуляции, позволяющей накладывать импульсы тока или напряжения на стационарный ток дуги. В процессе нанесения покрытия на стационарный ток могут быть наложены как положительные, так и отрицательные импульсы тока. В зависимости от полярности импульсы могут увеличивать или уменьшать среднее значение электрической мощности. Данная методика позволяет регулировать подвод тепла к детали. Положительные импульсы кратковременно воздействуют на покрытие в течение долей секунды. Стационарное значение мощности в этом случае является минимально необходимым для оплавления покрытия, а импульсы обеспечивают его приплавление к основному материалу.

Электрическая дуга представляет собой направленное движение электронов. Бомбардируя поверхность, электроны повышают её температуру, вызывая перегрев. Применение отрицательных импульсов тока и напряжения вызывает движение электронов в обратном направлении. Регулируя мощность и частоту модуляции импульсов, можно обеспечить равномерное распределение температуры между электродами.

Стабильность горения дуги в значительной степени определяется расстоянием между поверхностями. Если при использовании стационарной дуги небольшой мощности её привязка происходит к выступам неровностей поверхности, то применение модуляции повышает стабильность горения дуги, поскольку импульс надёжно пробивает воздушный промежуток.

Перечисленные преимущества свидетельствуют об эффективности использования модуляции электрических параметров в различных плазменных технологиях. В то же время существует необходимость в научном обосновании эффективности применения такой модуляции.

Список литературы

1. Стребков С.В., Бондарев А.В., Сахнов А.В., Ковалев С.В. Разработка комбинированных технологий восстановления. Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти д.т.н., профессора Вендина Сергея Владимировича. Майский, 2024. – С. 37–38.

2. Бухтояров В.Н. Технология восстановления цилиндрических поверхностей валов плазменным напылением с одновременным оплавлением выносной модулируемой дугой (на примере коленчатого вала) : Автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.03.01, Воронежская гос. лесотехн. акад. – Воронеж, 2003. – 16 с.

3. Соснин Н.А. Плазменные технологии. Руководство для инженеров / Н.А. Соснин, С.А. Ермаков, П.А. Тополянский. – СПб : Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 406 с.

УДК 621.791.927

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ВОССТАНОВЛЕНИЮ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ: ОТ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ ДО ИНДУКЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ

Погореленко Т.Ю., Филатов М.А., Ковалев С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Восстановление коленчатых валов – ответственная задача, от качества выполнения которой зависит надёжность и долговечность двигателя. Современные требования к ресурсу деталей и экономической эффективности ремонта стимулируют развитие новых технологий, позволяющих не просто вернуть валу исходные параметры, но и улучшить его эксплуатационные характеристики. В последние годы акцент смещается с традиционных методов восстановления на высокотехнологичные решения, обеспечивающие повышенную износостойкость и усталостную прочность деталей.

Сегодня в практике восстановления коленчатых валов активно применяются передовые методы обработки. Лазерная наплавка позволяет наносить износостойкие сплавы (например, Eutroloy® 16604 с твёрдостью 42 HRC) с минимальным тепловым воздействием на основную структуру металла – это исключает деформации и остаточные напряжения, характерные для классических способов наплавки. Не менее перспективен комбинированный подход: плазменное напыление с одновременной электромеханической обработкой. Такая комбинация повышает адгезионную и когезионную прочность покрытия, улучшает микротвёрдость и создаёт сжимающие остаточные напряжения, что в итоге увеличивает сопротивление усталости детали. Индукционное упрочнение с формированием направленной текстуры даёт возможность создать особую структуру металла вдоль оси вала: предварительный нагрев шейки на глубину 0,5-1 мм и последующая закалка со скоростью перемещения индуктора 15-25 мм/с формируют текстуру, повышающую предел выносливости в 3,8 раза. Дополнительно применяются электронно-лучевая наплавка высоколегированных сплавов (на основе Ni-Cr-B-Si), лазерное поверхностное легирование порошками типа ПС-12НВК-01 или Пр-Х23Н23М5С2Р2АФ, а также сверхзвуковая электродуговая металлизация – эти методы обеспечивают быстрое нанесение покрытий с высокой адгезией и улучшенными эксплуатационными свойствами.

В развитии технологий восстановления прослеживается несколько ключевых тенденций. Во-первых, активно внедряются системы компьютерного управления процессами, что повышает точность и повторяемость результатов. Во-вторых, разрабатываются новые композитные материалы и сплавы с улучшенными характеристиками – износостойкостью, жаростойкостью и коррозионной стойкостью. В-третьих, оптимизируются энергозатраты и снижается экологическая нагрузка за счёт совершенствования технологических режимов. В-четвёртых, всё чаще комбинируют разные методы обработки для достижения синергетического эффекта: например, дополняют плазменное напыление ультразвуковой

обработкой или лазерным оплавлением. При этом выбор конкретной технологии всё больше ориентируется на реальные условия эксплуатации вала – тип двигателя, характер нагрузок, температурные режимы и т.д. Вместе с тем остаются и определённые сложности: высокая стоимость некоторых высокотехнологичных решений, необходимость учитывать накопленные повреждения детали перед восстановлением, а также потребность в комплексном анализе технико-экономических показателей разных методов. В целом современные подходы позволяют не только эффективно восстанавливать коленчатые валы, но и существенно повышать их надёжность и срок службы, снижая при этом общие затраты на ремонт в долгосрочной перспективе.

Список литературы

1. Максименко Д.П. Восстановление коленчатых валов / Д.П. Максименко, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции. Тезисы докладов, п. Майский, 29-30 марта 2022 года. Том 4. – Майский : Белгородский ГАУ, 2022. – С. 251–252. – EDN XACJYW.

2. Ковалев С.В. Способ контактно-импульсного покрытия детали при восстановлении / С.В. Ковалев // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVI Международной научно-производственной конференции, Майский, 25 мая 2022 года. Том 1. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – С. 223–224. – EDN VKPEAQ.

3. Порицкий В.М. О разработке приспособления для наплавки культиваторных лап / В.М. Порицкий, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной научной конференции, Майский, 14-15 марта 2023 года. Том 4. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 325–326. – EDN RYMBLV.

УДК 631.3

ИННОВАЦИОННЫЕ СЕРВИСНЫЕ ПРАКТИКИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ТЕХНИКИ В АПК

Лаптев Е.В., Романченко М.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Современный агропромышленный комплекс переживает глубокую технологическую трансформацию. На полях всё чаще встречаются машины, оснащённые цифровыми системами управления, датчиками состояния, телематическими модулями и элементами искусственного интеллекта. Эти изменения неизбежно переформатируют и подходы к техническому сервису: от традиционного реактивного ремонта происходит сдвиг к проактивному обслуживанию, а стандартные регламенты уступают место персонализированным графикам, основанным на анализе данных.

Традиционные методы обслуживания демонстрируют ряд ограничений. Они зачастую не учитывают реальный уровень износа узлов, провоцируют избыточные затраты на плановые ТО и не гарантируют предотвращения внезапных отказов в самые напряжённые периоды полевых работ [1]. В таких условиях внедрение инновационных сервисных практик становится не просто трендом, а объективной необходимостью. Оно позволяет сократить простои техники, продлить ресурс агрегатов, оптимизировать расходы на ремонт и запчасти, а в итоге – повысить общую производительность сельскохозяйственного предприятия.

Современные технологии проникают во все этапы обслуживания сельскохозяйственной техники, меняя привычные процессы и открывая новые возможности.

Одним из важнейших направлений становится телеметрия и удалённый мониторинг. Датчики, установленные на машинах, непрерывно передают данные о нагрузке, температуре, вибрации и расходе топлива [2, 3]. Сервисные центры получают мгновенные оповещения о любых отклонениях от нормы, что позволяет оперативно реагировать на потенциальные проблемы.

Ещё один значимый элемент цифровизации – электронные паспорта машин. В облачных платформах хранится полная история технического обслуживания, ремонтов и замен запчастей. Это упрощает анализ причин отказов, помогает выявлять типовые сценарии износа и планировать ресурсы с высокой точностью.

Операторы получают в своё распоряжение мобильные приложения, которые заменяют бумажные формы отчётности. С их помощью можно фиксировать неисправности, загружать фото- и видеоматериалы, отправлять заявки в сервис – всё это в несколько касаний экрана.

Цифровые чек-листы ТО также меняют привычный рабочий процесс. Вместо бумажных инструкций мастера используют планшеты или смартфоны, отмечая выполненные операции. Система автоматически формирует отчёт, исключая человеческий фактор и повышая прозрачность работы.

Наконец, набирает обороты 3D-печать запчастей. Возможность изготовить изношенную деталь прямо на месте (например, пластиковый кожух или кронштейн) существенно сокращает сроки ремонта и снижает логистические издержки.

Предиктивное, или прогнозное, обслуживание представляет собой качественно новый подход к сервису. В его основе – анализ данных о работе техники, позволяющий предсказывать отказы до их возникновения.

Процесс строится на нескольких этапах. Сначала осуществляется сбор параметров с датчиков: фиксируется вибрация, температура, давление, ток двигателей. Затем алгоритмы машинного обучения выявляют аномалии, которые могут сигнализировать о зарождающихся дефектах. На следующем шаге система прогнозирует остаточный ресурс узлов, давая сервисным службам время для планирования ТО до того, как неисправность станет критической.

Преимущества такого подхода перед традиционным планово-предупредительным ремонтом очевидны. Внедрение предиктивного сервиса позволяет снизить количество внеплановых отказов на 30…50%, сократить затраты на запчасти на 20…35% за счёт замены только действительно изношенных элементов, а также увеличить межремонтный период на 15…25%.

На практике это выглядит так: система прогнозирует износ подшипников по спектру вибрации, контролирует состояние масла по его химическому составу и вязкости, предсказывает отказы гидравлических систем по отклонениям давления и температуры. Всё это даёт возможность действовать на опережение, а не реагировать на уже случившуюся поломку.

Роботизированные решения всё активнее внедряются в рутинные операции технического обслуживания, снижая трудозатраты и повышая качество работ.

Автоматизированные мойки с программируемыми режимами эффективно очищают технику от грязи, удобрений и пестицидов, используя высокодавленные струи воды. Это не только ускоряет процесс, но и снижает риск повреждения поверхностей при ручной очистке.

Список литературы

1. Ковалев С.В. Инженерная этика и ее роль в профессиональном развитии / С.В. Ковалев, А.С. Новицкий, М.Г. Букат // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 17–18. – EDN FBLFUD.

2. Романченко М.И. Диагностика и техническое обслуживание машин : лабораторный практикум / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2011. – 76 с. – EDN UIABVJ.

3. Лихолетов В.Н. Технический сервис сельскохозяйственной техники Германии и Швейцарии / В.Н. Лихолетов, М.И. Романченко // Материалы международной студенческой научной конференции, Белгород, 31 марта – 01 апреля 2015 года. Том 2. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2015. – С. 46. – EDN VUAOGD.

УДК 658.58

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ДИАГНОСТИКЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В АПК

Попов Д.Г., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Современный агропромышленный комплекс переживает этап существенного усложнения технической базы: парк сельхозтехники расширяется, а её функциональность становится всё более многогранной. В этих условиях традиционные методы диагностики – визуальный осмотр, ручное тестирование, анализ кодов ошибок – оказываются недостаточно эффективными. Они не всегда позволяют выявить скрытые дефекты на ранней стадии, что приводит к незапланированным простоям, росту затрат на ремонт и снижению общей производительности хозяйств. На этом фоне внедрение искусственного интеллекта (ИИ) приобретает особую значимость. ИИ даёт возможность автоматизировать анализ данных, прогнозировать отказы узлов и минимизировать влияние человеческого фактора на процесс диагностики. Для крупных агрохолдингов, где требуется контролировать сотни единиц техники в режиме реального времени, такие решения становятся не просто инновацией, а необходимостью [1]. Внедрение ИИ открывает путь к цифровизации технического сервиса и переходу от реактивного обслуживания к предиктивному, что принципиально меняет подход к управлению парком машин.

Искусственный интеллект открывает широкие возможности для совершенствования процессов диагностики в АПК. Одной из ключевых функций является автоматизированный анализ данных, поступающих с датчиков: система обрабатывает показания температуры, давления, вибрации, расхода топлива и выявляет аномалии, которые могут свидетельствовать о зарождающихся дефектах. Кроме того, ИИ позволяет прогнозировать отказы, используя алгоритмы машинного обучения для предсказания износа узлов на основе исторических данных о работе техники. Важным направлением является распознавание дефектов по изображениям – с помощью нейросетей система анализирует фото- и видеоматериалы, полученные, например, с беспилотников, и выявляет трещины, очаги коррозии или утечки технических жидкостей. Ещё одна значимая возможность – оптимизация графика технического обслуживания: ИИ формирует индивидуальные планы ТО для каждой машины с учётом её фактической нагрузки и текущего состояния [2]. Наконец, система поддерживает принятие решений, генерируя рекомендации по ремонту на основе обширной базы знаний и анализа аналогичных случаев из практики.

Преимущества применения ИИ проявляются в нескольких аспектах. Прежде всего, существенно сокращается время диагностики – в 3…5 раз по сравнению с традиционными методами. Снижается вероятность ошибочных выводов, обусловленных человеческим фактором. Система способна выявлять скрытые дефекты с точностью до 90%, что позволяет предотвращать критические

отказы. В результате хозяйства экономят на внеплановых ремонтах, сокращают простои техники и оптимизируют расходы на запасные части.

В основе ИИ-диагностики лежат различные технологии и алгоритмы, каждый из которых решает специфические задачи. Нейронные сети применяются для анализа изображений и временных рядов данных, поступающих с датчиков, что позволяет выявлять сложные паттерны, не заметные при ручном анализе [3]. Алгоритмы кластеризации помогают группировать схожие неисправности и выявлять типовые сценарии отказов, что способствует формированию базы знаний для будущих диагнозов. Регрессионные модели используются для прогнозирования остаточного ресурса узлов, оценивая, сколько времени осталось до критического износа. Системы на основе правил интерпретируют коды ошибок, выдаваемые бортовыми компьютерами техники, и формируют понятные рекомендации для механиков. Ансамблевые методы, такие как Random Forest и XGBoost, повышают точность предсказаний за счёт комбинирования нескольких моделей, что особенно ценно при работе с зашумлёнными или неполными данными.

Эффективность ИИ-диагностики напрямую зависит от качества и объёма входных данных. Основными источниками информации служат бортовые системы техники (например, CAN-шина, передающая телеметрию), стационарные и мобильные датчики, фиксирующие параметры работы узлов в реальном времени, результаты инспекций (фото, термограммы, видео), а также журналы технического обслуживания и ремонтов, содержащие исторические сведения о состоянии машин. Комплексный анализ этих данных позволяет создать полную картину состояния техники и прогнозировать её поведение в будущем.

Список литературы

1. Бондарев А.В. Исследование дефектов полуоси колесного трактора классической компоновки / А.В. Бондарев, И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 246–251. – EDN OUOMVV.

2. Порицкий В.М. Мобилизация ТОиР на предприятиях агропромышленного комплекса / В.М. Порицкий, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 294. – EDN MIRUCU.

3. Порицкий В.М. Основные дефекты культиваторов и способы их устранения / В.М. Порицкий, Е.С. Батырев // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 243–246. – EDN TNPAGW.

УДК 631.171

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIG DATA ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ УЗЛОВ В ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ АПК

Соловьёв Д.А., Цыпкина И.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В агропромышленном комплексе надёжность техники – критический фактор, напрямую влияющий на сроки и качество сезонных работ. Внезапные отказы узлов провоцируют простои, срывают графики посева и уборки, ведут к ощутимым финансовым потерям. Традиционные методы планового технического обслуживания зачастую демонстрируют низкую эффективность: они либо предполагают избыточные вмешательства, либо не позволяют вовремя предотвратить критические поломки. В этих условиях технологии Big Data открывают путь к принципиально иному подходу – предиктивному обслуживанию, основанному на прогнозировании отказов через анализ массивов эксплуатационных данных.

Основу прогнозных моделей составляют разнородные данные, собираемые в процессе эксплуатации сельхозтехники. К ним относятся телеметрические показатели с IoT-датчиков – температура, вибрация, давление, ток двигателей. Важный источник информации – журналы ошибок электронных блоков управления. Учитываются данные о наработке: моточасы, пройденные километры, количество циклов нагружения [1]. Существенное влияние оказывают параметры окружающей среды – влажность, температура воздуха, тип почвы. Для полноты картины анализируется история технического обслуживания и ремонтов, включая сведения о заменённых деталях и использованных материалах. Дополнительно задействуются данные спутникового мониторинга – скорость движения, маршруты, интенсивность работы машин.

Обработка таких массивов информации опирается на комплекс современных технологий. Для хранения неструктурированных и структурированных данных применяются масштабируемые хранилища типа Data Lake. ETL-процессы обеспечивают очистку, трансформацию и загрузку информации из разнородных источников [2]. Алгоритмы машинного обучения – классификации, регрессии, кластеризации – выявляют паттерны, предшествующие отказам. Анализ динамики параметров с помощью моделей временных рядов (ARIMA, LSTM) позволяет прогнозировать деградацию узлов. Для наглядного представления результатов используются инструменты визуализации – дашборды и тепловые карты, облегчающие интерпретацию данных.

Построение прогнозной модели представляет собой последовательный процесс. Сначала осуществляется сбор и агрегация эксплуатационных данных за период от одного до трёх лет. Затем выявляются ключевые индикаторы износа – например, устойчивый рост вибрации на 15% в течение месяца. На следующем этапе модель обучается на исторических данных, где каждому набору параметров соответствует метка «отказ» или «норма». После этого проводится

валидация на тестовой выборке, в ходе которой настраивается точность предсказаний. Финальный шаг – внедрение модели в режим реального времени с системой оповещений о потенциальных рисках.

Практическое применение Big Data в АПК охватывает ряд критически важных сценариев. Например, возможно прогнозировать выход из строя подшипников трансмиссии, опираясь на данные вибродиагностики. Анализ давления и расхода топлива позволяет предсказывать отказы топливной аппаратуры. Температурные тренды помогают выявлять перегрев гидравлических систем на ранней стадии. Оценка остаточного ресурса ремней и цепей становится доступной благодаря учёту числа циклов нагружения. Кроме того, анализ химического состава антифриза даёт возможность рано обнаруживать процессы коррозии в системах охлаждения.

Экономический эффект от внедрения таких решений проявляется многогранно. За счёт раннего предупреждения отказов удаётся сократить простои техники на 30…50%. Расходы на внеплановые ремонты снижаются на 25…40%. Межремонтный ресурс узлов увеличивается на 15…25%. Оптимизация запасов запчастей позволяет уменьшить складские издержки примерно на 20% [3]. В конечном счёте минимизируются потери урожая, вызванные задержками в полевых работах.

Вместе с тем внедрение Big Data-решений сопряжено с рядом технологических вызовов. Один из ключевых – недостаточная оснащённость старой техники IoT-датчиками, что ограничивает полноту данных. Обработка потоков информации требует значительных вычислительных мощностей, что повышает затраты на инфраструктуру. Актуальны вопросы кибербезопасности: хранение конфиденциальных данных нуждается в надёжной защите. Кроме того, возникают сложности интеграции с устаревшими системами учёта технического обслуживания, используемыми на многих предприятиях.

Список литературы

1. Остриков А.Е. О необходимости применения ППР / А.Е. Остриков, И.В. Цыпкина // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 272–273. – EDN QTKQTL.

2. Соловьев Е.В. Определение параметров восстановления полуоси вибродуговой наплавкой / Е.В. Соловьев, И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Агроинженерия в XXI веке: проблемы и перспективы : материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции с международным участием, п. Майский, 28 октября 2019 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 349–352. – EDN BXUFJQ.

3. Дефекты плужных лемехов / С.В. Ковалев, Е.С. Батырев, И.И. Титова, И.В. Цыпкина // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 22–23. – EDN TFOQVU.

УДК 631.3:629.735.46

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНИКОВ ДЛЯ ИНСПЕКЦИИ СОСТОЯНИЯ ТЕХНИКИ В АПК

Хрыстюк А.С., Ковалев С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Современное агропромышленное производство характеризуется ростом масштабов хозяйств и усложнением парка сельхозтехники. В этих условиях критически важно оперативно и точно контролировать состояние машин, чтобы минимизировать простои и поддерживать высокую производительность. Традиционные методы инспекции – визуальный осмотр и ручное диагностирование – требуют значительных временных и трудовых затрат, а также не всегда позволяют обнаружить скрытые дефекты. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) открывают новые возможности: они обеспечивают дистанционный мониторинг техники в полевых условиях, существенно сокращают время проверок и повышают достоверность получаемых данных [1]. Особенно ценна эта технология для крупных агрохолдингов и фермерских хозяйств, где техника рассредоточена по обширным территориям. Внедрение беспилотников в технический сервис АПК становится важным шагом к цифровизации процессов обслуживания и снижению эксплуатационных издержек, позволяя перейти от реактивного к проактивному управлению состоянием техники.

Беспилотники демонстрируют широкий спектр возможностей при контроле состояния сельхозтехники. Они позволяют проводить визуальный осмотр внешних повреждений – дефектов корпусов, навесного оборудования и ходовой части – в зонах, труднодоступных для человека [2]. Тепловизионная диагностика с помощью БПЛА даёт возможность выявлять перегрев узлов: двигателей, трансмиссий, подшипников, что помогает предотвратить критические отказы. Мультиспектральные камеры позволяют отслеживать утечки технических жидкостей – масла и гидравлических составов – на ранних стадиях. Кроме того, беспилотники эффективно контролируют состояние лакокрасочного покрытия и выявляют очаги коррозии, что важно для продления срока службы техники. В аварийных ситуациях БПЛА оперативно фиксируют повреждения после перегрузок или столкновений, обеспечивая объективную картину для последующего ремонта. Ещё одна значимая функция – документирование текущего состояния техники: полученные снимки и термограммы формируют «цифровой паспорт» каждой машины, который служит основой для планирования технического обслуживания и ремонтов.

Преимущества использования беспилотников проявляются в нескольких аспектах. Значительно повышается оперативность: осмотр одной единицы техники занимает всего 10…15 минут. Обеспечивается безопасность персонала, поскольку отпадает необходимость подниматься на высоту или работать в зонах с повышенным риском [3, 4]. Результаты инспекций становятся более объективными – цифровые снимки и термограммы исключают субъективность человеческого фактора. Кроме того, создаётся архив данных, позволяющий отслеживать динамику состояния техники и принимать обоснованные решения о её обслуживании.

Чтобы беспилотники эффективно выполняли задачи технического сервиса в АПК, они должны соответствовать ряду ключевых технических требований. Прежде всего, важна достаточная грузоподъёмность, позволяющая устанавливать камеры, тепловизоры и другие датчики, необходимые для комплексной диагностики. Время полёта должно составлять не менее 30 минут, что обеспечивает осмотр крупных агрегатов – таких как комбайны и тракторы – без необходимости частой подзарядки. Устойчивость к погодным условиям – ветру, осадкам и пыли – критически важна, поскольку инспекции проводятся в полевых условиях. Точность позиционирования, обеспечиваемая системами GPS/ГЛОНАСС, должна быть высокой: погрешность не должна превышать 0,5 метра, чтобы точно привязывать выявленные дефекты к конкретным узлам техники. Разрешение камер должно быть не ниже 12 мегапикселей, что позволяет детально фиксировать мелкие повреждения. Наконец, необходима стабилизированная платформа для съёмки под разными углами, обеспечивающая качество изображений независимо от положения БПЛА.

Для решения задач инспекции подходят разные типы беспилотников. Квадрокоптеры оптимальны для локального осмотра техники в пределах поля: они маневренны и легко управляются. БПЛА с неподвижным крылом лучше подходят для мониторинга техники на больших территориях – например, на базах хранения, где требуется охватить значительные площади за один полёт. Выбор конкретного типа аппарата зависит от масштаба хозяйства, специфики задач и условий эксплуатации.

Процесс инспекции с помощью БПЛА представляет собой последовательность взаимосвязанных этапов. На этапе подготовки составляется график проверок, определяется перечень осматриваемых машин и проводится проверка заряда батарей и калибровка оборудования. Затем формируется полётное задание: программируется маршрут с учётом габаритов техники и зон повышенного риска – таких как двигатели и гидравлические системы. На следующем этапе осуществляется сбор данных: выполняются фото- и видеосъёмка, тепловизионное сканирование, фиксируются координаты выявленных дефектов. На завершающем этапе принимаются управленческие решения: планируется проведение ремонтов, заказываются необходимые запчасти, корректируется график технического обслуживания.

Список литературы

1. Стребков С.В. Технология ремонта машин : учебно-методическое пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 181 с. – EDN GTLALV.

2. Основы организации технического сервиса в агропромышленном комплексе : Учебник / И.Н. Кравченко, Ю.А. Кузнецов, А.В. Коломейченко [и др.]. – Москва : ООО «Издательство «КноРус», 2022. – 452 с. – (Бакалавриат и магистратура). – ISBN 978-5-406-08940-8. – EDN WHVHKI.

3. Стребков С.В. Экономическое подтверждение объективной необходимости замещения импортных запасных частей восстановлением / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2015. № 3(7). – С. 17–28. – EDN YRWZKB.

4. Нанотехнологии и наноматериалы в агроинженерии / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.А. Добрицкий, Е.В. Соловьев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 76 с. – EDN TXCLKE.

УДК 631.3-004.6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПНЕВМАТИКИ В ПОСЕВНЫХ КОМПЛЕКСАХ: НАДЁЖНОСТЬ И ОБСЛУЖИВАНИЕ

Зайцев С.Р., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В современных посевных комплексах пневматические системы занимают ключевое место, обеспечивая дозирование и транспортировку семян, внесение удобрений и регулировку давления в рабочих органах. Их применение позволяет добиться высокой точности и равномерности распределения материала, минимизировать механические повреждения семян и в целом повысить производительность посевных агрегатов [1].

Однако интенсивная эксплуатация в сложных условиях – при высокой запылённости, воздействии абразивных частиц и перепадах температур – провоцирует ускоренный износ пневматических компонентов [2]. Проблемы с герметичностью соединений, засорение воздуховодов и отказы компрессоров ведут к серьёзным последствиям: нарушению норм высева, неравномерному распределению удобрений, росту потерь посевного материала и увеличению времени простоя техники.

В связи с этим оптимизация обслуживания пневматических систем приобретает критическое значение. Она позволяет обеспечить бесперебойную работу посевных комплексов в сжатые агротехнические сроки, что напрямую влияет на эффективность всего посевного процесса.

Пневматическая система посевного комплекса представляет собой сложный взаимосвязанный механизм, включающий несколько ключевых компонентов. Центральным элементом выступает компрессор, обеспечивающий подачу сжатого воздуха. Этот воздух транспортируется к рабочим органам через систему воздуховодов и фитингов, а его потоки регулируются распределителями и клапанами.

Дозирование семян и удобрений осуществляется с помощью специальных устройств – пневмоцилиндров и эжекторов, которые обеспечивают точную подачу материала. Для поддержания работоспособности системы предусмотрены фильтры и осушители, очищающие и осушающие воздух от примесей и влаги. Контроль параметров (давления и расхода) выполняется с помощью датчиков и расходомеров, передающих данные в систему управления.

Дополнительным элементом являются бункеры с аэрационными устройствами, предотвращающие слёживание посевного материала. Они обеспечивают равномерную подачу семян за счёт постоянного перемешивания.

Среди ключевых особенностей пневматических систем стоит выделить высокую требовательность к чистоте воздуха: даже мелкие частицы пыли способны вызвать засорение и ускоренный износ компонентов. Не менее важно точное регулирование давления, от которого напрямую зависит равномерность высева. Работа в условиях вибрации и динамических нагрузок также предъявляет

повышенные требования к прочности и надёжности соединений – резьбовых, быстросъёмных – и уплотнений.

Эксплуатация пневматических систем сопряжена с рядом характерных неисправностей, каждая из которых имеет свои причины и последствия. Одной из наиболее распространённых проблем являются утечки воздуха, возникающие из-за износа уплотнений, ослабления соединений или трещин в воздуховодах. Такие утечки приводят к падению давления в системе, что неизбежно сказывается на равномерности высева и общей производительности.

Засорение пневмолиний – ещё одна частая причина сбоев. Попадание пыли, остатков семян или удобрений вызывает блокировку дозирующих устройств, нарушая точность подачи материала. Отказ компрессора, сопровождающийся снижением производительности, может быть вызван перегревом, износом поршневых групп или загрязнением всасывающего фильтра.

Проблемы с клапанами и распределителями проявляются в виде заклинивания из-за загрязнения, коррозии или износа уплотнений. Это нарушает распределение воздуха по рядам, приводя к неравномерному высеву. Конденсация влаги в системе – особенно при отсутствии осушителей – провоцирует коррозию металлических элементов, слипание семян и забивание сопел.

Повреждение датчиков, вызванное механическими ударами или воздействием пыли, приводит к некорректным показаниям давления и расхода. Наконец, слёживание материала в бункере, обусловленное недостаточной аэрацией из-за засорения аэрационных пластин, ухудшает подачу семян и снижает эффективность работы комплекса.

Список литературы

1. Ковалев С.В. Инженерная этика и ее роль в профессиональном развитии / С.В. Ковалев, А.С. Новицкий, М.Г. Букат // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 17–18. – EDN FBLFUD.

2. Снижение трудоемкости ТОиР колесных тракторов / А.С. Новицкий, А.В. Бондарев, М.И. Романченко, Е.С. Батырев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 26–27. – EDN GLSOPL.

3. Порицкий В.М. Основные дефекты культиваторов и способы их устранения / В.М. Порицкий, Е.С. Батырев // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 243–246. – EDN TNPAGW.

УДК 620.19

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМОГРАФИИ ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ УЗЛОВ ТРАКТОРОВ

Польшиков И.М., Бондарев А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В условиях интенсивного использования тракторной техники в агропромышленном комплексе особую значимость приобретает задача обеспечения её безотказной работы. Традиционные методы технической диагностики (визуальный осмотр, вибродиагностика, анализ проб масла) зачастую позволяют выявлять дефекты лишь на поздних стадиях развития, когда локальные повреждения уже трансформировались в масштабные неисправности. Это влечёт за собой рост эксплуатационных затрат, неплановые остановки в период сезонных работ и сокращение ресурса агрегатов.

В данном контексте перспективным решением выступает термография – неразрушающий метод контроля, основанный на дистанционной регистрации инфракрасного излучения, испускаемого поверхностями работающих узлов [1]. Способность фиксировать температурные аномалии с точностью до 0,1°C делает тепловизионную диагностику эффективным инструментом раннего обнаружения дефектов.

Работа любого узла трактора сопровождается выделением тепла, обусловленным трением, электрическими процессами, неполным сгоранием топлива и иными физико-химическими явлениями. Наличие дефектов – будь то износ, перегрев, нарушение контактных соединений или ухудшение теплоотвода – приводит к изменению теплового портрета агрегата.

Тепловизор преобразует инфракрасное излучение в видимое изображение (термограмму), позволяя визуализировать распределение температур по поверхности [2]. Ключевыми анализируемыми параметрами выступают абсолютная температура контролируемой зоны; температурный градиент между однотипными узлами или симметричными участками; динамика изменения температуры в процессе нагружения и остывания.

Применение термографии позволяет выявлять широкий спектр неисправностей основных систем трактора:

В двигателе наблюдаются локальный перегрев цилиндров вследствие нарушения работы системы охлаждения; неравномерное распределение температуры по выпускным коллекторам, указывающее на сбои в работе форсунок; зоны аномального охлаждения, свидетельствующие об утечках масла или охлаждающей жидкости.

В трансмиссии фиксируются повышенный нагрев подшипников коробок передач и ведущих мостов, связанный с недостатком смазки или износом; перегрев фрикционных элементов (сцепление, гидромеханическая трансмиссия) при пробуксовке.

В электрооборудовании обнаруживаются ослабленные контактные соединения, проявляющиеся локальным перегревом; аномальный нагрев генераторов и стартеров, указывающий на внутренние замыкания или перегрузку.

В гидравлической системе выявляются утечки в шлангах и соединениях, создающие зоны пониженной температуры; перегрев насосов, вызванный загрязнением рабочего масла или заклиниванием подвижных частей.

Процесс термографического контроля включает последовательность этапов, обеспечивающих достоверность результатов.

На этапе подготовки осуществляется очистка поверхностей от загрязнений, выбор оптимальной дистанции съёмки согласно техническим характеристикам тепловизора, а также учёт внешних факторов (инсоляция, скорость ветра, влажность воздуха), способных исказить температурные показания.

В ходе съёмки производится сканирование узлов в различных режимах работы – на холостых оборотах и под нагрузкой [3]. Фиксируются термограммы с привязкой ко времени и условиям эксплуатации, что позволяет отследить динамику тепловых процессов.

Анализ полученных данных предполагает сопоставление текущих термограмм с эталонными изображениями исправных узлов. Критическим критерием выступает превышение допустимой температуры ($\Delta T > 10°C$), а также наличие аномальных градиентов. Для детализации картины строятся температурные профили, выделяющие зоны потенциальных дефектов.

На заключительном этапе формируется отчёт, содержащий термоизображения, фотофиксацию проблемных зон и рекомендации по ремонтно-восстановительным мероприятиям.

Термография обладает рядом существенных преимуществ перед традиционными методами диагностики, такими как безразборность контроля, исключающая необходимость демонтажа узлов; высокая скорость проведения измерений (15…30 мин на агрегат); дистанционный характер измерений, обеспечивающий безопасность оператора при работе с высокотемпературными зонами; наглядность представления результатов в виде цветовых температурных карт; возможность архивирования данных для последующего сравнительного анализа в динамике.

Список литературы

1. Батырев Е.С. Неисправности карданной передачи автомобиля Газель и способы их устранения / Е.С. Батырев, А.С. Новицкий // Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее : Материалы XXIV Международной научно-производственной конференции. В 2 томах, Майский, 27-28 мая 2020 года. Том 1. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 7–8. – EDN GLPZLL.

2. Восстановление работоспособности радиатора трактора «холодным» газодинамическим напылением / Ю.А. Кузнецов, В.В. Гончаренко, С.А. Денисьев [и др.] // Техника и оборудование для села. 2016. № 3. – С. 33–36. – EDN VPWKCT.

3. Соловьев Е.В. Определение параметров восстановления полуоси вибродуговой наплавкой / Е.В. Соловьев, И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Агроинженерия в XXI веке: проблемы и перспективы : материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции с международным участием, п. Майский, 28 октября 2019 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 349–352. – EDN BXUFJQ.

УДК 631.3(075.8)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА

Васильев Д.Ю., Бондарев А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Следствием активного развития отрасли животноводства является накопление большой массы навоза, требующей сбора, переработки и утилизации.

Типичная схема реализуется следующим образом. Навоз через решетчатый пол в продольные каналы, выполненные с уклоном 0,54% в сторону центрального канала. В каждом продольном канале предусматривается три шибера. Перед эксплуатацией шиберы закрываются, и в каналы заливается вода до уровня 10…15 см от дна в верхней части канала [1]. После наполнения продольного канала навозом шиберы открываются и навоз стекают в центральный коллектор. Опорожнение каналов должно осуществляться один раз в 7…10 дней. При этом шиберы открываются последовательно: вначале первый шибер (около центрального канала), затем после полного опорожнения первой части канала открывается последовательно остальные шибера.

После того как канал опорожнился, необходимо его стенки и дно (особенно в верхней части канала) промыть водой из шланга. Для этого на шланг надевают насадку из выгнутой трубы со сплющенным выходным концом [2]. Насадку вставляют в щель решетки и направляют струю воды на стенку канала. После промывки канала шиберы закрывают, в каналы наливается вода, и цикл наполнения канала повторяется снова. Очистка решеток от навоза, а затем промывка водой предусматривается один раз в семь дней, очистка производится вручную металлическим скребком. Перед опорожнением канала необходимо убедится в том, что навоз негустой имеет достаточную для самотека влажность 90…95%. Если, в канале навоз густой, то перед опорожнением в него необходимо залить воды [1].

Существует система по использованию бесподстилочного навоза. Наиболее эффективной системой подготовки органических удобрений и внесению является система с разделением исходной массы на жидкую и твердую фракцию с последующим хранением и использованием каждой из них.

Общепринятая схема включает в себя следующие операции [2]:

- откачивание жидкой фракции бесподстилочного навоза в резервуар осветленных стоков с последующей подачей по напорному трубопроводу в полевые навозохранилища или в оросительную сеть с соответствующим разбавлением водой;
- выгрузка твердой фракции и транспортирование ее в бурты на край поля;
- внесение твердой фракции бесподстилочного навоза техническими средствами, используемыми на внесении подстилочного навоза.

Часто используют горизонтальные отстойники-накопители, выполненные с твердым покрытием дна и откосов. Система позволит навоз влажностью 98% самотеком направлять поочередно в накопители, где он будет разделяться на жидкую и твердую фракцию. Жидкая фракция из бетонных колодцев, оборудованных шиберами на различных уровнях, будет самотеком поступать в канализационную насосную станцию, откуда по напорному трубопроводу подаваться в биологический пруд, а часть в животноводческие помещения для смыва. В биологическом пруду произойдет дополнительный отстой, а затем в пруд накопитель, откуда на поля орошения.

После удаления жидкой фракции навоз выгружается из отстойника экскаватором или погрузчиком напорного действия.

В настоящее время при отстаивании бесподстилочного навоза в навозонакопителях образуется три слоя. Верхний слой – это слой, состоящий из частиц, плотность которых меньше плотности воды, средний слой, который представляет собой воду с растворенным в ней навозом, третий слой представляет собой илистые отложения навоза. Далее предусмотрена выгрузка жидкой фракции навоза в резервуар осветленных стоков. Для этого отстойники оборудованы колодцами с шиберами, которые открываются и закрываются с помощью винтового механизма, приводимого в действие мускульной силой человека. Жидкая фракция через отверстия, которые открываются шиберами, самотеком поступает в пруд осветленных стоков.

Но здесь есть ряд недостатков. Крупные частицы, попадая в отверстия, застревают и препятствуют движению шиберов. Из-за постоянной сырости происходит коррозия, что делает затруднительным движение шиберов и герметизацию их. При такой откачке происходит образование замкнутых объемов жидкой фракции (линзы), что делает затруднительным выгрузку твердой фракции. Все это усугубляется абразивным изнашиванием всех элементов [3].

Список литературы

1. Макаренко А.Н. Система технологических процессов в животноводстве и растениеводстве / А.Н. Макаренко, О.А. Чехунов. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2012. – 52 с.

2. Механизация, электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства / А.Н. Макаренко, Ю.В. Саенко, О.А. Чехунов [и др.]. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2017. – 66 с.

3. Об упрочнении рабочей кромки почвообрабатывающих орудий электроискровым легированием / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев // Труды ГОСНИТИ. 2018. Т. 130. – С. 142–150.

УДК 631.3.004

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Терентьев О.В., Шемякин А.Б., Терентьев В.В.
ФГБОУ ВО Рязанский ГАТУ, г. Рязань, Россия

Эффективная очистка сельскохозяйственной техники от загрязнений является важной задачей, стоящей пред службой технического сервиса предприятий АПК. Ультразвуковая очистка осуществляется за счёт акустической кавитации – образования, роста и резкого разрушения микроскопических пузырьков в жидкой среде. Когда ультразвуковые волны с частотой 20…100 кГц распространяются через очищающий раствор, колебания давления создают вакуумные полости, которые схлопываются при достижении критического размера. Эти пузырьки создают локальные температуры свыше 5000 К и давление выше 1000 атмосфер, образуя микроструи, направленные на загрязненные поверхности со скоростью 100…500 м/с.

Выбор частоты определяет интенсивность и точность очистки. Низкие частоты (20…40 кГц) образуют крупные пузырьки кавитации с агрессивной очисткой, подходящие для сильного загрязнения прочных металлических компонентов – лемехов плугов, зубцов культиваторов и корпусов редукторов. Более высокие частоты (68…130 кГц) создают меньшие пузырьки для аккуратной очистки топливных форсунок, гидравлических клапанов и шариковых подшипников без повреждения поверхности.

Оптимальная температура очистки варьируется от 50 до 65°C, повышая интенсивность кавитации при сохранении стабильности раствора. Требования к плотности мощности варьируются от 10 до 50 Вт/л в зависимости от степени загрязнения. Длительность очистки обычно составляет от 3 до 15 минут для сельскохозяйственных деталей с масляными и жировыми отложениями, почвенными и растительными загрязнениями.

Сельскохозяйственная техника накапливает сложное загрязнение: нефтяные смазочные материалы, гидравлические жидкости, растительные остатки, минеральные частицы почвы и продукты коррозии. Ультразвуковая кавитация проникает в глухие отверстия, резьбовые соединения и поверхностные неровности, недоступные для традиционных методов распыления или погружения. Исследования показывают 95-99% эффективность удаления масляных пленок и загрязнения твердыми частицами на поверхностях стали и чугуна в течение 5…10 минут после обработки.

В состав очищающего раствора обычно входят щелочные водные моющие средства (pH 9…11) в сочетании с поверхностно-активными веществами, действие которых усиливается кавитационными эффектами. Разрушение жиров и эмульгация масел происходят одновременно с механическим смещением, что способствует повышению качества очистки загрязненных поверхностей.

По сравнению с обезжириванием растворителями, ультразвуковая очистка устраняет выбросы летучих органических соединений и снижает риск негативного воздействия на работников. Время обработки сокращается на 60…80% по сравнению с ручной очисткой. Энергопотребление варьируется от 0,5 до 2,0 кВт·ч на цикл очистки, что значительно ниже, чем при мойке под высоким давлением для удаления загрязнений. Возможность повторного использования моечного раствора увеличивает эксплуатационную экономию, при этом правильная фильтрация позволяет провести 50-100 циклов очистки перед заменой.

Универсальность ультразвукового способа повышается разнообразием моющих средств, используемых в процессе очистки, начиная от кислотных и заканчивая сильнощелочными растворами. Понимание различных типов моющих средств помогает предотвратить ошибки при очистке и избежать удаления важных компонентов, таких как воск, лаки, покрытия и антикоррозионные слои. Выбор правильного моющего средства является важнейшим аспектом ультразвуковой очистки, требующим ответственного подхода со стороны специалистов инженерной службы сельскохозяйственных предприятий.

Список литературы

1. Абаньшин В.Ю., Бондарев А.В. Технология мойки деталей при ремонте техники // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VII Международной студенческой научной конференции. – Майский, 2025. – С. 129–130.

2. Селютин А.А., Бондарев А.В. О технологии уборочно-моечных работ // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VII Международной студенческой научной конференции. – Майский, 2025. – С. 330.

3. Совершенствование технологии мойки деталей при ремонте техники / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, С.В. Стребков [и др.] // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции. – Майский, 2023. – С. 51–54.

4. Плют А.С., Бондарев А.В. Мойка и очистка машин // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной научной конференции. Том 4. – Майский, 2023. – С. 303.

5. Теоретическое исследование технологии мойки сельскохозяйственной техники вращающимися струями / А.В. Кирилин, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев [и др.] // Наука в центральной России. 2019. № 5 (41). – С. 49–60.

6. Забара К.А., Терентьев В.В., Киселев В.А. Совершенствование технологического процесса подготовки техники к хранению // Вестник РГАТУ. 2024. Т. 16, № 1. – С. 101–113.– DOI 10.36508/RSATU.2024.62.60.014.

УДК 620.19:621.822

ИСПЫТАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ УПЛОТНЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ ВЛАЖНОСТИ

Будько Е.И., Сахнов А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В агропромышленном комплексе техника постоянно сталкивается с воздействием повышенной влажности. Это происходит во время полевых работ в дождливую погоду, при орошении, обработке влажных почв, а также при хранении машин в неотапливаемых помещениях [1]. В таких условиях полимерные уплотнения – сальники, прокладки и манжеты – испытывают комплексное негативное воздействие. Они насыщаются влагой, набухают, изменяют геометрические параметры, теряют эластичность, подвергаются ускоренной деструкции полимерной матрицы. Кроме того, на их поверхности нередко развиваются микробиологические процессы – появляется плесень и грибок.

Следствия этих процессов ощутимы для эксплуатации техники. Нарушается герметичность узлов, возникают утечки рабочих жидкостей (масла, гидравлических составов), влага и загрязнения проникают внутрь механизмов, что приводит к преждевременному выходу оборудования из строя [2]. В связи с этим особую актуальность приобретают испытания полимерных уплотнений, позволяющие оценить их работоспособность и ресурс в условиях влажности свыше 85%.

Основная цель таких испытаний – определить, насколько долго уплотнения сохраняют функциональность в агрессивной влажной среде. При этом решаются несколько ключевых задач. Необходимо выяснить, как быстро разные полимерные материалы поглощают воду, как изменяются их механические свойства (твёрдость, упругость, прочность) под воздействием влаги, когда наступает критическая потеря герметичности [3]. Также важно сравнить эффективность различных типов уплотнений – резиновых, силиконовых, фторполимерных – и на основе полученных данных разработать рекомендации по выбору материалов для конкретных узлов сельхозтехники.

Для исследований используют как стандартные образцы уплотнительных материалов (в соответствии с ГОСТ 7338-90 и ISO 3635), так и типовые узлы сельхозтехники, оснащённые полимерными уплотнениями (гидроцилиндры, редукторы, топливные баки). Испытания проводят с применением целого ряда методов. В климатических камерах моделируют условия с регулируемой влажностью (90…98%) и температурой (20…40°С). Измеряют водопоглощение по массе согласно ГОСТ 4650-80, проверяют герметичность при избыточном давлении, проводят механические тесты (определяют твёрдость по Шору, предел прочности при растяжении) [4]. До и после воздействия влаги выполняют микроскопический анализ поверхности, а также организуют длительные натурные испытания в полевых условиях.

В процессе испытаний оценивают несколько ключевых параметров. Во-первых, фиксируют водопоглощение (в процентах от массы за 24, 72 и 168 часов).

Во-вторых, отслеживают изменение линейных размеров (увеличение диаметра и толщины). В-третьих, измеряют снижение твёрдости (в единицах Шора А). Кроме того, определяют время до появления утечек (потеря герметичности), выявляют наличие микротрещин и расслоений после экспозиции, оценивают рост микробной обсеменённости поверхности.

Предварительные исследования позволили получить значимые результаты. Так, резиновые уплотнения на основе бутадиен-нитрильного каучука (NBR) демонстрируют водопоглощение до 3…5% за неделю. Это приводит к увеличению диаметра на 1…2% и снижению твёрдости на 5…10 единиц Шора А. При этом герметичность сохраняется до 30 суток при влажности 90%. Силиконовые уплотнения (VMQ) отличаются меньшим водопоглощением – менее 1% [5]. Они сохраняют эластичность до 60 суток, однако подвержены микробиологическому поражению при длительном контакте с влагой. Фторполимерные уплотнения (FPM, FKM) показывают минимальное водопоглощение (0,2…0,5%) и сохраняют герметичность свыше 90 суток, но их высокая стоимость ограничивает широкое применение. Термопластичные эластомеры (TPE) занимают промежуточную позицию: водопоглощение составляет 1,5…2,5%, а срок службы – 45…60 суток.

На стойкость уплотнений влияет ряд факторов. Прежде всего, это химический состав полимера – наличие полярных групп и степень сшивки. Важны также толщина и геометрия уплотнения, наличие защитных покрытий (антимикробных или гидрофобных). Характер нагрузки (статическая или динамическая) и присутствие агрессивных примесей в воде (солей, кислот, пестицидов) тоже играют существенную роль.

Экономический эффект от применения влагостойких уплотнений заметен. Частота их замены снижается на 40…60%, сокращаются утечки рабочих жидкостей (что экономит масла и гидравлические составы), уменьшаются простои техники из-за разгерметизации узлов. Кроме того, продлевается ресурс агрегатов благодаря защите от попадания влаги.

Список литературы

1. Стребков С.В. Свойства бензина и эксплуатационная надежность двигателя / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 169 с. – ISBN 978-5-605-01367-9. – EDN HZLKMS.

2. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

3. Патент на полезную модель № 196799 U1 Российская Федерация, МПК B08B 3/04. Стенд для мойки деталей и промывки масляных каналов коленчатых валов двигателей : № 2019138654 : заявл. 28.11.2019 : опубл. 16.03.2020 / А.А. Добрицкий, А.В. Сахнов, Н.Ф. Скурятин ; заявитель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. – EDN MBYMML.

4. Романченко М.И. Сопротивление деформации шины при качении колеса / М.И. Романченко // Автомобильная промышленность. 2009. № 7. – С. 20–23. – EDN OPBDAB.

5. К вопросу восстановления работоспособности культиватора / И.В. Цыпкина, И.И. Титова, С.В. Ковалев, Е.С. Батырев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 54–55. – EDN OXSCRL.

УДК 620.193

КОРРОЗИОННО-СТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ

Назаров И.А., Романченко М.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Коррозия представляет собой серьёзную угрозу надёжности и долговечности сельскохозяйственной техники. Статистические данные демонстрируют значительный процент отказов машин, обусловленных коррозионным износом [1]. Экономические последствия включают не только прямые затраты на ремонт и замену деталей, но и косвенные потери из-за простоев техники в сезон полевых работ. Особую сложность создаёт специфика агрессивных сред в АПК: растворы минеральных удобрений, пестициды, навозные стоки и атмосферная влага, насыщенная агрохимикатами, активно ускоряют коррозионные процессы.

В основе разрушения материалов лежит электрохимическая коррозия, активизируемая средами с высокой электропроводностью – например, растворами удобрений или навозной жижей [2]. Помимо общей коррозии, критичны локальные виды повреждений: питтинговая коррозия формирует глубокие очаги разрушения, щелевая – развивается в зазорах и соединениях, межкристаллитная – ослабляет структуру металла по границам зёрен. Дополнительным фактором выступает сочетание коррозионной среды с циклическими механическими нагрузками и абразивным воздействием почвы, что многократно ускоряет деградацию материалов.

Углеродистые и низколегированные стали, несмотря на низкую стоимость и технологичность обработки, демонстрируют недостаточную стойкость к агрессивным средам АПК. Оцинкованные покрытия обеспечивают временную защиту, но их ресурс ограничен в условиях постоянного контакта с химически активными веществами [3]. Полимерные покрытия, хотя и обладают химической инертностью, часто страдают от недостаточной адгезии к металлу и низкой устойчивости к механическим повреждениям, вызванным абразивным воздействием почвы и растительных остатков.

Нержавеющие стали аустенитного класса (например, AISI 304 и AISI 316) находят применение в узлах, контактирующих с агрессивными жидкостями, благодаря сочетанию пластичности и стойкости к окислению. Дуплексные стали предлагают компромисс между высокой прочностью и коррозионной устойчивостью, что критично для нагруженных элементов. Алюминиевые сплавы с анодным оксидированием обеспечивают малый вес и устойчивость к атмосферной коррозии, а полимерные композиты – химическую инертность при минимальной массе конструкции.

Газотермическое напыление позволяет создавать слои из цинка, алюминия или керамических материалов, обеспечивающих барьерную защиту. Термодиффузионные цинковые покрытия отличаются повышенной адгезией и долговечностью по сравнению с гальваническими аналогами. Полимерные композиционные покрытия, содержащие ингибиторы коррозии, формируют многофункци-

ональный защитный слой. Специальные лаки и эмали с УФ-стабилизаторами предотвращают деградацию покрытий под действием солнечного излучения.

Ингибиторы коррозии, вводимые в технологические жидкости, замедляют электрохимические процессы на поверхности металла. Катодная защита эффективна для крупногабаритных металлоконструкций, таких как хранилища и бункеры. Самовосстанавливающиеся покрытия, содержащие микрокапсулы с ингибиторами, способны локально «залечивать» повреждения. Нанопокрытия на основе оксидов металлов или графена повышают износостойкость и создают барьер на молекулярном уровне.

Для объективной оценки материалов применяются методы ускоренных испытаний: камеры солевого тумана имитируют агрессивные условия, а циклические тесты воспроизводят смену режимов эксплуатации. Нормативная база (ГОСТ и ISO) регламентирует процедуры проверки стойкости к коррозии в агросредах. Неразрушающие методы контроля, включая ультразвуковую толщинометрию и электрохимические измерения, позволяют мониторить состояние конструкций без вывода техники из эксплуатации.

Внедрение дорогостоящих сплавов и покрытий требует расчёта срока окупаемости, учитывающего снижение частоты ремонтов и увеличение межремонтных интервалов. Сравнительный анализ показывает, что затраты на коррозионно-стойкие решения компенсируются за счёт сокращения простоев техники – в ряде случаев на 30…50%. Практические кейсы предприятий АПК подтверждают, что переход на современные материалы снижает совокупную стоимость эксплуатации машин в долгосрочной перспективе.

Развитие гибридных покрытий, сочетающих металлы, полимеры и наночастицы, открывает возможности для создания многофункциональных защитных слоёв. Аддитивные технологии позволяют изготавливать детали сложной геометрии из коррозионно-стойких материалов с оптимизированной структурой. Цифровизация мониторинга коррозии с помощью датчиков и IoT-систем обеспечивает раннее обнаружение повреждений, что даёт возможность планировать ремонты до критического износа конструкций.

Список литературы

1. Порицкий В.М. Мобилизация ТОиР на предприятиях агропромышленного комплекса / В.М. Порицкий, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 294. – EDN MIRUCU.

2. Хранение тракторов и тракторных прицепов на подставках / Н.Ф. Скурятин, А.С. Новицкий, С.В. Ковалев, Е.С. Батырев // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе». – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 68–73. – EDN TUXLMR.

3. Хранение сельскохозяйственной техники с использованием подставок / Н.Ф. Скурятин, А.С. Новицкий, С.В. Ковалев, Е.В. Немцев // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 64–68. – EDN VZIHRB.

УДК 621.791.92:631.3

ЛАЗЕРНАЯ НАПЛАВКА ДЛЯ РЕМОНТА ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ В АПК

Растрогин В.Г., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Интенсивная эксплуатация сельскохозяйственной техники приводит к ускоренному износу критически важных узлов – коленчатых валов, шестерён, опорных поверхностей, рабочих органов почвообрабатывающих машин. Замена таких деталей сопряжена со значительными финансовыми затратами, а их дефицит нередко осложняет проведение ремонтных работ [1]. Лазерная наплавка предоставляет эффективную альтернативу: она позволяет восстанавливать геометрию и эксплуатационные свойства деталей с минимальными временными и материальными издержками. Особенно ценна эта технология в напряжённый период полевых работ, когда оперативность ремонта критически важна.

Технология базируется на принципе локального нанесения расплавленного металла на изношенную поверхность посредством сфокусированного лазерного луча. В процессе энергия лазера плавит присадочный материал порошок или проволоку, формируя плотный металлонапылённый слой с высокой адгезией к основе [2]. Ключевым преимуществом метода выступает минимальное термическое влияние на деталь: это исключает деформацию и нежелательные структурные изменения в объёме металла, что особенно важно для сохранения прочностных характеристик восстановленной детали.

По сравнению с электродуговой и газопламенной наплавкой лазерная технология демонстрирует ряд существенных преимуществ. Она обеспечивает точность нанесения слоя вплоть до 0,1 мм, исключает коробление детали, позволяет работать с трудносвариваемыми материалами, формирует покрытие с высокой твёрдостью и износостойкостью (до 60 HRC) [3].

Для лазерной наплавки применяются порошковые композиции на основе различных сплавов, выбор которых определяется условиями эксплуатации детали, требуемой твёрдостью покрытия и совместимостью с основным металлом. Широко используются железные сплавы системы Fe-Cr-C для общих случаев восстановления, никелевые сплавы (Ni-Cr-B-Si) – при работе в условиях повышенных температур, кобальтовые сплавы (например, Stellite) – для обеспечения экстремальной износостойкости. В случаях интенсивного абразивного износа применяют композиции с карбидами вольфрама. Грамотный подбор материала напрямую влияет на долговечность восстановленной детали и её работоспособность в заданных условиях.

Типовая установка для лазерной наплавки включает несколько ключевых компонентов: лазер (волоконный или диодный), систему подачи присадочного материала, ЧПУ-управление и систему охлаждения. Эффективность процесса зависит от точной настройки критических параметров: мощности лазера (в диапазоне 0,5…5 кВт), скорости наплавки (5…30 мм/с), толщины формируемого слоя

(0,2…1,5 мм), а также выбора защитного газа (аргон или азот). Корректная регулировка этих параметров обеспечивает однородность структуры наплавленного слоя и исключает образование трещин, что критически важно для надёжности восстановленной детали.

Процесс восстановления детали с помощью лазерной наплавки представляет собой последовательность чётко регламентированных этапов. Сначала проводится дефектовка и тщательная очистка поверхности, затем выполняется подготовка кромки – фрезеровка или шлифовка. При необходимости осуществляется предварительный подогрев детали. Далее следует непосредственно процесс наплавки, в ходе которого контролируется геометрия формируемого слоя. После наплавки проводится финишная механическая обработка для достижения требуемых размеров и шероховатости. Завершается процесс комплексным контролем качества, включающим твердометрию, проверку геометрии и ультразвуковую дефектоскопию. Строгое соблюдение регламента на каждом этапе гарантирует получение детали, соответствующей техническим требованиям.

После завершения процесса наплавки осуществляется многоступенчатый контроль качества, обеспечивающий надёжность восстановленной детали. Проводится измерение твёрдости как самого покрытия, так и переходной зоны между наплавленным слоем и основным металлом.

Применение лазерной наплавки позволяет сократить затраты на ремонт на 40…70% по сравнению с полной заменой детали. Окупаемость оборудования для лазерной наплавки обычно достигается в течение 1…2 лет при регулярном использовании. К дополнительным экономическим преимуществам относятся снижение простоев техники, уменьшение складских запасов запасных частей и продление ресурса узлов в 1,5…3 раза. Особенно выгоден этот метод при ремонте импортного оборудования, где оригинальные запчасти отличаются высокой стоимостью и длительными сроками поставки. В долгосрочной перспективе технология обеспечивает существенную экономию средств при сохранении надёжности работы техники.

Список литературы

1. Соловьев Е.В. Определение параметров восстановления полуоси вибродуговой наплавкой / Е.В. Соловьев, И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Агроинженерия в XXI веке: проблемы и перспективы : материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции с международным участием, п. Майский, 28 октября 2019 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 349–352. – EDN BXUFJQ.

2. Порицкий В.М. Основные дефекты культиваторов и способы их устранения / В.М. Порицкий, Е.С. Батырев // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 243–246. – EDN TNPAGW.

3. Батырев Е.С. Принцип работы контактной электроискровой установки / Е.С. Батырев, В.М. Порицкий // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 9–10. – EDN HMNFSM.

УДК 658.7:631.3

ЛОГИСТИКА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ: ОПТИМИЗАЦИЯ СКЛАДСКИХ ЗАПАСОВ

Беляев А.В., Цыпкина И.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В агропромышленном комплексе грамотное управление запасами запасных частей имеет критическое значение. Это обусловлено сезонным характером работ, значительной удалённостью многих хозяйств от крупных логистических центров и высокой стоимостью простоев техники. Неоптимальная организация запасов ведёт к серьёзным издержкам: финансовые средства оказываются вложенными в неликвидные позиции, в пиковые периоды возникает дефицит критически важных деталей, растут расходы на хранение и учёт, а также повышается риск устаревания запчастей в связи с обновлением модельного ряда техники. Оптимизация запасов позволяет сократить эти издержки, обеспечить бесперебойную работу машин и повысить экономическую эффективность сельхозпроизводства.

На структуру и объём складских запасов воздействует целый комплекс факторов. Прежде всего, это состав парка техники – марки, модели и годы выпуска эксплуатируемых машин. Существенное влияние оказывает интенсивность эксплуатации и наработка на отказ отдельных узлов и агрегатов. Географическое расположение хозяйства – удалённость от поставщиков – определяет сроки и стоимость доставки [1]. Сезонность сельхозработ создаёт пиковые нагрузки весной и осенью, что требует заблаговременного формирования резервов. Кроме того, важны сроки поставки от поставщиков и наличие альтернативных каналов снабжения, а также гарантийные обязательства производителей и действующие сервисные программы.

Для рационализации складских запасов применяют системные методы классификации. Один из наиболее распространённых – ABC-анализ, при котором запчасти делят на группы по стоимости годового потребления: группа A – высокоценные позиции, B – среднеценные, C – низкоценные. Дополняет его XYZ-анализ, учитывающий предсказуемость спроса: X – стабильный, Y – умеренно варьирующийся, Z – нерегулярный. На основе комбинации этих двух подходов строится ABC-XYZ-матрица, помогающая определить приоритеты хранения. Дополнительно используют классификацию по критичности: выделяют жизненно важные, важные и второстепенные детали, что позволяет дифференцировать подходы к их резервированию.

В практике логистики применяют несколько базовых моделей управления запасами. Метод «минимум-максимум» предполагает поддержание уровня запаса в заранее заданных границах, что обеспечивает баланс между избытком и дефицитом. Модель фиксированного размера заказа (EOQ – Economic Order Quantity) рассчитывает оптимальную партию закупки с учётом издержек на размещение и хранение. Метод периодического пополнения до целевого уровня

удобен при регулярной потребности в запчастях. Подход JIT («точно в срок») эффективен для высокооборачиваемых позиций, минимизируя складские остатки.

Определение оптимального уровня запасов опирается на ряд ключевых параметров. Важнейший из них – точка заказа, то есть уровень запаса, при котором необходимо разместить новый заказ, чтобы избежать дефицита. Не менее значим размер партии поставки, который рассчитывают с учётом транспортных издержек и возможных скидок от поставщиков [2]. Страховой запас создаётся на случай задержек поставок или неожиданного роста спроса. Оборачиваемость запасов – отношение годового расхода к среднему остатку – показывает эффективность использования складских ресурсов. Наконец, период между поставками синхронизируют с сезонностью сельхозработ, чтобы обеспечить наличие нужных деталей в пиковые периоды.

Современные технологии открывают широкие возможности для повышения эффективности управления запасами. WMS-системы (Warehouse Management System) обеспечивают точный учёт и рациональное размещение запчастей на складе. ERP-модули интегрируют складские процессы с закупками и финансовым учётом, создавая единую информационную среду. Технологии RFID-меток и штрихкодирования автоматизируют приёмку, отгрузку и инвентаризацию, снижая влияние человеческого фактора. Прогнозная аналитика на основе Big Data позволяет анализировать наработку, статистику отказов и сезонность спроса, формируя обоснованные планы закупок. Мобильные приложения упрощают оформление заявок и фиксацию дефектов, ускоряя обработку данных и повышая прозрачность процессов.

Эффективность управления запасами оценивают по ряду ключевых показателей. Коэффициент оборачиваемости запасов, рассчитываемый как отношение годового объёма продаж к среднему уровню запасов, показывает, сколько раз за год запас полностью обновляется. Доля неликвидов в общей стоимости запасов выявляет проблемные позиции, требующие переоценки или утилизации. Регулярный мониторинг этих показателей даёт возможность своевременно корректировать модели управления и повышать эффективность логистики.

Список литературы

1. Основы организации технического сервиса в агропромышленном комплексе : Учебник / И.Н. Кравченко, Ю.А. Кузнецов, А.В. Коломейченко [и др.]. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «КноРус», 2022. – 452 с. – (Бакалавриат и магистратура). – ISBN 978-5-406-08940-8. – EDN WHVHKI.

2. Затраты времени на обслуживание и ремонт колёсных тракторов будут снижены / Н. Ф. Скурятин, А.В. Бондарев, В.М. Порицкий, И.В. Васильченко // Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы : Материалы XXII международной научно-производственной конференции, Майский, 28-29 мая 2018 года. Том 1. – Майский : Белгородский ГАУ, 2018. – С. 216–218. – EDN XSYEDB.

УДК 631.3:338.45

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЗАПЧАСТЕЙ ДЛЯ ИМПОРТНЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Савин Ю.В., Титова И.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В условиях внешнеэкономических ограничений вопрос снижения зависимости агросектора от импортных комплектующих приобрёл особую значимость. Локализация производства запчастей перестаёт быть просто экономической задачей – она становится важнейшим элементом технологической безопасности [1]. Такой подход не только гарантирует бесперебойную работу сельхозтехники, но и способствует формированию новых производственных цепочек, созданию рабочих мест и наращиванию внутреннего инженерного потенциала страны.

На сегодняшний день значительная доля сельхозтехники в российских агропредприятиях остаётся зарубежной – это тракторы, комбайны, посевные и уборочные комплексы. Эксплуатация такой техники сопряжена с серьёзными проблемами: постоянно растёт стоимость оригинальных запчастей, увеличиваются сроки их поставок, возникают риски срыва гарантийных обязательств [2]. В этой ситуации критически важно выработать системный подход к определению приоритетных узлов и деталей для локализации, принимая во внимание частоту их отказов и степень влияния на производственный цикл.

Государство активно поддерживает процессы импортозамещения, предлагая предприятиям комплекс мер: субсидии, налоговые льготы, программы льготного кредитования для тех, кто осваивает выпуск отечественных компонентов. Существенную роль играют также меры по стандартизации и сертификации, которые позволяют интегрировать локальные изделия в действующие эксплуатационные регламенты. При этом остаётся актуальной исследовательская задача – проанализировать эффективность действующих инструментов и сформулировать предложения по их дальнейшему совершенствованию.

Создание аналогов импортных запчастей требует решения ряда сложных технологических задач. Необходимо обеспечить точное воспроизведение геометрических параметров и допусков, подобрать материалы с требуемыми механическими и коррозионными свойствами, освоить специализированные технологии – такие как литьё, термообработка и нанесение покрытий [3]. Не менее важно гарантировать совместимость новых деталей с существующими узлами без необходимости доработки конструкции самой машины.

Метод обратного проектирования открывает широкие возможности для разработки отечественных аналогов импортных деталей. С его помощью можно получать точные 3D-модели по физическим образцам, детально анализировать конструктивные особенности и принципы работы узлов, оптимизировать дизайн с учётом местных условий эксплуатации. Применение современных цифровых технологий – 3D-сканирования и CAD/CAM-систем – позволяет существенно

сократить сроки разработки и повысить точность воспроизведения оригинальных изделий.

Для успешной локализации требуется масштабная модернизация производственных мощностей. Необходимо оснастить предприятия станками с ЧПУ для высокоточной обработки, внедрить аддитивные технологии для прототипирования и мелкосерийного выпуска, создать испытательные лаборатории для контроля качества продукции. Важным фактором ускорения процесса формирования необходимой инфраструктуры может стать сотрудничество с машиностроительными кластерами и технопарками, обладающими соответствующим оборудованием и экспертизой.

Успешность локализации напрямую зависит от наличия квалифицированных кадров – инженеров, технологов и рабочих, владеющих современными методами проектирования и производства. В этой связи необходимо актуализировать образовательные программы по машиностроению и материаловедению, развивать систему дуального обучения на базе предприятий, организовывать программы повышения квалификации персонала в области цифровых производственных технологий. Только комплексный подход к подготовке кадров позволит обеспечить устойчивое развитие отрасли.

В стратегической перспективе отрасль локализации запчастей может развиваться по нескольким ключевым направлениям. Во-первых, целесообразно создавать межрегиональные центры компетенций по производству сельхозкомплектующих. Во-вторых, важно разрабатывать унифицированные детали, подходящие для техники разных производителей. В-третьих, необходимо интегрировать процессы с программами цифровизации АПК – например, использовать IoT-датчики для мониторинга износа и предиктивную аналитику для прогнозирования потребностей в запчастях. Наконец, перспективным направлением является экспорт локализованных компонентов в страны ЕАЭС и глобального Юга.

Список литературы

1. Стребков С.В. Надежность технических систем : учебное пособие / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – 185 с. – EDN ZWPMUI.

2. Strebkov S. Economic assessment of recovery of aluminum radiator by gas-dynamic spraying / S. Strebkov, A. Bondarev, A. Slobodyuk // Engineering for Rural Development, Jelgava, 22-24 мая 2019 года. Vol. 18. – Jelgava : Без издательства, 2019. – P. 1772–1778. – DOI 10.22616/ERDev2019.18.N042. – EDN QHNPMR.

3. Причины изменения надежности сельскохозяйственной техники / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов, П.С. Востриков // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти д.т.н., профессора Вендина Сергея Владимировича, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 167–168. – EDN KBBABX.

УДК 338.45:631.3

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ИМПОРТНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Куцыков Е.А., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Для ускорения процесса локализации необходимо внедрить комплекс мер поддержки на разных уровнях. Важнейшую роль могут сыграть государственные субсидии на закупку прецизионного оборудования, позволяющего достичь требуемой точности производства. Налоговые льготы для предприятий, инвестирующих в НИОКР по импортозамещению, станут стимулом для частных вложений в разработку аналогов [1]. Создание отраслевых кластеров, объединяющих заводы, научно-исследовательские институты и вузы, позволит наладить кооперацию и обмен знаниями, ускоряя внедрение инноваций. Упрощение процедур сертификации – например, временные регламенты для тестирования аналогов в полевых условиях – снизит административные барьеры и ускорит вывод продукции на рынок. Кроме того, необходимо развивать систему подготовки кадров: программы по обучению инженеров-конструкторов и операторов станков с ЧПУ помогут закрыть дефицит квалифицированных специалистов, без которых невозможно наладить современное производство.

Практика показывает, что даже в сложных условиях возможно достичь значимых результатов в локализации отдельных групп запчастей. Например, в Татарстане успешно налажено производство аналогов ножей для кормоуборочных комбайнов John Deere. По результатам испытаний ресурс этих деталей оказался сопоставим с оригинальными, что подтверждает их конкурентоспособность. На Урале освоен выпуск гидроцилиндров для посевной техники с использованием местных сталей и уплотнений, что позволило снизить зависимость от импортных поставок. В Центральном регионе созданы производственные линии по изготовлению фильтров-аналогов для тракторов Claas. Эти фильтры прошли полевые испытания и подтвердили свою работоспособность, что открывает перспективы для их массового применения. Такие примеры демонстрируют, что при наличии ресурсов и поддержки возможно достичь 60…80% локализации по отдельным группам запчастей, что является существенным шагом вперёд.

Локализация производства запчастей приносит ощутимые экономические выгоды. Прежде всего, она позволяет снизить стоимость компонентов на 20…40% за счёт сокращения логистических издержек и уменьшения зависимости от валютных колебаний. Кроме того, сроки поставки сокращаются с 2…3 месяцев до 2…4 недель, что снижает риски простоев и повышает оперативность ремонта. Локализация также способствует созданию новых рабочих мест в машиностроительной отрасли, стимулируя развитие региональной экономики [2]. Ещё одним важным эффектом является уменьшение валютных рисков для хозяйств, которые ранее вынуждены были закупать запчасти за рубежом. Окупаемость инвестиций в локальное производство, как показывают расчёты,

достигается за 2…3 года при условии стабильного спроса и наличия государственной поддержки. Это делает проекты по локализации экономически обоснованными и привлекательными для инвесторов.

Перспективные направления развития локализации связаны с внедрением инновационных технологий и расширением кооперации. Одним из ключевых трендов является использование цифровых двойников – виртуальных моделей машин, позволяющих моделировать работу аналогов в реальных условиях эксплуатации и оптимизировать их конструкцию. Развитие аддитивных технологий, включая 3D-печать металлом, открывает возможности для мелкосерийного производства сложных деталей, которые ранее было невозможно изготовить традиционными методами. Создание единой базы данных по взаимозаменяемости запчастей поможет унифицировать подходы к подбору аналогов и сократить время на поиск решений. Партнёрство с дружественными странами – Китаем, Индией, Турцией – позволит организовать совместное производство компонентов и обмениваться технологическими компетенциями [3]. Наконец, разработка отечественных электронных модулей для замены импортных блоков управления станет важным шагом к полной технологической независимости.

Локализация запчастей для импортной техники представляет собой сложный многоаспектный процесс, требующий скоординированных усилий государства, бизнеса и научного сообщества. Для её успешной реализации необходимы инвестиции в прецизионное оборудование и подготовку кадров, гибкие механизмы сертификации, а также поэтапный подход – от локализации простых деталей к освоению сложных агрегатов. Ключевыми преимуществами этого процесса являются снижение зависимости от импорта, рост конкурентоспособности отечественного машиностроения и повышение ремонтопригодности парка техники в АПК. Для масштабирования успешных практик требуется долгосрочная стратегия, сочетающая финансовую поддержку, внедрение технологических инноваций и развитие системы профессионального образования. Только такой комплексный подход позволит обеспечить устойчивое развитие отрасли и укрепить технологическую безопасность агропромышленного комплекса страны.

Список литературы

1. Батырев Е.С. Неисправности карданной передачи автомобиля Газель и способы их устранения / Е.С. Батырев, А.С. Новицкий // Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее : Материалы XXIV Международной научно-производственной конференции. В 2 томах, Майский, 27-28 мая 2020 года. Том 1. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 7–8. – EDN GLPZLL.

2. Стребков С.В. Восстановление рабочего органа глубокорыхлителя John Deere 512 Ripper многослойным покрытием / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 4 (28). – С. 79–86. – EDN VETEEP.

3. Новые технические решения для комбинированного посева зерновых культур / Н.Ф. Скурятин, А.В. Бондарев, А.С. Новицкий [и др.]. – Москва : ООО «Центральный коллектор библиотек «БИБКОМ», 2018. – 144 с. – ISBN 978-5-905563-96-6. – EDN VDOQKZ.

УДК 378:631.3

МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА МЕТОДАМ СОВРЕМЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ

Лежепеков М.В., Бондарев А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Реализация программ обучения требует серьёзной материально-технической базы. Необходимы учебные стенды с реальными узлами сельхозтехники, позволяющие моделировать типичные неисправности. Диагностическое оборудование – сканеры, тепловизоры, виброанализаторы – должно соответствовать современным стандартам и охватывать основные марки техники. Лицензионное программное обеспечение от производителей обеспечивает доступ к актуальным базам данных и алгоритмам диагностики. Комплекты датчиков и переходников позволяют подключать оборудование к различным моделям машин. Виртуальные тренажёры дают возможность отрабатывать навыки без риска повреждения реальной техники. Инвестиции в такую инфраструктуру окупаются за счёт снижения ошибок при диагностике и повышения качества обслуживания.

Эффективность обучения оценивается по ряду объективных критериев. Во-первых, проверяется умение специалиста подключить сканер и считать коды ошибок – базовый навык, необходимый для начала диагностики. Во-вторых, оценивается способность интерпретировать параметры в реальном времени, выявлять аномалии и сопоставлять их с известными неисправностями. В-третьих, анализируется точность локализации дефекта – насколько верно специалист определяет причину проблемы. В-четвёртых, учитывается знание регламентов технического обслуживания, необходимых после выявления тех или иных дефектов [1]. Наконец, важным показателем является скорость выполнения диагностики – чем быстрее специалист находит проблему, тем меньше простоев испытывает техника. Для измерения прогресса проводят тестирование до и после обучения, сравнивая результаты по каждому из критериев.

Чтобы обучение приносило долгосрочную пользу, его необходимо органично вписать в рабочий процесс. Оптимальная модель включает плановые курсы повышения квалификации, проводимые 1…2 раза в год, что позволяет персоналу регулярно обновлять знания. Для новых сотрудников организуются вводные тренинги, знакомящие с оборудованием и методиками диагностики. При поступлении новой техники проводятся экспресс-курсы, фокусирующиеся на особенностях её обслуживания [2]. Внутри предприятия создаются «центры компетенций» из наиболее опытных диагностов, которые становятся наставниками для коллег. Кроме того, практикуется обмен опытом между филиалами – через вебинары, совместные семинары и онлайн-платформы. Такой подход обеспечивает непрерывное развитие персонала и поддерживает высокий уровень технической экспертизы [3].

Внедрение программ обучения даёт ощутимый экономический эффект. Время, затрачиваемое на диагностику, сокращается на 30…50%, что напрямую

влияет на производительность. Затраты на необоснованные замены запчастей снижаются на 20…40%, так как специалисты точнее определяют причину неисправности [4]. Простои техники уменьшаются на 15…25% благодаря быстрому выявлению и устранению дефектов. Ранняя диагностика позволяет продлить ресурс агрегатов, предотвращая серьёзные поломки. Кроме того, повышается доверие клиентов к сервису: качественное обслуживание и прозрачность процесса диагностики укрепляют репутацию предприятия. Окупаемость инвестиций в обучение обычно достигается в течение 6…12 месяцев за счёт сокращения издержек и роста эффективности работы.

Развитие программ обучения идёт в нескольких перспективных направлениях. Внедрение дополненной реальности (AR-очков с подсказками) позволяет специалистам получать пошаговые инструкции прямо в процессе диагностики. Мобильные приложения с базами данных по неисправностям и руководствами по ремонту делают информацию доступной в полевых условиях. Искусственный интеллект используется для анализа ошибок обучающихся, выявления типичных затруднений и адаптации программы под индивидуальные потребности. Сетевое взаимодействие учебных центров АПК способствует обмену лучшими практиками и унификации стандартов подготовки. Важным шагом становится сертификация специалистов по единым отраслевым стандартам, что повышает доверие к квалификации кадров и облегчает подбор персонала.

Обучение персонала методам современной диагностики – это стратегическая инвестиция в эффективность технического сервиса АПК. Системный подход, объединяющий теоретические знания, практические навыки и цифровые инструменты, позволяет подготовить квалифицированных специалистов, способных обеспечивать надёжную эксплуатацию высокотехнологичной сельхозтехники. Результатом становится снижение издержек, сокращение простоев и повышение общей рентабельности сельскохозяйственного производства.

Список литературы

1. Романченко М.И. Транспорт в сельскохозяйственном производстве : Лекционный курс для студентов инженерного факультета специальности 11.03.01 «Механизация сельского хозяйства» / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2008. – 128 с. – EDN UIABYL.

2. Романченко М.И. Диагностика и техническое обслуживание машин : лабораторный практикум / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2011. – 76 с. – EDN UIABVJ.

3. Цыпкина И.В. Определение качества услуг по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей / И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 01 декабря 2022 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 57–60. – EDN JSIBRZ.

4. Цыпкина И.В. Средства ИКТ для управления процессами оказания услуг в автосервисе / И.В. Цыпкина, А.О. Шутеев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной научной конференции, Майский, 14-15 марта 2023 года. Том 4. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 374. – EDN VVMQFQ.

УДК 621.892.5

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ГИДРОПРИВОДА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Куликов Я.Д., Вернигора Е.Р., Иванников В.А., Винс Л.Е., Первых М.Р.
ФГБОУ ВО ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия

Аннотация: Представлена методика экспресс-диагностики состояния гидравлических масел в системах сельскохозяйственной техники. Традиционные методы контроля требуют демонтажа и лабораторных испытаний, что трудоемко и неоперативно. В качестве альтернативы предложено использовать измерение теплофизических параметров, чувствительных к изменению состава и свойств рабочей жидкости. Описана экспериментальная установка и алгоритм проведения измерений. Получены зависимости, связывающие степень деградации масла с его теплофизическими характеристиками. Доказана возможность создания на основе методики бортовой системы диагностики для прогнозирования остаточного ресурса жидкости, что повышает надежность работы гидроприводов сельхозмашин.

Ключевые слова: гидропривод, диагностика, рабочая жидкость, теплофизические свойства, сельскохозяйственная техника.

Рабочая жидкость (РЖ) в гидроприводе сельхозтехники в процессе эксплуатации деградирует: меняется вязкость, накапливаются вода и продукты износа. Это ведет к отказам гидросистем. Существующие лабораторные методы контроля точны, но неоперативны, а плановая замена масла по наработке экономически неэффективна. Требуется экспресс-методика оценки состояния РЖ непосредственно на технике [1].

Теоретические предпосылки

Теплофизические свойства жидкости – теплопроводность (λ) и температуропроводность (a) – зависят от ее состава. Попадание воды и накопление металлических частиц изменяют теплопроводность смеси. Окисление и изменение вязкости влияют на температуропроводность. Следовательно, измерение этих параметров может служить интегральным показателем степени деградации РЖ без химического анализа [2].

Методика и установка

Разработана установка с измерительной ячейкой проточного типа, работающая по методу нагретой нити. РЖ прокачивается через камеру, где нагреватель и термопара фиксируют динамику температуры. По скорости нагрева рассчитывается температуропроводность, по разности температур – теплопроводность [3].

Эксперимент включал: калибровку по эталонам, отбор проб масел с разной наработкой, измерение их теплофизических параметров и контрольный лабораторный анализ для верификации.

Результаты

Установлена высокая корреляция (коэффициент > 0,85) между ростом теплопроводности и содержанием загрязнений. Метод чувствителен к попаданию воды (от 0,1%). Выявлены три зоны состояния РЖ:

Норма: λ близка к эталонной.

Предупреждение: отклонение λ на 5-15% (возможно загрязнение или начало старения).

Браковка: отклонение >15% (требуется срочная замена).

Выводы

Предложенная методика позволяет оценить состояние РЖ и перейти к обслуживанию гидроприводов по фактическому состоянию. Это исключает внезапные отказы, сокращает расход масел и повышает надежность техники в полевых условиях. Компактность установки позволяет создать переносной или бортовой диагностический комплекс.

Список литературы

1. Шишкунов В.В. Качество топливо-смазочных материалов и методы его проверки / В.В. Шишкунов, С.В. Ковалев, А.В. Бондарев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти д.т.н., профессора Вендина Сергея Владимировича, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 174. – EDN MHGAWK.

2. Особенности сезонной эксплуатации автомобилей с гидравлическим приводом / А.Н. Швырев, С.А. Швырев, А.В. Латынин, Е.А. Астахова // Перспективы развития, инновации и информационные технологии на транспорте : Материалы Международной молодежной научно-практической конференции, Воронеж, 17-18 октября 2024 года. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2024. – С. 221–225. – DOI 10.58168/DPIITT2024_221-225. – EDN SWXONV.

3. Разработка методики оценки состояния гидравлического масла на основе его теплофизических показателей / Е.Р. Вернигора, В.А. Иванников, С.Н. Крухмалев [и др.] // Перспективы развития, инновации и информационные технологии на транспорте – 2025 : Материалы Международной молодежной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, Воронеж, 23-24 октября 2025 года. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2025. – С. 260–267. – DOI 10.58168/MSTT2025_260-267. – EDN LLPSCV.

УДК 621.8.004.67:631.3

МЕТОДЫ ВИБРОДИАГНОСТИКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН: ПРАКТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ

Кутинец С.Н., Ковалев С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, пос. Майский, Россия

В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства возрастает потребность в надёжных методах контроля технического состояния машин. Вибродиагностика представляет собой эффективный неразрушающий метод, позволяющий на ранних стадиях выявлять дефекты узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники [1, 2]. Её применение обеспечивает снижение эксплуатационных затрат за счёт сокращения внеплановых ремонтов и увеличения ресурса оборудования. Нормативная база, включающая ГОСТ Р ИСО 13373-1-2022 и международные стандарты ISO, регламентирует параметры контроля вибрации и критерии оценки технического состояния.

Вибрационные процессы в машинах возникают вследствие динамических воздействий, обусловленных дисбалансом вращающихся частей, расцентровкой валов, износом сопрягаемых поверхностей, наличием трещин и ослаблением креплений [3]. Диагностическая ценность вибрации определяется её связью с конкретными дефектами через характерные частотные составляющие.

Основными измеряемыми параметрами являются:

- виброускорение a (м/с²), чувствительное к высокочастотным процессам;
- виброскорость v (мм/с), отражающая энергетическую нагрузку на конструкцию;
- виброперемещение s (мкм), характеризующее кинематические отклонения.

Анализ проводится в диапазоне от низкочастотных колебаний (до 100 Гц) до ультразвуковых составляющих (до 100 кГц). Например, дисбаланс роторных систем проявляется в росте амплитуды на частоте вращения $f_{вр}$, а дефекты зубчатых передач – в появлении гармоник порядка $2\,f_{вр}$, $3\,f_{вр}$ и т.д.

Измерение вибрационных параметров осуществляется с помощью пьезоэлектрических акселерометров, обеспечивающих линейную характеристику в широком диапазоне частот, и вихретоковых датчиков перемещения, применяемых для бесконтактного контроля биений валов. Портативные анализаторы («Виброметр-А» и аналоги) позволяют проводить экспресс-диагностику, тогда как стационарные системы обеспечивают непрерывный мониторинг критических узлов.

Сбор данных реализуется через аналого-цифровые преобразователи (АЦП) с частотой дискретизации, превышающей максимальную анализируемую частоту не менее чем в 2,5 раза. Программные комплексы выполняют:

- быстрое преобразование Фурье (БПФ) для построения амплитудно-частотных спектров;
- вейвлет-анализ для локализации кратковременных событий;
- трендовый мониторинг параметров СКЗ (среднеквадратичного значения) виброскорости.

Временной анализ включает оценку пиковых значений, коэффициента амплитудной модуляции и эксцесса, что позволяет выявлять импульсные воздействия от дефектов [4, 5]. Частотный анализ базируется на построении спектров виброускорения и виброскорости, где каждая гармоника соотносится с конкретным механизмом возбуждения. Для роторных систем применяется построение орбитальных траекторий вала, визуализирующих динамику смещения оси вращения.

Диагностическими признаками дефектов служат:

- рост амплитуды на характерных частотах (например, $2\,f_{вр}$ при трещинах валов);
- появление субгармоник ($0{,}5\,f_{вр}$, $1{,}5\,f_{вр}$) при ослаблении соединений;
- увеличение широкополосного шума в диапазоне 5…10 кГц при абразивном износе зубчатых передач.

Современные системы используют алгоритмы машинного обучения (нейронные сети, деревья решений) для автоматической классификации состояний на основе многомерных признаков.

В зерноуборочных комбайнах вибродиагностика применяется для контроля подшипников молотильного барабана и редукторов привода, где рост СКЗ виброскорости свыше 7 мм/с сигнализирует о необходимости ревизии. В тракторах анализ вибрации КПП и карданных валов позволяет выявлять износ шестерён по увеличению амплитуды гармоник порядка $4\,f_{вр}$ … $6\,f_{вр}$.

Для почвообрабатывающей техники (культиваторы, плуги) критичным является контроль вибрации рам и рабочих органов. Например, появление пиков на частоте 80…120 Гц указывает на дисбаланс ротационных элементов. В пресс-подборщиках трещины в валах диагностируются по росту виброскорости на второй гармонике частоты вращения.

Ограничения метода связаны с влиянием внешних факторов: неровностей поля, вариаций нагрузки, температурных деформаций. Для повышения достоверности требуется калибровка датчиков и учёт рабочих режимов машины.

Список литературы

1. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

2. Pastukhov A.G. Method of diagnostics of cardan joints transport and technological machines / A.G. Pastukhov, E.P. Timashov // Traktori i Pogonske Mašine. 2013. Vol. 18, No. 2. – P. 29–35. – EDN TKJBFP.

3. Романченко М.И. Диагностирование топливных насосов высокого давления по моменту начала нагнетания топлива / М.И. Романченко // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 57–64. – EDN ZHCEFN.

4. Романченко М.И. Диагностика и техническое обслуживание машин : лабораторный практикум / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2011. – 76 с. – EDN UIABVJ.

5. Романченко М.И. Показатель топливно-энергетической эффективности транспортных средств / М.И. Романченко // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVIII Международной научно-производственной конференции, Майский, 10-11 июня 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 130–131. – EDN YPUHNV.

УДК 621.643:631.3

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОСЕВНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Машкин С.И., Романченко М.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Выявление неисправностей пневматических систем требует комплексного подхода и применения различных методов диагностики. Визуальный осмотр остаётся одним из базовых способов: он позволяет обнаружить утечки (например, по пузырькам при нанесении мыльного раствора), повреждения воздуховодов и уровень конденсата в осушителях.

Измерение давления с помощью манометров даёт возможность проверить номинальное и рабочее давление на входе и выходе из ключевых узлов. Это помогает локализовать проблемные участки и оценить общее состояние системы [1]. Анализ качества воздуха с использованием портативных анализаторов позволяет определить содержание влаги и твёрдых частиц, что критически важно для прогнозирования износа компонентов.

Акустическая диагностика основана на выявлении характерных шумов – свистов и шипения, свидетельствующих об утечках или засорениях. Этот метод не требует разборки системы и даёт быстрые результаты. Компьютерная диагностика, предполагающая считывание ошибок из бортового контроллера, позволяет анализировать параметры в реальном времени – давление, расход, температуру – и оперативно реагировать на отклонения.

Современные посевные комплексы оснащаются системами телеметрии, обеспечивающими удалённый мониторинг ключевых показателей: давления в магистралях, расхода воздуха, времени наработки компрессора, состояния фильтров и осушителей. Такой подход позволяет своевременно выявлять потенциальные проблемы и планировать профилактические мероприятия, минимизируя риски внеплановых остановок.

Совершенствование надёжности пневматических систем предполагает реализацию нескольких ключевых направлений. Улучшение фильтрации воздуха достигается за счёт установки многоступенчатых фильтров, обеспечивающих грубую и тонкую очистку, а также автоматических дренажных клапанов для удаления конденсата [2]. Это позволяет поддерживать высокое качество воздуха и снижать нагрузку на компоненты системы.

Применение коррозионностойких материалов – таких как нержавеющая сталь для воздуховодов и фитингов – существенно повышает долговечность системы в условиях агрессивной среды. Оптимизация соединений через переход на быстросъёмные муфты с уплотнениями из износостойких материалов (EPDM, силикон) обеспечивает герметичность и удобство обслуживания.

Автоматизация контроля давления с внедрением электронных регуляторов с обратной связью позволяет стабилизировать давление в зависимости от скорости движения агрегата. Это способствует равномерному высеву и снижает

нагрузку на компрессор. Термостабилизация, реализуемая через монтаж подогревателей воздуха в холодных регионах, предотвращает конденсацию влаги и связанные с ней проблемы.

Защита от засорения обеспечивается установкой сеток и решёток на воздухозаборниках, а также регулярной очисткой пневмолиний. Резервирование критически важных узлов – например, дублирование компрессоров или клапанов – минимизирует риски простоев при выходе из строя отдельных компонентов.

Использование цифровых датчиков для мониторинга параметров системы и передачи данных в бортовой компьютер позволяет своевременно обнаруживать отклонения и предупреждать о возможных неисправностях. Это создаёт основу для предиктивного обслуживания, снижающего эксплуатационные затраты и повышающего надёжность комплекса.

Эффективная эксплуатация пневматических систем невозможна без системного подхода к организации технического обслуживания. Регулярное ТО включает замену фильтров, слив конденсата, проверку герметичности соединений и смазку подвижных частей. Эти мероприятия позволяют предотвратить развитие многих типовых неисправностей и продлить ресурс компонентов.

Обучение операторов – важный элемент профилактики. Персонал должен быть ознакомлен с правилами запуска системы в холодную погоду, методами контроля качества воздуха и признаками утечек. Знание этих аспектов помогает оперативно реагировать на возникающие проблемы и предотвращать серьёзные поломки.

Ведение журнала наработки позволяет учитывать время работы ключевых узлов – компрессора, фильтров, клапанов – и планировать их плановые замены. Это снижает вероятность внезапных отказов и обеспечивает бесперебойную работу комплекса.

Сезонная подготовка включает промывку пневмолиний, замену осушителей и проверку уплотнений перед началом посевной кампании. Эти действия поддерживают работоспособность системы в меняющихся условиях и предотвращают сбои из-за накопления загрязнений или износа компонентов.

Использование качественных ТСМ – обязательное требование для надёжной работы. Применение рекомендованных масел для компрессоров и антиадгезионных составов для бункеров гарантирует совместимость материалов и оптимальную производительность.

Список литературы

1. Порицкий В.М. Мобилизация ТОиР на предприятиях агропромышленного комплекса / В.М. Порицкий, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13–15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 294. – EDN MIRUCU.

2. Лихолетов В.Н. Технический сервис сельскохозяйственной техники Германии и Швейцарии / В.Н. Лихолетов, М.И. Романченко // Материалы международной студенческой научной конференции, Белгород, 31 марта – 01 апреля 2015 года. Том 2. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2015. – С. 46. – EDN VUAOGD.

УДК 629.7.05:631.3

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ УТЕЧЕК В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Грушин Д.С., Титова И.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Инновационные технологии открывают новые возможности для эффективного контроля герметичности гидросистем. Тепловизионный контроль основан на выявлении локальных перегревов в местах трения, возникающих из-за утечки жидкости. Этот метод позволяет обнаруживать скрытые дефекты без необходимости разборки узлов, что существенно сокращает время диагностики.

Ультразвуковая дефектоскопия регистрирует акустические волны, возникающие при истечении жидкости через микротрещины [1]. Её ключевое преимущество – высокая точность локализации дефектов, достигающая 0,1 мм. Флуоресцентные индикаторы представляют собой специальные составы, добавляемые в рабочую жидкость. Под воздействием УФ-излучения они начинают светиться, делая видимыми даже минимальные протечки.

Пневмоиспытания предполагают подачу сжатого воздуха в систему с последующим контролем падения давления. Этот метод особенно эффективен для проверки герметичности после проведения ремонтных работ. Электронные датчики давления и расхода обеспечивают непрерывный мониторинг параметров системы в реальном времени [2]. Данные передаются на бортовой компьютер, что позволяет оперативно реагировать на отклонения от нормы.

Применение современных методов диагностики даёт ряд существенных преимуществ. Прежде всего, это возможность раннего обнаружения микроутечек, что предотвращает развитие серьёзных неисправностей. Сокращается время простоя техники за счёт быстрой локализации проблем. Снижаются затраты на внеплановые ремонты благодаря своевременному выявлению дефектов. Кроме того, документирование результатов диагностики позволяет анализировать динамику износа и планировать профилактические мероприятия.

Эффективная диагностика требует последовательного выполнения ряда этапов. На первом этапе осуществляется сбор данных: анализируется история эксплуатации машины, изучаются жалобы оператора и показания бортовых систем контроля [3]. Затем проводится внешний осмотр, направленный на выявление явных следов утечек, повреждений шлангов и признаков коррозии.

Следующий шаг – функциональные тесты. Проверяется работа гидросистемы под нагрузкой, производятся замеры давления на ключевых участках. После этого применяются специализированные методы диагностики: тепловизионное сканирование, ультразвуковая проверка или флуоресцентный тест, в зависимости от предполагаемого характера неисправности.

На этапе локализации дефекта определяется точное место утечки с фиксацией его координат. Далее производится оценка масштаба повреждения, на основе которой принимается решение о необходимости замены компонента или

возможности локального ремонта. Важным элементом процесса является документирование результатов: все данные вносятся в сервисную карту для последующего анализа и прогнозирования ресурса узлов.

Завершающий этап – контроль качества ремонта. После устранения утечки проводится повторная диагностика, подтверждающая восстановление герметичности системы. Ключевым фактором эффективности всего процесса является интеграция данных: сопоставление результатов разных методов диагностики существенно повышает точность постановки диагноза.

Внедрение современных методов контроля герметичности гидросистем приносит ощутимую экономическую выгоду. Прежде всего, сокращается время простоя техники на 30…40% благодаря раннему выявлению дефектов и оперативному устранению неисправностей. Это напрямую влияет на производительность хозяйства, особенно в пиковые периоды сельскохозяйственных работ.

Существенная экономия достигается за счёт снижения расхода гидравлической жидкости на 20…25%. Предотвращение протечек исключает неоправданные потери рабочей среды и снижает затраты на её восполнение. Уменьшаются расходы на внеплановый ремонт – по оценкам специалистов, экономия составляет 15…30%.

Своевременное диагностическое обслуживание способствует продлению срока службы гидроагрегатов. Регулярный контроль состояния системы позволяет выявлять и устранять проблемы на ранних стадиях, предотвращая критический износ компонентов. Кроме того, сбор и анализ данных о характере и частоте утечек позволяют оптимизировать закупки запасных частей, планируя их замену на основе прогноза износа, а не по факту выхода из строя.

Окупаемость специализированного оборудования – тепловизоров и ультразвуковых дефектоскопов – достигается в течение 1…2 лет при регулярном использовании в условиях сервисного центра. Для крупных агрохозяйств экономический эффект усиливается за счёт охвата обширного парка машин, что делает инвестиции в современные диагностические технологии обоснованными и перспективными.

Список литературы

1. Романченко М.И. Диагностика и техническое обслуживание машин : лабораторный практикум / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2011. – 76 с. – EDN UIABVJ.

2. Патент на полезную модель № 196799 U1 Российская Федерация, МПК B08B 3/04. Стенд для мойки деталей и промывки масляных каналов коленчатых валов двигателей : № 2019138654 : заявл. 28.11.2019 : опубл. 16.03.2020 / А.А. Добрицкий, А.В. Сахнов, Н.Ф. Скурятин ; заявитель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. – EDN MBYMML.

3. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

УДК 629.3.052.4

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Ерзамаева К.М.
Самарский университет, г. Самара, Россия

Современные автомобили насыщены электронными системами (ЭСУД, ABS, ESP, системы комфорта и др.), поэтому их диагностика требует комплексного подхода и специализированного оборудования [1, 2].

Актуальность:

Увеличение сложности электронных систем. С развитием технологий и ростом числа электронных компонентов диагностика становится всё более сложной.

Необходимость в надёжных методах. Они нужны для обеспечения безопасности и надёжности электронных систем автомобиля.

Рост требований к автотранспортным средствам. Уровень автомобилизации современного общества предъявляет повышенные требования к надёжности машин, их технико-экономическим свойствам и снижению выбросов вредных веществ в окружающую среду.

Необходимость в использовании специализированного оборудования и программного обеспечения. Диагностические сканеры, приборы для чтения данных автомобиля и другие устройства позволяют производить точные измерения и анализировать данные, что упрощает процесс диагностики.

Постоянное совершенствование технологий. Технологии в области автомобилей постоянно совершенствуются, поэтому для эффективной диагностики необходимо быть в курсе последних обновлений и новых методов.

Использование диагностических сканеров позволяет получать доступ к данным автомобиля, считывать коды ошибок и проводить тесты. Сканеры могут считывать информацию не только из стандартных блоков управления, но и из других систем автомобиля, например ABS, SRS, TliMS, датчиков давления масла и температуры [1].

Применение специализированных инструментов, к ним относятся осциллографы, мультиметры, тестеры давления и другие устройства для проведения точных измерений. С помощью мультиметра, например, проверяют напряжение аккумулятора, диагностируют проблемы с электрической цепью, измеряют ток, проверяют работоспособность датчиков [3].

Многие автомобили современного производства оборудованы системами самодиагностики. Они автономно сканируют системы автомобиля и сообщают водителю о неисправностях путём вывода информации на экран бортового компьютера или загорания индикатора на приборной панели.

Дымообразующие машины используют для обнаружения утечек в системе впуска или выпуска. Дым создаётся специальным аппаратом и впрыскивается в

систему впуска или выпуска. При наличии утечек дым будет виден, что помогает локализовать место утечки и решить проблему [3].

Использование ремонтных стендов или подъёмников облегчают доступ к различным компонентам автомобиля и позволяют испытывать работу систем и компонентов в условиях, максимально приближённых к реальным.

Выводы: Диагностика становится всё более сложной с развитием технологий и увеличением числа электронных компонентов. Неисправность одной детали может оказывать влияние на работу других систем автомобиля, поэтому при диагностике необходимо учитывать взаимодействие различных компонентов. Для эффективной диагностики необходимо быть в курсе последних обновлений и новых методов. Специалисты должны постоянно обновлять свои знания и навыки, чтобы оставаться актуальными и оперативно диагностировать новые модели автомобилей.

Список литературы

1. Яковлев В.Ф. Диагностика электронных систем управления автомобильными двигателями: учеб. пособ // Самара: Самар. гос. техн. ун-т. 2010. – 122 с.

2. Сенин П.В., Галин Д.А., Круш Л.О. Применение диагностики для исследования эксплуатационной надежности электронных систем управления двигателем автомобиля Skoda //Инженерные технологии и системы. 2022. Т. 32. №. 2. – С. 235–248.

3. Ерзамаев, М.П. Основы эксплуатации машинно-тракторного парка : Практикум / М.П. Ерзамаев, Д.С. Сазонов, Н.А. Харыбина. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. – 102 с. – ISBN 978-5-88575-637-2.

УДК 629.3.05:631.3

МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРАКТОРАМИ

Пасечников А.Н., Батырев Е.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п145. Майский, Россия

Диагностика электронных блоков управления – многоэтапный процесс, требующий применения различных методов и инструментов. На первом этапе проводится визуальный осмотр, позволяющий выявить механические повреждения, следы коррозии, подтёки или признаки перегрева компонентов.

Следующий шаг – проверка питания и заземления. С помощью измерительных приборов определяют напряжение на клеммах ЭБУ и оценивают качество электрических контактов [1]. Затем осуществляется считывание кодов ошибок: диагностический сканер подключается к разъёму OBD-II или фирменному порту, после чего анализируются сохранённые коды неисправностей (DTC) и стоп-кадры, фиксирующие состояние системы на момент возникновения ошибки.

Важную роль играет анализ параметров в реальном времени. Специалист отслеживает сигналы датчиков – температуру, давление, положение педалей – и сравнивает их с нормативными значениями. Одновременно контролируются команды, отправляемые к исполнительным механизмам.

Для более глубокой проверки проводят тестирование исполнительных устройств: принудительно активируют реле, клапаны и моторы, чтобы убедиться, что они корректно реагируют на команды ЭБУ [2]. Дополнительно проверяют линии связи – диагностируют CAN-шину с помощью осциллографа или анализируют ошибки коммуникации, выявляя возможные коллизии и потери пакетов данных.

Если есть подозрения на программные сбои, выполняют прошивку и калибровку блока: обновляют программное обеспечение, загружают заводские настройки и адаптируют параметры под конкретное оборудование. Завершают диагностику функциональными тестами – имитируют рабочие режимы (разгон, нагрузку, переключение передач), чтобы выявить скрытые сбои, проявляющиеся только при определённых условиях.

Среди основных инструментов диагностики – универсальные и фирменные диагностические сканеры, осциллографы и логические анализаторы, мультиметры и тестеры цепей [3]. Для работы с программным обеспечением используют ноутбуки со специализированным ПО, а для имитации сигналов датчиков и нагрузок – соответствующие имитаторы.

Диагностический процесс строится как последовательность чётко определённых шагов. На начальном этапе осуществляется сбор информации: специалист опрашивает оператора о симптомах неисправности, изучает историю обслуживания техники и проверяет сопроводительную документацию.

Затем следует внешний осмотр: проверяют состояние разъёмов, кабелей и корпуса ЭБУ, ищут следы перегрева, коррозии или механических повреждений. После этого подключают диагностическое оборудование – сканер соединяют с диагностическим разъёмом и инициализируют связь с блоком управления.

На третьем этапе производят считывание ошибок: извлекают коды DTC, анализируют стоп-кадры и временные метки, чтобы понять, когда и при каких условиях возникали неисправности. Далее переходят к мониторингу параметров – сравнивают текущие значения температуры, давления, оборотов и напряжений с нормативными показателями.

После этого проверяют электрические цепи: тестируют целостность проводов, измеряют сопротивление и оценивают состояние изоляции. Затем тестируют исполнительные механизмы – по командам сканера активируют соленоиды, моторы и реле, проверяя их работоспособность.

Следующим шагом становится анализ шины данных: контролируют CAN-трафик, выявляют возможные коллизии и потери пакетов, которые могут указывать на проблемы с коммуникацией. Завершает процесс программная диагностика: проверяют версию программного обеспечения, целостность калибровочных данных и наличие доступных обновлений.

По итогам всех проверок оформляют заключение, где фиксируют выявленные дефекты, дают рекомендации по ремонту и прогнозируют остаточный ресурс блока управления.

Список литературы

1. Макогонов П.А. Необходимость совершенствования методов диагностирования ЦПГ двигателя / П.А. Макогонов, М.И. Романченко // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции. В 4-х томах, Майский, 18-19 марта 2020 года. Том 3. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 140. – EDN GBPSHZ.

2. Ромаичеико М.И. Расчетно-вероятностный метод определения эксплуатационного расхода топлива тракторными транспортными агрегатами / М.И. Ромаичеико // Техника в сельском хозяйстве. 2009. № 5. – С. 25–27. – EDN KYZBFJ.

3. Романченко М.И. Технология диагностирования сельскохозяйственной техники : Лекционный курс / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2012. – 128 с. – EDN UIABVT.

4. Романченко М.И. Технология диагностирования сельскохозяйственной техники : Курс лабораторно-практических работ / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2011. – 167 с. – EDN UHZUIT.

УДК 629.3.05:631.3

МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭБУ МАШИН

Кутинец С.Н., Титова И.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Рост доли компьютеризированной техники в сельскохозяйственном парке делает диагностику ЭБУ критически важной задачей. Неисправности этих систем ведут к простоям машин, увеличению эксплуатационных расходов и нарушению агротехнических сроков [1]. Своевременная и точная диагностика позволяет минимизировать убытки и поддерживать высокую производительность техники.

ЭБУ представляют собой комплекс взаимосвязанных элементов – датчиков, контроллеров и исполнительных механизмов. Они отвечают за управление двигателем, трансмиссией, гидравлической системой и функциями автоматизации [2]. Ключевыми задачами ЭБУ являются регулирование впрыска топлива, контроль температурных режимов, адаптация к меняющимся нагрузкам и самодиагностика. Понимание внутренней архитектуры блоков необходимо для корректного выбора методов диагностики и интерпретации получаемых данных.

Базовые способы проверки – визуальный осмотр, контроль цепей питания и заземления, тестирование датчиков с помощью мультиметра – отличаются простотой и доступностью. Однако они не позволяют выявлять скрытые программные сбои и сложные системные ошибки, требующие применения специализированного оборудования и программного обеспечения.

Современный арсенал оборудования включает сканеры OBD-II и дилерские диагностические приборы, позволяющие считывать коды ошибок. Осциллографы дают возможность анализировать сигналы датчиков и исполнительных механизмов, а мультиметры с функцией регистрации переходных процессов помогают фиксировать кратковременные нарушения. Тестеры CAN-шины необходимы для проверки цифровой связи между блоками управления [3]. Комплексное использование этих инструментов существенно повышает точность и скорость выявления неисправностей.

Специализированное программное обеспечение открывает широкие возможности для диагностики: от считывания и расшифровки кодов неисправностей (DTC) до мониторинга параметров работы в реальном времени. С его помощью можно обновлять прошивки и калибровки, а также моделировать работу систем для выявления скрытых дефектов. В практике применяются как дилерские интерфейсы (например, John Deere Service Advisor или Caterpillar Electronic Technician), так и универсальные программы (ScanMaster, FORScan).

CAN-шина служит основным каналом обмена данными между электронными блоками трактора. Анализ трафика в этой сети позволяет выявлять конфликты адресов, ошибки передачи данных и аномальные сигналы, указывающие на неисправные узлы. Для таких исследований используются CAN-анализаторы

и логические мониторы, способные декодировать пакеты данных и отображать их в понятном для специалиста виде.

Среди типичных программных проблем – зависание контроллеров, потеря калибровочных данных и конфликты между модулями. Для их диагностики применяют сброс ошибок, перепрошивку блоков, проверку целостности памяти и анализ журналов событий. Важнейшим условием успешной работы является совместимость используемого программного обеспечения с конкретной моделью ЭБУ, поскольку разные производители применяют уникальные протоколы и форматы данных.

Неисправности датчиков – температуры, давления, положения – часто имитируют сбои в работе ЭБУ. Для их выявления измеряют сопротивления и напряжения, сравнивают показания с эталонными значениями и имитируют сигналы, чтобы проверить реакцию контроллера. Точность диагностики напрямую зависит от знания типовых характеристик датчиков и понимания их взаимодействия с электронными блоками управления.

Реальные примеры из сервисной практики демонстрируют эффективность современных методов. Так, удаётся устранять ошибки трансмиссии, вызванные обрывом CAN-линии, восстанавливать работу двигателя после сбоя калибровки форсунок или диагностировать проблемы гидравлики по аномальным сигналам датчиков давления.

В числе ключевых направлений – внедрение беспроводных сканеров с Bluetooth/Wi-Fi-интерфейсами, использование искусственного интеллекта для прогнозирования отказов и интеграция с системами телематики для удалённого мониторинга состояния техники. Перспективно также развитие унифицированных протоколов, которые позволят применять одно оборудование для диагностики машин разных производителей. Эти инновации способны значительно повысить скорость и точность диагностики, снизив зависимость от дилерского оборудования.

Эффективное применение современных методов требует от специалистов глубоких знаний об архитектуре электронных систем тракторов, навыков работы с диагностическим оборудованием и понимания отраслевых стандартов (OBD-II, ISO 11992, J1939). В связи с этим важно развивать образовательные программы, включающие практические занятия на реальных машинах и симуляторах, чтобы готовить кадры, способные решать сложные задачи технического сервиса.

Список литературы

1. Причины изменения надежности сельскохозяйственной техники / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов, П.С. Востриков // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 167–168. – EDN KBBABX.

2. Нанотехнологии и наноматериалы в агроинженерии / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.А. Добрицкий, Е.В. Соловьев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 76 с. – EDN TXCLKE.

3. Slobodyuk A. Failure examination of disc header workpoints using cae-system apm winmachine / A. Slobodyuk, S. Strebkov, A. Bondarev // Engineering for Rural Development : Proceedings, Jelgava, 23-25 мая 2018 года. Vol. 17. – Jelgava : Latvia University of Agriculture, 2018. – P. 836–842. – DOI 10.22616/ERDev2018.17.N135. – EDN YBMQRN.

УДК 631.3(075.8)

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

Масленников Р.А., Кузубов А.А., Ковалев С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Долговечность и межремонтные сроки деталей рабочих органов определяются изменением служебных характеристик, а также уменьшением их размеров [1]. Имеются два пути повышения долговечности деталей. Первый путь заключается в применении материалов повышенной износостойкости, второй – в придании деталям таких форм, при которых значительный износ не будет вызывать изменения служебных характеристик.

Первое направление не может дать большого технико-экономического эффекта, так как износостойкие материалы, которые могут быть использованы в монолитных изделиях, дорогие и, как правило, имеют недостаточно высокую прочность. Более перспективное направление – это повышение конструкционной износостойкости.

Любое почворежущее лезвие имеет тенденции к стабилизации формы, которая заключается в том, что, приняв некоторый профиль, характерный для данной детали и условий работы, режущая кромка в дальнейшем сохраняет его. Получение работоспособной стабильной формы возможно лишь при малой толщине лезвийной части делали и малом угле заострения [2]. Если лемеху придать такую форму, что ширина затылочной фаски после стабилизации не превысит 4…6 мм, то лемех сможет работать до полного износа без оттяжек.

Наиболее эффективным способом получения деталей высокой долговечности и прочности является придание детали слоистого строения с большим различием износостойкости слоев, обеспечивающим стабилизацию работоспособной формы путем ускоренного изнашивания одного слоя при замедленном изнашивании второго слоя (эффект самозатачивания).

Назначение более мягкого слоя – обеспечение прочности, поэтому этот слой называется «несущим» [3]. При его достаточной пластичности второй слой («режущий») может быть изготовлен из материала со сравнительно низкой прочностью при высокой износостойкости.

Самозатачивающимся является такое лезвие, которое в процессе изнашивания сохраняет достаточную по прочности и износостойкости толщину режущей кромки и оптимальный профиль, допустимые для выполнения технологических операций.

Различают два варианта расположения слоев на двухслойном лезвии: нижнее упрочнение или самозатачивание первого рода, если режущий слой обращен к почвообрабатываемой стороне [4]; верхнее упрочнение или самозатачивание второго рода, если режущий слой контактирует с обрабатываемым материалом.

Самозатачивание первого рода сопровождается образованием узкой затылочной фаски, располагающейся в пределах твердого слоя, что позволяет

использовать детали, упрочненный с нижней стороны, для работы на плотных почвах.

Самозатачивание достигается тем лучше, чем больше допустимая толщина режущего слоя, ниже износостойкость материала несущего слоя и меньше угол клина детали. Опыт разработки плужных лемехов, культиваторных лап и других деталей показывает, что для обеспечения прочности на изгиб эти детали должны изготавливаться из сталей с пределом прочности не ниже 600 Н/мм^2 и пределом текучести не ниже 35 Н/мм^2. Поэтому для несущего слоя применяются стали 50 или Л53.

При φ, равным 6˚, и при отношении толщины режущего слоя к толщине несущего слоя около 0,8 для самозатачивания необходимо, чтобы в качестве материала режущего слоя была использована сталь с КИ (коэффициент относительной износостойкости [4, 5], представляющий отношение мгновенных скоростей изнашивания эталонного и опытного лезвия при равной величине затупления) от 4,5 до 5,0.

Таким образом основными направлениями повышения долговечности рабочих органов являются: применение износостойких материалов; применение биметаллических самозатачивающихся материалов, полученных путем наплавки твердых сплавов или изготовленных из двухслойного проката; изменение формы деталей при конструировании.

Список литературы

1. Стребков С.В. Технология ремонта машин : Учебное пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2016. – 182 с.

2. Лабораторный практикум по технологии ремонта машин. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2018. – 87 с.

3. Strengthening of cultivator Paws with electrospark doping / S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev, A. Sakhnov // Engineering for Rural Development, Jelgava, 22–24 мая 2019 года. Vol. 18. – Jelgava : Без издательства, 2019. – P. 549–554. – DOI 10.22616/ERDev2019.18.N178.

4. Эксплуатационные испытания упрочненных стрельчатых культиваторных лап электроискровой обработкой / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 1 (21). – С. 71–80.

5. Strebkov S. Restoration of the working body of the John Deere 512 disk ripperwith multilayer front surfacing / S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev // Engineering for Rural Development : 19, Jelgava, 20-22 мая 2020 года. – Jelgava, 2020. – P. 102–106. – DOI 10.22616/ERDev.2020.19.TF023.

УДК 004.9:631.3

МОБИЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО УЧЁТА ЗАПЧАСТЕЙ И РАБОТ В ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ АПК

Говорушко А.С., Цыпкина И.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Традиционные методы учёта – бумажные журналы и таблицы Excel – всё чаще демонстрируют свою несостоятельность в условиях растущего парка сельхозтехники и усложнения её конструкции. Мобильные приложения становятся ключевым инструментом, позволяющим в режиме реального времени фиксировать расход запчастей, трудозатраты и простои. Это не только снижает административную нагрузку на персонал, но и существенно повышает прозрачность сервисных процессов.

Система оперативного учёта призвана решать комплекс взаимосвязанных задач: контролировать наличие и движение запчастей на складах, регистрировать выполненные работы и затраченное время, отслеживать сроки гарантийных обязательств, а также планировать закупки на основе анализа расхода материалов. Мобильные решения дают возможность получать и обрабатывать эти данные непосредственно на территории хозяйства, что исключает задержки и потери информации [1].

Чтобы быть по-настоящему эффективными, мобильные приложения должны обладать рядом обязательных функций. Среди них – сканер штрих-кодов и QR-кодов для быстрой идентификации запчастей, шаблоны типовых сервисных операций с нормативами времени, возможность интеграции с бухгалтерскими системами (например, 1С или SAP). Не менее важны офлайн-режим для работы в зонах со слабой связью и функция генерации отчётов по запросу или по расписанию.

Мобильные приложения предоставляют ряд существенных преимуществ. Они позволяют мгновенно вводить данные прямо у места проведения работ, исключают ошибки, связанные с ручным переписыванием информации, дают возможность фотофиксации дефектов и выполненных операций. Кроме того, такие решения обеспечивают синхронизацию данных между полевыми бригадами и офисом в реальном времени, что делает процесс управления более оперативным и прозрачным.

Для полноценной работы мобильные приложения должны органично встраиваться в уже действующие информационные системы предприятия. Это подразумевает обмен данными с ERP-системами, загрузку каталогов запчастей из баз поставщиков и выгрузку актов выполненных работ в бухгалтерские программы [2]. Подобная интеграция позволяет избежать дублирования операций и обеспечивает сквозную аналитику, необходимую для принятия управленческих решений.

Мобильные приложения открывают широкие возможности для аналитики и формирования отчётности. С их помощью можно мониторить остатки на складах

с автоматическими оповещениями о критическом уровне запасов, анализировать частоту замены деталей для прогнозирования спроса, рассчитывать себестоимость сервисных работ по каждому агрегату и формировать статистику по простою техники из-за нехватки запчастей. Такие инструменты делают управление ресурсами более обоснованным и предсказуемым.

На пути внедрения мобильных учётных систем возникают определённые сложности. Среди них – сопротивление персонала, связанное с необходимостью осваивать новые инструменты, нестабильная связь в полевых условиях и несовместимость с устаревшими учётными системами. Для преодоления этих барьеров целесообразно применять поэтапное внедрение с пилотной группой пользователей, организовывать обучение на реальных сценариях работы и использовать гибридные решения с офлайн-синхронизацией данных.

Оптимизация учётных процессов с помощью мобильных приложений приносит ощутимую экономическую выгоду. За счёт точного прогнозирования спроса удаётся снизить складские запасы на 15…20%, сократить простои техники из-за несвоевременных закупок и уменьшить административные затраты на оформление документации. Как показывает практика, окупаемость инвестиций в подобные решения обычно достигается в течение 6…12 месяцев, что делает их привлекательными для агропредприятий разного масштаба.

В будущем можно ожидать появления новых технологических решений в этой сфере. Среди перспективных направлений – внедрение дополненной реальности для визуализации каталогов запчастей, интеграция с датчиками техники для автоматического учёта наработки, применение искусственного интеллекта для прогнозирования потребности в ремонте и создание облачных платформ для кооперации хозяйств в закупках. Эти инновации способны вывести управление ресурсами на качественно новый уровень.

Эффективное использование мобильных учётных приложений требует от специалистов определённых компетенций. Необходимо владеть навыками работы с мобильными устройствами в полевых условиях, понимать принципы складского учёта и логистики, уметь интерпретировать аналитические отчёты системы. В связи с этим важно развивать образовательные программы, включающие практические модули по работе с реальными программными продуктами, чтобы готовить кадры, способные максимально эффективно использовать цифровые инструменты в сфере технического сервиса АПК.

Список литературы

1. Технологические процессы ремонтного производства : учебно-методическое пособие для проведения практических работ по профессиональному модулю ПМ 03 Техническое обслуживание и диагностирование неисправностей сельскохозяйственных машин и механизмов / Е.С. Батырев, А.С. Новицкий, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 166 с. – EDN OJCROC.

2. Стребков С.В. Технология ремонта машин : учебно-методическое пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 181 с. – EDN GTLALV.

УДК 658.512:631.3

МОБИЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЁТА НОРМ ВРЕМЕНИ НА ОПЕРАЦИИ

Бородин И.В., Бережная И.Ш.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В агропромышленном комплексе точность расчёта норм времени на выполнение технических операций напрямую влияет на эффективность работы, планирование ресурсов и себестоимость продукции [1]. Традиционные методы нормирования – такие как использование табличных данных и ручные расчёты – часто не учитывают специфику конкретных хозяйств, погодные условия и состояние техники. Мобильные приложения позволяют автоматизировать этот процесс, адаптируя нормативы к реальным условиям. Цель работы – проанализировать возможности мобильных приложений для расчёта норм времени в АПК, оценить их потенциал и перспективы внедрения.

Точное нормирование времени на операции технического сервиса – будь то ремонт, техническое обслуживание или настройка оборудования — необходимо для грамотного управления агропредприятием [1]. Оно помогает оптимизировать графики работы персонала, корректно планировать загрузку техники, рассчитывать себестоимость услуг и работ, обосновывать штатное расписание ремонтных бригад и контролировать производительность труда.

Автоматизация с помощью мобильных приложений решает ключевые проблемы ручного нормирования. Она снижает вероятность ошибок, учитывает большее число влияющих факторов и обеспечивает мгновенный доступ к актуальным данным прямо на рабочем месте [2]. Это особенно важно в условиях динамичной работы сельхозпредприятий, где оперативность принятия решений напрямую влияет на результаты сезона.

Современные мобильные приложения в этой сфере предоставляют комплекс инструментов для эффективного нормирования. Они содержат базу типовых нормативов для разных видов сельхозтехники и операций, а также включают калькулятор расчёта времени, который учитывает конкретные условия работы: погоду, удалённость объекта и квалификацию персонала.

Приложения позволяют учитывать износ техники и её текущее техническое состояние, что повышает точность расчётов. Интеграция с GPS помогает принимать во внимание расстояния и логистику, а возможность внесения пользовательских нормативов даёт гибкость в настройке стандартных значений под нужды конкретного хозяйства.

Дополнительно приложения могут генерировать отчёты и экспортировать данные в системы учёта предприятия. Некоторые решения используют алгоритмы машинного обучения: они адаптируют нормативы на основе накопленных данных о фактическом времени выполнения операций в конкретных условиях, что со временем повышает точность прогнозов.

Для эффективной работы приложения должны обладать рядом ключевых характеристик. Прежде всего, важна кроссплатформенность – поддержка как iOS, так и Android, чтобы обеспечить доступность для широкого круга пользователей. Не менее значим офлайн-режим работы с последующей синхронизацией данных при появлении связи: это критично для полевых условий, где интернет-соединение нестабильно.

Интерфейс приложения должен быть интуитивно понятным, чтобы им могли пользоваться сотрудники без специальной подготовки. Защита данных и разграничение прав доступа обеспечивают безопасность информации, а возможность интеграции с ERP-системами и программами учёта сельхозтехники позволяет встраивать приложение в уже существующие бизнес-процессы предприятия [3].

База данных нормативов должна регулярно обновляться с учётом новых моделей техники и технологий обслуживания. Это требует от разработчиков постоянного взаимодействия с производителями сельхозтехники и специалистами по техническому сервису.

Внедрение мобильных приложений для нормирования даёт ряд экономических преимуществ. За счёт автоматизации трудозатраты на планирование работ снижаются на 30…40%, что высвобождает время специалистов для решения более сложных задач [4]. Более точное распределение ресурсов сокращает время простоя техники, напрямую влияя на производительность хозяйства.

Уменьшение ошибок в учёте рабочего времени персонала снижает административные издержки, а оптимизация штатного расписания ремонтных служб позволяет рационально использовать кадровый потенциал. Повышение точности калькуляции себестоимости ремонтных работ помогает точнее планировать бюджет и контролировать затраты.

Окупаемость инвестиций в разработку или приобретение приложения обычно достигается в течение 1…1,5 лет. Экономия формируется за счёт снижения трудозатрат и издержек, связанных с простоями техники, а также благодаря более эффективному использованию ресурсов.

Список литературы

1. Пастухов А.Г. Нормирование расхода топлива для колесных тракторно-транспортных агрегатов / А.Г. Пастухов, М.И. Романченко // Труды ГОСНИТИ. 2011. Т. 107, № 1. – С. 22–27. – EDN OIKAST.

2. Ковалев В.В. Нормирование путевого расхода топлива для грузовых автомобилей на основе ГЛОНАСС-технологий / В.В. Ковалев, М.И. Романченко // Материалы международной студенческой научной конференции, п. Майский, 07-08 февраля 2017 года. Том 2. – Майский : Белгородский ГАУ, 2017. – С. 38. – EDN ZUXMPJ.

3. Затраты времени на обслуживание и ремонт колёсных тракторов будут снижены / Н.Ф. Скурятин, А.В. Бондарев, В.М. Порицкий, И.В. Васильченко // Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы : Материалы XXII международной научно-производственной конференции, Майский, 28-29 мая 2018 года. Том 1. – Майский : Белгородский ГАУ, 2018. – С. 216–218. – EDN XSYEDB.

4. Стребков С.В. Приоритеты в организации и развитии отечественной системы технического сервиса машин в АПК / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.С. Новицкий // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVIII Международной научно-производственной конференции, Майский, 10-11 июня 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 133–134. – EDN GKXPLC.

УДК 631.171;630.96

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДСИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА СОРТИРОВКИ И УКЛАДКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ХВОЙНЫХ ПОРОД

Водолазская Н.В., Кочиев Н.С.
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,
г. Москва, Россия

При проведении модернизации инфраструктуры агропромышленного комплекса, реконструкции теплиц или объектов хранения и переработки продукции сельского хозяйства, может возникнуть необходимость эффективного использования лесоматериалов, в частности деревьев хвойных пород [1, 2]. В условиях возрастающих требований к экономичности, экологичности и устойчивости цепей поставок особенно актуальны вопросы внедрения автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами в режиме реального времени [3, 4]. Автоматизация процессов позволяет минимизировать влияние человеческого фактора, а также организовать сбор и анализ технологических данных для оперативного принятия управленческих решений [5, 6]. При этом существует проблема снижения потерь при переработке, и обеспечения предсказуемости качества готовой продукции [7]. Решение этой проблемы требует детального учета сортности, габаритов и физико-механических свойств материалов, а также специфики аграрной логистики – сезонности и удаленности объектов от зоны переработки.

Разработка методологических подходов к сортировке и укладке хвойных пиломатериалов в штабель с учетом агропромышленных условий позволяет повысить эффективность использования ресурсов, минимизировать порчу древесины в процессе хранения и снизить расходы на транспортировку и сборку [8-10]. Введение гибких и адаптивных решений, ориентированных на конкретные мероприятия АПК, способствует сокращению времени на подготовку материалов, улучшению качества срезов и стабилизации параметров готовой продукции.

Цель исследования состоит в разработке архитектуры и ключевых компонентов подсистемы мониторинга для процессов сортировки, и укладки хвойной древесины в штабель с учетом специфики лесопромышленной базы, логистики и требований к энергоэффективности, а также формирование информационной основы для управления качеством продукции.

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие мероприятия:

проведен анализ факторов, влияющих на качество заготовки хвойной древесины в условиях АПК;

выполнена формализация критериев сортировки и параметров укладки, обеспечивающих минимальные потери и оптимальный объем штабелей;

предложены методики измерения и контроля качества на разных стадиях заготовки и штабелирования;

оценены экономические эффекты от внедрения предложенных подходов на типовых сельскохозяйственных предприятиях с древесной компонентой.

В результате решения сформулированных задач была успешно смоделирована, а затем спроектирована и реализована автоматизированная подсистема мониторинга процессов сортировки и сушки древесины хвойных пород в реальном времени. Анализ предметной области позволил выявить ключевые технологические параметры, существенно влияющие на качество и стабильность пиломатериалов. С использованием методологий IDEF0, DFD, BPMN и ArchiMate были построены функциональные и архитектурные модели процесса создана эффективная подсистема мониторинга, что обеспечило глубокое понимание структуры, потоков данных и взаимодействий компонентов системы. Реализация системы способствует снижению брака, оптимизации энергозатрат и повышению общей эффективности производства.

Список литературы

1. Павлюк Р.В., Саенко М.В. К вопросу хранения сельскохозяйственной техники и оборудования // Цифровые и инженерные технологии в АПК. – Майский : Белгородский ГАУ, 2022. – С. 56–58.
2. Шарый С.В., Водолазская Н.В., Шарая О.А. Инновационные решения для тепличных комплексов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2022. № 3 (35). – С. 109–116.
3. Бондарева И.А., Мешков А.В. Усовершенствование технологического процесса системы поставок в АПК // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке.Т.1. – Майский : Белгородский ГАУ, 2022. – С. 230–231.
4. Назилин В.С., Жиляков Д.И. Преимущества цифровой трансформации на предприятиях агропромышленного комплекса // Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса – Курск : Курская ГСА, 2025. – С. 91–95.
5. Дятлов Н.С., Бондарев А.В. Алгоритм организации работы инженерно-технической службы агропредприятия // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК. – Майский : Белгородский ГАУ, 2025. – С. 205–206.
6. Водолазская Н.В. О разработке моделей технических систем специального назначения // Роль науки в удвоении валового регионального продукта. – Майский : Белгородский ГАУ, 2021. – С. 85–86.
7. Шевченко Д.Д., Петрушина О.В., Жиляков Д.И. Цифровые технологии в учетно-аналитической практике организаций АПК // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 6. – С. 149–157.
8. Vodolazskaya N. Process Modeling of Increasing Reliability of Assembly Responsible Connections. Advanced Engineering Letters, 3 (3), 2024. – P. 91-99.
9. Направления совершенствования логистической системы предприятия / А.В. Мешков [и др.] // Инженерная экономика и управление в современных условиях: Донецкий национальный технический университет, 2019. – С. 558–564.
10. Стребков С.В., Бондарев А.В., Сахнов А.В. Надежность технических систем: учебное пособие. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2024. – 185 с.

УДК 629.3.08

МОДЕРНИЗАЦИЯ В АПК И ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ НА ЕГО РАЗВИТИЕ

Власов Ю.А.
Научный руководитель **Тимашов Е.П., Пастухов А.Г.**
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В современных экономических условиях модернизация производства в сельскохозяйственной отрасли является важным аспектом в обеспечении жизнедеятельности населения России, которая предполагает оснащение производителей передовыми технологиями, направленными на повышение конкурентоспособности, улучшения качества производимой продукции, снижение трудоемкости производственных процессов, улучшения условий труда для сельскохозяйственных производителей [1].

Зачастую, в механизации различных видов сельхоз техники используются цепные приводы, применение которых позволят передать крутящий момент в одной плоскости от одного вала к нескольким без скольжения, на высоких и низких скоростях, что делает передачу универсальной и позволяет осуществлять передачу мощности как на малые, так и большие межосевые расстояния с высокой эффективностью КПД (90-98%).

Стоит отметить, что в работе сельскохозяйственных машин в большинстве случаев в качестве цепного привода используется цепи ПР с шагом 19,05мм.

В процессе эксплуатации цепные передачи подвергаются различным нагрузкам и воздействию климатических условий. При этом отсутствие, недостаточное количество технических средств, позволяющих осуществлять контроль в процессе работы цепных приводов, приводит к нерациональному использованию финансовых затрат, остановке оборудования. Наличие данных факторов, сводится к низкой эффективности хозяйственной деятельности в АПК.

Повышение работоспособности и обеспечение безотказной работы технологического оборудования, применяемого для механизации производств агропромышленного комплекса, является одним из приоритетных направлений, в котором он имеет существенную потребность – развитие технологий диагностирования. Повышение производительности невозможно без развития научно-технического прогресса. Как правило, применение научно-технических достижений способствует развитию производства и увеличивает его экономическую эффективность.

В свете этих задач, тема проведения качественного контроля процессов работы цепного привода, позволяющего анализировать, выявлять отклонения в работе механизмов на ранней стадии, не доходя до критических моментов (отказов), является актуальной и имеет высокую важность.

На сегодняшний день отсутствие эффективных средств контроля работы элементов цепного привода объясняется сложностью процессов, осуществляе-

мых рабочими органами, особенностями их конструкции, условиями эксплуатации и обслуживания [2, 3].

Важную роль в изучении происходящих процессов в механической работе играют проведение теоретических, экспериментальных научных исследований.

В целях изучения процессов, происходящих при механической работе цепного привода определяющих надежность и безотказность, выявления ключевые технических решений для контроля происходящих процессов, предлагается разработка и использование стенда цепной передачи с замкнутым контуром силовым контуром.

Для разработки стенда выполнены теоретические исследования и расчеты [4], позволяющие определить максимальные нагрузки на цепную передачу при условии минимального числа зубьев ведущей звездочки – 13 и максимального давления контакта в шарнире 17,7 МПа при угловой скорости 93,3 $с^{-1}$. При этом крутящий момент составит 65 Нм, а мощность 6,09 кВт. По опыту создания стендов с замкнутым силовым контуром известно, что мощность приводного двигателя не превышает 10% от мощности, циркулирующей в контуре стенда [5].

В конструкцию стенда будут входить: рама, электродвигатель, две цепные передачи, три вала с подшипниковыми опорами, ременная передача, датчик крутящего момента.

Таким образом, изучение расчетно-экспериментальным методом процессов, происходящих в цепном приводе, при проведении исследований в различных режимах, в лабораторных условиях способствует развитию модернизации производства в АПК.

Использование средств автоматизированного контроля технического состояния элементов цепной передачи, является важным эффективным средством в своевременном выявлении и устранении неисправностей, способствует модернизации в технической эксплуатации в работе машинотракторных агрегатов, способствует повышению экономической эффективности сельскохозяйственного производства, сокращению времени простоев техники.

Список литературы

1. Серова Е.В. Особенности государственной поддержки аграрного сектора России / Е.В. Серова // Вопросы экономики. 1996. № 7. – С. 88–100. – EDN XFZJON.

2. Жильцов С.Н., Володько О.С., Гужин И.Н., Мингалимов Р.Р. Проблемы технического сервиса в АПК: сборник научных трудов. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ. 2025. – 66 с.

3. Пастухов А.Г., Тимашов Е.П., Вергун В.И. Совершенствование технологии диагностирования опорных узлов трансмиссии автомобиля КАМАЗ-55111 // Технический сервис машин. 2024. Т. 62, № 1. – С. 21–27.

4. Гузенков П.Г. Детали машин. – М. : Высшая шк., 1982. – 351 с.

5. Патент № 2205377 C1 Российская Федерация, МПК G01M 13/02. Стенд для испытания карданных передач : № 2002112352/28 : заявл. 07.05.2002 : опубл. 27.05.2003 / А.Г. Пастухов, Е.П. Тимашов, А.И. Кошелев ; заявитель Белгородская государственная сельскохозяйственная академия.

УДК 621.43:631.3

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС ДЛЯ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА В АПК

Старосельцев В.А., Бондарев А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В агропромышленном комплексе дизельные двигатели внутреннего сгорания (ДВС) играют ключевую роль, обеспечивая работу энергонасыщенной техники – тракторов, комбайнов, погрузчиков. Однако существенная доля выделяемой энергии – до 30% – рассеивается через систему охлаждения. Её неэффективная работа провоцирует целый ряд негативных последствий: перегрев двигателя и ускоренный износ деталей, рост расхода топлива из-за отклонения от оптимального температурного режима, снижение мощности и КПД силовой установки [1]. В этой связи модернизация системы охлаждения становится важным направлением, позволяющим сократить топливные затраты и продлить ресурс двигателя.

Ключевая взаимосвязь между температурой двигателя и расходом топлива обусловлена необходимостью поддержания оптимального температурного режима. Для дизельных ДВС он составляет 85…95°С. В этих условиях достигается полное сгорание топлива, что минимизирует потери на неполное окисление. Стабильная вязкость масла снижает механические потери на трение, а система впрыска и газораспределения работает без сбоев [2]. Даже незначительное отклонение от оптимального диапазона – на ± 10°С – приводит к увеличению расхода топлива на 3…7%, что в масштабах сельхозпредприятия оборачивается существенными финансовыми потерями.

Модернизация системы охлаждения реализуется через комплекс технических решений. Одним из приоритетных направлений является оптимизация конструкции радиатора: применение алюминиевых сплавов с высокой теплопроводностью и внедрение микроканалов для увеличения площади теплообмена. Важным шагом становится переход от механического привода вентилятора к электронному управлению – с использованием датчиков температуры, которые включают вентилятор только при необходимости. Это позволяет избежать избыточного энергопотребления и снизить нагрузку на двигатель.

Не менее значима модернизация термостатирования: внедрение электронно-управляемых термостатов даёт возможность поддерживать заданную температуру в зависимости от текущей нагрузки. Улучшение циркуляции охлаждающей жидкости достигается за счёт установки высокопроизводительных насосов с регулируемой производительностью и снижения гидравлических потерь в патрубках. Применение термостойких полимерных материалов для патрубков и расширительных бачков способствует уменьшению тепловых потерь, повышая общую эффективность системы.

Среди инновационных решений выделяются несколько перспективных технологий. Фазопереходные материалы (FPCM), интегрированные в радиатор, аккумулируют избыточное тепло и сглаживают температурные скачки, обеспечивая стабильность режима работы [3]. Интеграция с системой рециркуляции отработавших газов (EGR) позволяет охлаждать рециркулируемые газы, снижая тепловую нагрузку на двигатель. Теплообменники с переменной геометрией регулируют площадь теплообмена в зависимости от режима работы, а использование наножидкостей – суспензий наночастиц металлов в антифризе – повышает теплопроводность охлаждающей жидкости на 15…25%.

Для оценки эффективности модернизаций применяются современные методы расчёта и моделирования. Компьютерное моделирование тепловых процессов с использованием программных пакетов ANSYS Fluent и COMSOL позволяет прогнозировать поведение системы в различных условиях. Стендовые испытания с имитацией полевых нагрузок (посевная, уборочная кампания) дают возможность проверить работоспособность решений в реальных режимах эксплуатации. Сравнительный анализ топливно-экономических характеристик до и после модернизации подтверждает целесообразность внедрённых изменений.

Экономическая эффективность модернизации проявляется в нескольких аспектах. Окупаемость вложений достигается за 12…18 месяцев при интенсивной эксплуатации техники. Снижение затрат на техническое обслуживание обусловлено уменьшением нагарообразования и износа поршневой группы. Кроме того, межремонтный ресурс двигателя увеличивается на 10…15%, что сокращает частоту дорогостоящих ремонтов и повышает общую производительность парка машин.

Список литературы

1. Стребков С.В. Свойства бензина и эксплуатационная надежность двигателя / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 169 с. – ISBN 978-5-605-01367-9. – EDN HZLKMS.

2. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

3. Технологические процессы ремонтного производства : учебно-методическое пособие для проведения практических работ по профессиональному модулю ПМ 03 Техническое обслуживание и диагностирование неисправностей сельскохозяйственных машин и механизмов / Е.С. Батырев, А.С. Новицкий, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 166 с. – EDN OJCROC.

УДК 68.85.01

МОДЕРНИЗАЦИЯ УЧАСТКА СБОРА И ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Слюняев А.А., Кусмарцев С.Ю., Тюрин И.Ю., Комаров Ю.В.
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», г. Саратов, Россия

Актуальность модернизации участков сбора и хранения нефтепродуктов в агропромышленном комплексе обусловлена ростом объёмов использования горюче-смазочных материалов в сельском хозяйстве. Существующая инфраструктура зачастую не отвечает современным требованиям безопасности, экологии и энергоэффективности, поэтому модернизация становится ключевым инструментом снижения эксплуатационных издержек и минимизации рисков аварийных ситуаций.

Среди основных проблем действующих объектов можно выделить физический и моральный износ резервуаров, трубопроводов и насосного оборудования. Значительную долю потерь нефтепродуктов вызывают испарение, утечки и негерметичность систем. Недостаточная автоматизация процессов учёта и контроля таких параметров, как уровень, температура и давление, повышает вероятность ошибок и нештатных ситуаций. Кроме того, сохраняются риски загрязнения почвы и водоёмов при аварийных разливах, а также несоответствия актуальным нормам пожарной и экологической безопасности.

Главными целями модернизации являются повышение надёжности и срока службы оборудования, снижение потерь нефтепродуктов на всех этапах сбора и хранения, минимизация экологического воздействия, оптимизация трудозатрат и энергопотребления, а также внедрение цифрового мониторинга и дистанционного управления.

В рамках реконструкции резервуаров целесообразно применять антикоррозионные покрытия и катодную защиту, устанавливать плавающие крыши или понтоны для сокращения испарения, модернизировать дыхательную арматуру и системы улавливания паров. Обновление насосного оборудования предполагает переход на энергоэффективные насосы с регулируемым приводом и резервирование критически важных агрегатов.

Совершенствование систем учёта включает внедрение датчиков уровня, температуры и плотности, создание автоматизированных систем коммерческого учёта, а также интеграцию с ERP-системами хозяйства. Для повышения безопасности необходимо оснастить объекты датчиками загазованности и пожарообнаружения, автоматическими системами пожаротушения, обвалованием и ливневыми канализациями для локализации разливов.

Экологическая модернизация требует герметизации сливно-наливных операций, организации сбора и очистки ливневых стоков, а также рекуперации паров нефтепродуктов. В качестве технологических инноваций перспективно использование композитных материалов для трубопроводов и резервуаров, внедрение дистанционного мониторинга через IoT-датчики и облачные платформы,

применение искусственного интеллекта для прогнозирования отказов и оптимизации режимов работы, а также реализация энергоэффективных решений, включая теплоизоляцию и солнечные насосы.

Экономическая эффективность модернизации определяется расчётом срока окупаемости капитальных вложений, оценкой снижения эксплуатационных затрат (на энергопотребление, ремонты и штрафы за экологические нарушения), анализом роста производительности участка. Дополнительным стимулом выступают государственные субсидии и льготы для эко-проектов в АПК.

Нормативно-правовая база модернизации опирается на требования федеральных законов «Об охране окружающей среды» и «О промышленной безопасности», соответствующие ГОСТы и своды правил по проектированию нефтехранилищ, правила пожарной безопасности для объектов АПК, а также положения о лицензировании деятельности по обращению с нефтепродуктами.

Практика показывает, что хозяйства, внедрившие автоматизированные системы учёта, перешли на резервуары с пониженными потерями от испарения и использовали энергоэффективное насосное оборудование, достигли заметного улучшения показателей надёжности и экономичности.

В перспективе развитие участков сбора и хранения нефтепродуктов связано с интеграцией в систему «умных» агротехнологий, таких как точное земледелие, использованием возобновляемых источников энергии для насосных станций, разработкой мобильных модульных хранилищ для удалённых ферм и стандартизацией цифровых решений для малого и среднего агробизнеса.

Комплексный подход, объединяющий технические обновления, цифровизацию и экологические меры, обеспечивает максимальный эффект. Инвестиции в модернизацию окупаются за счёт снижения потерь и повышения безопасности, а студенческие исследования способны внести значимый вклад в адаптацию инновационных решений для агропредприятий.

Список литературы

1. Лабораторный практикум по технологии ремонта машин. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2018. – 87 с.

2. Strebkov S. Restoration of the working body of the John Deere 512 disk ripperwith multilayer front surfacing / S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev // Engineering for Rural Development : 19, Jelgava, 20-22 мая 2020 года. – Jelgava, 2020. – P. 102–106. – DOI 10.22616/ERDev.2020.19.TF023.

УДК 621.793.7

МОЙКА С ПОМОЩЬЮ ЛЕДНО-КАВИТАЦИОННЫХ СТРУЙ

Барышников К.О., Рыбенцев Г.Ю., Новицкий А.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Мойка деталей с использованием ледно-кавитационных струй – это современная и эффективная технология очистки, которая всё активнее применяется при подготовке к ремонту двигателей внутреннего сгорания, промышленного оборудования и других сложных узлов. Она особенно полезна для удаления стойких загрязнений: нагара, накипи, асфальто-смолистых отложений, коррозии и старых лакокрасочных покрытий. В отличие от традиционных методов (например, пескоструйной обработки) этот способ не создаёт пыли, не оставляет абразивных частиц на поверхности и снижает нагрузку на оператора, одновременно сокращая энергозатраты и трудоёмкость процесса.

Принцип работы основан на комбинированном воздействии кавитационных пузырьков и ледяных гранул углекислоты. В установке насос подаёт воду в моечный пистолет, где она проходит через кавитационный генератор – участок с резко сужающимся каналом. В этом месте в потоке жидкости образуются и схлопываются кавитационные пузырьки, создавая мощные микроудары. Одновременно в струю впрыскивается углекислота при температуре -70°С, формирующая ледяные гранулы. Эти гранулы разгоняются энергией схлопывания пузырьков и направляются на очищаемую поверхность.

Когда ледяная частица ударяется о загрязнение, происходит сублимация – мгновенный переход из твёрдого состояния в газообразное, без жидкой фазы. Этот процесс высвобождает энергию, которая разрушает даже самые стойкие отложения. Разрушенные загрязнения смываются потоком воды, а углекислотные гранулы после сублимации полностью испаряются, не оставляя следов на детали.

Установка для такой мойки включает несколько ключевых компонентов: насос высокого давления, кавитационный генератор, пистолет с соплом, баллон с углекислотой, расходомеры для жидкости и газа, манометр и регулировочные клапаны. Оператор может выбирать режим работы в зависимости от типа загрязнения. В «кавитационном» режиме используется только водно-кавитационная струя – он подходит для слабо- и среднесвязанных загрязнений, таких как масляные плёнки или лёгкие отложения. В «ледно-кавитационном» режиме в поток добавляется углекислота: ледяные гранулы усиливают воздействие, позволяя удалять старый нагар, коррозию и многослойные покрытия.

Оптимальные параметры процесса подтверждены экспериментально: давление моющей жидкости должно составлять 5,6…6 МПа, внутренний диаметр насадки – 5 мм, её длина – 147 мм, степень насыщения жидкости углекислотой – 6…7%. Расстояние между соплом и поверхностью детали подбирается так, чтобы обеспечить максимальную степень очистки без риска повреждения материала.

Преимущества метода очевидны: энергозатраты снижаются на 0,2-0,8 кВт·ч по сравнению с водопескоструйной и струйной очисткой высокого давления, а трудоёмкость сокращается на 0,75 чел.·ч относительно водопескоструйного метода и на 0,05 чел.·ч против обычной струйной очистки. При этом степень очистки достигает 89 % для сильносвязанных загрязнений в ледно-кавитационном режиме. Поверхность детали не повреждается: микрорельеф и геометрия сохраняются, что критично для прецизионных компонентов. Отсутствие абразивных частиц в воздухе улучшает условия труда и снижает необходимость в дополнительной защите оператора.

Ледно-кавитационная мойка – это перспективное и практичное решение для качественной подготовки деталей к ремонту. Технология сочетает высокую эффективность удаления сложных загрязнений с экономичностью, безопасностью и щадящим воздействием на материал. Она идеально подходит для очистки поршней, гильз цилиндров, клапанов, блоков двигателей и других ответственных узлов, где важно сохранить исходные параметры поверхности. Благодаря возможности регулировать режимы работы и точно настраивать параметры обработки метод позволяет добиться стабильно высокой степени чистоты. Внедрение ледно-кавитационных установок не только снижает эксплуатационные затраты и повышает культуру производства, но и напрямую влияет на надёжность и долговечность отремонтированных агрегатов, делая этот подход выгодным вложением в долгосрочную эксплуатацию техники.

Список литературы

1. Совершенствование технологии мойки деталей при ремонте техники / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, С.В. Стребков [и др.] // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 51–54. – EDN NPDGML.

2. Пичугов Г.В. Совершенствование процесса мойки деталей и агрегатов / Г.В. Пичугов, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции. Тезисы докладов, п. Майский, 29-30 марта 2022 года. Том 4. – Майский : Белгородский ГАУ, 2022. – С. 259–260. – EDN EYLNEC.

УДК 68.85.01

МОНИТОРИНГ ДЕФЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА

Рыжакин Н.С., Водолазская Н.В.
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,
г. Москва, Россия

Современные подходы к диагностике и ремонту сельскохозяйственной техники требуют интеграции информационных и автоматизированных методов обеспечения надёжности не только по отношению к применяемому оборудованию, но и к эргономической подготовке производства [1-5]. В этих условиях роль качественного освещения ремонтной зоны постепенно выходит за рамки бытового комфорта и становится частью технологического риска: слабая подсветка может привести к пропускам дефектов, ошибкам монтажа, повреждению крепежа и неполному контролю состояния систем, что в итоге увеличивает риск простоев и ухудшает качество ремонтов [6-9].

Поэтому на предприятиях технического сервиса особую актуальность приобретают вопросы оснащения рабочих мест соответствующими световыми конструкциями, особенно в условиях ограниченной освещенности ранних утренних или вечерних смен.

Цель работы состоит в обосновании необходимости внедрения светильников в ремонтную инфраструктуру как элемента повышения надёжности и качества технического обслуживания и в демонстрации преимуществ применения концепций цифрового двойника и мониторинга дефектов на этапах подготовки материалов и последующей сборке изделия.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать технологический процесс производства световых конструкций;
- достигнуть сокращения времени проверки качества продукции за счет автоматического контроля брака на этапах подготовки материалов и заготовок и дальнейшей сборки изделия;
- определить требования к разрабатываемой информационно-аналитической системе, в частности, за счет применение технологии цифрового двойника для мониторинга дефектов на этапах подготовки материалов и заготовок;
- разработать архитектуру информационно-аналитической системы;
- реализовать программное обеспечение;
- выполнить организацию, планирование и расчет стоимости работ.

В результате решения сформулированных задач был проведен детальный анализ технологического процесса производства светильников, в результате чего выявлены критические точки контроля качества и классифицированы основные типы дефектов (деформации, неравномерное окрашивание, царапины, обзолы, излом рассеивателя, деформация краев профиля). После чего была разработана автоматизированная система контроля дефектов этапа производства световых

конструкций, которая обеспечивает комплексный мониторинг качества и регистрацию выявленных дефектов на этапе изготовления заготовки. Функциональные требования к предложенной системе определили необходимость разработки семи ключевых модулей для обеспечения полного цикла обработки информации о дефектах – от их регистрации до формирования аналитических отчетов. Проектирование архитектуры системы было выполнено с использованием современных методологий моделирования (IDEF0, DFD, ERD, ArchiMate). Разработанная логическая модель базы данных обеспечивает нормализованное хранение информации о дефектах с четкой связью между справочниками профилей, типами дефектов, этапами производства и событиями возникновения брака.

Проведенные мероприятия позволят, в конечном счёте, повысить эффективность технического обслуживания за счет снижения времени простоев и ошибок ремонта за счет визуализации дефектов и подсветки узких зон диагностики.

Список литературы

1. Причины изменения надежности сельскохозяйственной техники / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов, П.С. Востриков // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 167–168.

2. Обеспечение надежности машин в процессе производства, эксплуатации и ремонта / А.В. Захарин, Р.В. Павлюк, Е.В. Зубенко и др. // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке. Белгород, 2018. – С. 239–243.

3. Водолазская Н.В. О разработке моделей технических систем специального назначения // Роль науки в удвоении валового регионального продукта. – Майский : Белгородский ГАУ, 2021. – С. 85–86.

4. Комплекс рекомендаций по повышению эффективности функционирования предприятий / А.В. Мешков, И.А. Бондарева, А.И. Кисилева и др. // Инженерная экономика и управление в современных условиях. 2019. – С. 570–576.

5. Vodolazskaya N. Process Modeling of Increasing Reliability of Assembly Responsible Connections. Advanced Engineering Letters, 3(3), 2024. – P. 91–99.

6. Intelligent Analysis of Soybean Productivity Indicators to Make a Decision on the Choice of Variety / A. Orekhovskaya, ect. // Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B. Biological Sciences. 2025. Vol. 95.

7. Жиляков Д.И. Анализ эффективности и направления совершенствования государственной поддержки аграрных предприятий// Инновации в АПК: проблемы и перспективы, 2020. № 1 (25). – С. 137–146.

8. Информационная система контроля доступа и отслеживания этапов производственного процесса / Н.В. Водолазская, Е.В. Копытова, К.В. Лаврентьева, В.Д. Черненко // Проблемы искусственного интеллекта. 2025. Т. 37. № 2. – С. 116–128.

9. Slobodyuk A., Strebkov S., Bondarev A. Failure examination of disc header workpoints using CAE-system APM WinMachine // Engineering for Rural Development. Proceedings, 2018. – С. 836–842.

УДК 621.793:631.3

НАНЕСЕНИЕ ТВЁРДОСПЛАВНЫХ ПОКРЫТИЙ НА РАБОЧИЕ ОРГАНЫ КУЛЬТИВАТОРОВ

Емелина Е.Н., Бондарев А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Рабочие органы культиваторов – лапы, стойки, диски – в процессе эксплуатации испытывают интенсивный абразивный и ударный износ. Причина кроется в постоянном контакте с почвой, содержащей твёрдые включения: камни, песок, растительные остатки. Следствием этого становится целый ряд негативных эффектов: снижается качество обработки почвы, возрастает тяговое сопротивление агрегата, увеличивается расход топлива, учащаются случаи выхода деталей из строя, что влечёт за собой частые ремонты и замены. Традиционные методы упрочнения, такие как закалка или наплавка, зачастую не способны обеспечить требуемый ресурс работы [1]. В этой связи нанесение твёрдосплавных покрытий представляется перспективным решением, позволяющим существенно повысить долговечность и эффективность эксплуатации культиваторов.

Технология заключается в формировании на поверхности детали слоя из высокотвёрдых материалов. В качестве таких материалов выступают карбиды вольфрама, хрома и титана, стеллиты, а также порошковые сплавы на основе никеля и кобальта. Существует несколько основных способов нанесения покрытий: газотермическое напыление (включая газопламенное и плазменное), электродуговая металлизация, лазерная наплавка, детонационное напыление и химико-термическое осаждение [2]. Главная цель – создать поверхностный слой с микротвёрдостью в диапазоне 60…75 HRC, который будет отличаться высокой износостойкостью и надёжной адгезией к основному материалу детали.

Для обработки рабочих органов культиваторов применяют различные материалы, каждый из которых обладает специфическими свойствами. Порошковые сплавы WC-Co (карбид вольфрама + кобальт) обеспечивают максимальную износостойкость. Стеллиты (Co-Cr-W-C) предпочтительны для работы в условиях повышенных температур и коррозионной активности. Сплавы на основе никеля (Ni-Cr-B-Si) отличаются универсальностью применения. Карбиды хрома (Cr_3C_2) демонстрируют высокую устойчивость к абразивному износу [3]. Выбор конкретного материала определяется комплексом факторов: типом обрабатываемой почвы, глубиной обработки, наличием каменистых включений, а также экономической целесообразностью применения того или иного состава.

Качество формируемого покрытия зависит от ряда ключевых технологических параметров. Существенное значение имеет температура нагрева, которая варьируется в широком диапазоне: от 3000°C при плазменном напылении до 1000…1200°C при электродуговой металлизации. Не менее важны скорость подачи порошкового материала или проволоки, дистанция напыления, состав газовой среды (аргон, азот или воздух). Обязательным этапом является предварительная подготовка поверхности, включающая шлифовку, обезжиривание и

активацию [4, 5]. Оптимальные параметры процесса подбираются экспериментальным путём для каждого типа детали и выбранного метода нанесения покрытия, что позволяет достичь требуемых характеристик защитного слоя.

По сравнению с традиционными методами упрочнения – закалкой и наплавкой – твёрдосплавные покрытия обладают рядом существенных преимуществ. Они обеспечивают более высокую поверхностную твёрдость (до 75 HRC), демонстрируют лучшую адгезию к основному материалу, позволяют осуществлять локальное нанесение на наиболее нагруженные участки детали. Важным достоинством является минимальное термическое воздействие на деталь, исключающее деформации. Кроме того, многокомпонентный состав покрытий позволяет сочетать высокую износостойкость с достаточной вязкостью материала. Благодаря этим свойствам ресурс рабочих органов культиваторов увеличивается в 2…5 раз при сохранении исходной геометрии деталей.

Список литературы

1. Об упрочнении рабочей кромки почвообрабатывающих орудий электроискровым легированием / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев // Труды ГОСНИТИ. 2018. Т. 130. – С. 142–150. – EDN SCFVXY.

2. Батырев Е.С. Принцип работы контактной электроискровой установки / Е.С. Батырев, В.М. Порицкий // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 9–10. – EDN HMNFSM.

3. Эксплуатационные испытания упрочненных стрельчатых культиваторных лап электроискровой обработкой / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 1 (21). – С. 71–80. – EDN DBNGML.

4. Повышение прочности культиваторных лап / И.И. Титова, И.В. Цыпкина, С.В. Ковалев [и др.] // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 50–51. – EDN PBAGDA.

5. Дефекты плужных лемехов / С.В. Ковалев, Е.С. Батырев, И.И. Титова, И.В. Цыпкина // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 22–23. – EDN TFOQVU.

УДК 621.793:631.3

НАНОПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДЕТАЛЕЙ ОТ АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА В АПК

Лысенко А.В., Ковалев С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В агропромышленном комплексе техника постоянно подвергается воздействию абразивных частиц – пыли, песка, растительных остатков и почвенных включений. Это становится причиной ускоренной деградации ключевых узлов сельскохозяйственных машин: рабочих органов почвообрабатывающей техники (лемехов, дисков, лап), деталей трансмиссии и ходовой части (валов, шестерён, подшипников), а также элементов гидравлических систем (штоков, гильз цилиндров) [1]. Следствием такого износа становится сокращение ресурса оборудования на 30…60%, рост затрат на внеплановые ремонты, вынужденные простои техники в пиковые сезонные периоды и увеличение расхода топлива из-за снижения КПД механизмов. В этой связи особую актуальность приобретает поиск эффективных способов защиты деталей, среди которых заметное место занимают нанопокрытия.

Суть технологии заключается в формировании на поверхности деталей сверхтонких слоёв толщиной от 1 до 100 нм. Их наносят методами физического или химического осаждения (PVD/CVD). Защитные свойства таких покрытий обусловлены комплексом уникальных характеристик [2]. Благодаря наноструктурированным фазам (например, алмазоподобным углеродным плёнкам, нитридам титана или хрома) достигается сверхвысокая твёрдость – до 40 ГПа. Низкий коэффициент трения (0,05-0,15) обеспечивается гладкостью поверхности на атомном уровне. Адгезионная прочность доходит до 80 МПа за счёт диффузионного взаимодействия с подложкой, а устойчивость к окислению сохраняется при температурах до 800°С.

На практике в АПК применяются различные типы нанопокрытий, каждый из которых имеет свою сферу оптимального использования. Нитрид титана (TiN) зарекомендовал себя как сбалансированное решение по соотношению стоимости и износостойкости – его наносят на режущие кромки культиваторов. Нитрид хрома (CrN) отличается устойчивостью к коррозии во влажных условиях, что делает его подходящим для деталей комбайнов. Алмазоподобное углеродное покрытие (DLC) обладает рекордной твёрдостью и антифрикционными свойствами, поэтому его используют для штоков гидроцилиндров. Нитрид циркония (ZrN) выделяется термостойкостью и хорошей совместимостью с алюминиевыми сплавами, защищая поршни и гильзы. Нанокомпозиты типа TiAlN или CrAlSiN сочетают высокую твёрдость с пластичностью, что особенно ценно для высоконагруженных шестерён.

Практический опыт демонстрирует ощутимые результаты применения нанопокрытий. Например, на плугах с покрытием TiN срок службы лемехов увеличился в 2,5 раза. Гидроцилиндры с DLC-слоем показали снижение износа

штоков на 70% при работе в пыльных условиях. Шестерни трансмиссии с нанокомпозитом TiAlN позволили сократить простои техники на 40% за сезон. Диски бороны с CrN-покрытием сохранили работоспособность после обработки 1 500 га влажной почвы.

Экономическая эффективность внедрения нанопокрытий подтверждается рядом показателей. Затраты на нанесение покрытий окупаются за 6…12 месяцев благодаря сокращению числа ремонтов. Расходы на замену деталей снижаются на 50…70%. За счёт уменьшения трения в узлах удаётся экономить до 5…8% топлива [3]. Межремонтный интервал увеличивается на 40…80%. Кроме того, наличие сертифицированных покрытий может стать основанием для продления гарантии на технику.

Вместе с тем внедрение нанопокрытий сопряжено с определёнными ограничениями и вызовами. Оборудование для PVD/CVD стоит дорого – от 3 млн руб. Перед нанесением покрытий требуется обеспечить высокую чистоту поверхности (класс шероховатости $Ra < 0{,}2$ мкм). Толщина наносимых слоёв ограничена 10 мкм, что не всегда способно компенсировать глубокий износ. Наблюдается дефицит квалифицированных специалистов, способных контролировать качество нанослоёв. Также возникают сложности при ремонте деталей с покрытиями – перед сваркой слой необходимо удалять.

Подводя итоги, можно утверждать, что нанопокрытия представляют собой перспективный инструмент повышения ресурса сельскохозяйственной техники. Их применение позволяет увеличить срок службы деталей в 2…3 раза, сократить эксплуатационные затраты на 40…60%, повысить КПД оборудования за счёт снижения трения и соответствовать современным экологическим стандартам производства. Ключевыми факторами успеха являются: грамотный выбор типа покрытия с учётом конкретных условий эксплуатации, строгое соблюдение технологий нанесения и контроля качества, участие в программах государственной поддержки и подготовка квалифицированных кадров для работы с нанотехнологиями. Таким образом, переход на нанопокрытия – это стратегический шаг к модернизации технического сервиса в АПК, сочетающий экономическую выгоду и экологическую ответственность.

Список литературы

1. Нанотехнологии и наноматериалы в агроинженерии / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.А. Добрицкий, Е.В. Соловьев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 76 с. – EDN TXCLKE.

2. Шемякин Е.В. Нанотехнологии в смазочных материалах, результаты их применения, отражающиеся на ТОИР с/х машин с использование мобильных установок / Е.В. Шемякин, А.В. Бондарев // Инновационные решения в агроинженерии в XXI веке : Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 16 декабря 2020 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2021. – С. 112–116. – EDN MXFFOT.

3. Дефекты плужных лемехов / С.В. Ковалев, Е.С. Батырев, И.И. Титова, И.В. Цыпкина // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 22–23. – EDN TFOQVU.

УДК 625.748.54

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОСНАЩЕНИЮ АЗС

Баянов Д.В., Коротенко М.А, Титова И.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Современное оснащение автозаправочных станций (АЗС) выходит далеко за рамки традиционных топливно-раздаточных колонок. Развитие технологий, рост экологических требований и изменение потребительских ожиданий диктуют необходимость внедрения принципиально новых решений. Цель модернизации – создать «умные» АЗС: безопасные, энергоэффективные, многофункциональные и максимально удобные для клиентов. Ключевую роль в этой трансформации играет оборудование нового поколения – от IoT-датчиков до роботизированных систем.

Оснащение АЗС сегодня строится вокруг нескольких взаимосвязанных направлений.

Прежде всего, это цифровизация и автоматизация. На станциях устанавливают IoT-датчики для непрерывного мониторинга уровня топлива в резервуарах, состояния оборудования и энергопотребления. Терминалы самообслуживания с сенсорными экранами и поддержкой бесконтактной оплаты (NFC, QR-коды) позволяют клиентам заправляться и совершать покупки без участия персонала. Системы распознавания номерных знаков (ANPR) автоматически идентифицируют автомобиль, привязывают его к аккаунту клиента и списывают средства. Цифровые панели и информационные табло отображают актуальные цены, акции и загруженность АЗС, а также показывают интерактивные карты с указанием ближайших сервисов.

Не менее важно развитие инфраструктуры для альтернативных видов топлива. Электрозарядные станции с быстрыми DC-устройствами (50-350 кВт) и станциями медленной зарядки (AC) становятся неотъемлемой частью современных комплексов. Для газомоторного топлива (CNG/LNG) используют компрессоры высокого давления и криогенные насосы, а заправочные колонки оснащают температурной компенсацией. Водородные заправочные комплексы включают электролизеры для производства водорода на месте, компрессоры высокого давления и специализированные пистолеты с контролем утечек. Для биотоплива (биодизель, биобензин) оборудуют отдельные резервуары и ТРК с системами фильтрации и контроля качества.

Роботизация затрагивает ключевые операции. Роботы-заправщики с манипуляторами и датчиками позиционирования автоматически открывают лючок бензобака и вставляют пистолет, минимизируя риск разливов. Автоматизированные мойки (туннельные и портальные) предлагают программируемые режимы очистки, а роботизированные руки точечно обрабатывают сложные участки. Шиномонтажные роботы заменяют и балансируют колёса с высокой точностью, параллельно диагностируя состояние шин.

Многофункциональность реализуется через оборудование сервисных зон. Торговые автоматы и мини-маркеты оснащают холодильными витринами с климат-контролем, кассами самообслуживания с весовыми датчиками и вендинговыми аппаратами для кофе, снеков и автохимии. В зонах питания устанавливают кофемашины с автоматическим приготовлением напитков, печи для разогрева блюд и холодильники для продуктов. Сервисные модули включают аппараты для подкачки шин с цифровыми манометрами, пылесосы самообслуживания и станции для долива технических жидкостей.

Экологические и энергоэффективные решения становятся стандартом. Солнечные панели на крышах и навесах, а также ветрогенераторы обеспечивают автономность удалённых АЗС. Локальные очистные сооружения и установки улавливания паров топлива снижают загрязнение окружающей среды, а сепараторы собирают нефтепродукты из ливневых стоков. Светодиодное освещение с датчиками движения, тепловые насосы и системы рекуперации тепла сокращают энергопотребление. Контейнеры для раздельного сбора отходов, прессы для пластика и шин, биореакторы для органики позволяют организовать переработку прямо на территории станции.

Безопасность и контроль качества обеспечиваются комплексом оборудования. Системы видеонаблюдения с ИИ-аналитикой выявляют нештатные ситуации, распознают лица и номера автомобилей. Датчики контроля утечек (сенсоры газа и паров топлива) автоматически отключают подачу топлива при угрозе аварии. Портативные анализаторы качества топлива, приборы для измерения октанового/цетанового числа и детекторы примесей гарантируют соответствие продукции стандартам. Противопожарные системы – автоматические огнетушители, спринклеры и дымовые извещатели с GSM-оповещением – минимизируют риски возгораний.

Внедрение современного оборудования превращает АЗС из простых точек продажи топлива в высокотехнологичные сервисные комплексы. Такие станции работают быстрее и точнее, снижают эксплуатационные затраты и риски аварий, предлагают клиентам широкий спектр услуг и соответствуют строгим экологическим нормам. Несмотря на значительные первоначальные инвестиции, эти решения окупаются за счёт роста лояльности потребителей, оптимизации логистики и сокращения потерь. В перспективе – дальнейшее развитие «умных» АЗС с полной автоматизацией, где роботизированные системы и ИИ возьмут на себя большинство операций, а клиент получит бесшовный и персонализированный сервис.

Список литературы

1. Стребков С.В. Оборудование и эксплуатация нефтебаз и автозаправочных станций / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, С.В. Ковалев. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина, 2024. – 145 с.

2. Патент на полезную модель № 196799 U1 Российская Федерация, МПК B08B 3/04. Стенд для мойки деталей и промывки масляных каналов коленчатых валов двигателей : № 2019138654 : заявл. 28.11.2019 : опубл. 16.03.2020 / А.А. Добрицкий, А.В. Сахнов, Н.Ф. Скурятин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина». – EDN MBYMML.

УДК 631.3:658.512

ОБУЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА МЕТОДАМ СОВРЕМЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ

Крамской А.Г., Титова И.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Современный этап развития агропромышленного комплекса характеризуется активным внедрением высокотехнологичной сельхозтехники. Машины оснащаются электронными системами управления, бортовыми компьютерами и датчиками мониторинга, что кардинально меняет требования к квалификации обслуживающего персонала [1]. Сегодня механику недостаточно владеть традиционными навыками ремонта – необходимо уметь работать с диагностическим оборудованием, расшифровывать коды ошибок и анализировать параметры работы агрегатов. Дефицит таких специалистов оборачивается серьёзными потерями: от неверной постановки диагнозов и необоснованных замен узлов до увеличения простоев техники и сокращения ресурса машин из-за несвоевременного выявления дефектов [2]. В этой связи системное обучение персонала становится не просто желательным, а обязательным условием эффективного технического сервиса в АПК.

В современной практике технического обслуживания сельхозтехники применяются разнообразные методы диагностики, каждый из которых требует специальной подготовки. Компьютерная диагностика электронных блоков управления осуществляется с помощью сканеров, адаптеров и специализированного программного обеспечения. Для выявления дисбалансов и износа подшипников используют вибродиагностику [3]. Тепловизионный контроль позволяет обнаруживать перегрев узлов на ранних стадиях. Эндоскопия даёт возможность исследовать внутренние полости двигателей и трансмиссий без разборки. Анализ масел и рабочих жидкостей (с применением спектрометрии и феррографии) помогает оценить степень износа деталей. Акустическая диагностика эффективна для выявления утечек и скрытых дефектов. Освоение этих методов требует от специалистов не только теоретических знаний, но и практических навыков работы с высокотехнологичным оборудованием.

Программы подготовки по методам современной диагностики разрабатываются с учётом специфики задач различных категорий персонала. В первую очередь это механики и слесари сервисных центров, которые непосредственно занимаются ремонтом и обслуживанием техники. Не менее важны операторы современной сельхозтехники, способные проводить первичную диагностику и своевременно сообщать о неполадках. Инженеры по эксплуатации нуждаются в углублённых знаниях для планирования профилактических работ и анализа состояния парка машин. Кроме того, программы обучения полезны для специалистов по закупкам, которым необходимо понимать технические требования к запчастям и диагностическому оборудованию. Для каждой группы разрабатываются модули, ориентированные на решение конкретных профессиональных задач.

Эффективная программа обучения строится на сочетании теории и практики. Теоретический блок охватывает принципы работы основных систем сельхозтехники, типовые неисправности и методы их выявления. Практикум предполагает работу с реальным диагностическим оборудованием: сканерами, тепловизорами, виброанализаторами и другими приборами. Важную часть обучения составляет разбор кейсов – анализ реальных ситуаций отказов техники, что позволяет закрепить навыки поиска дефектов. Слушатели осваивают алгоритмы диагностики, учатся интерпретировать данные и принимать обоснованные решения. Особое внимание уделяется работе с программным обеспечением производителей техники – от базовых операций до углублённого анализа параметров. Завершается курс экзаменом, включающим практическую часть, где слушатели демонстрируют приобретённые навыки. Объём и глубина программы варьируются в зависимости от уровня подготовки участников.

Для достижения максимального эффекта используется комбинация различных форм обучения. Очные тренинги на базе сервисных центров позволяют отрабатывать навыки на реальном оборудовании под руководством опытных наставников. Онлайн-курсы с виртуальными симуляторами диагностики дают возможность изучать материал в удобном темпе и повторять сложные темы. Стажировки у производителей техники обеспечивают доступ к передовым технологиям и методикам. Мастер-классы от отраслевых экспертов обогащают программу практическими кейсами и нестандартными решениями. Дистанционное сопровождение на первых этапах самостоятельной работы помогает слушателям закреплять знания и получать оперативную обратную связь. Такой комбинированный подход способствует глубокому усвоению материала и формированию устойчивых профессиональных компетенций.

Список литературы

1. Романченко М.И. Диагностика и техническое обслуживание машин : лабораторный практикум / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2011. – 76 с. – EDN UIABVJ.

2. Романченко М.И. Диагностирование топливных насосов высокого давления по моменту начала нагнетания топлива / М.И. Романченко // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 57–64. – EDN ZHCEFN.

3. Романченко М.И. Транспорт в сельскохозяйственном производстве : Лекционный курс для студентов инженерного факультета специальности 11.03.01 «Механизация сельского хозяйства» / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2008. – 128 с. – EDN UIABYL.

УДК 502.681.3

ОБЩИЕ ОСОБЕННОСТИ БЕСПИЛОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ В МТА И АВТОМОБИЛЯХ

Снятков Е.В., Чухлебов В.А.
ФГБОУ ВО ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, России

Современные беспилотные МТА, опираются на работу трёх систем, которые передают между собой информацию и затем обрабатывается системой, которые условно подразделяются на: сенсоры (глаза), вычислительная система мониторинга (мозг) и исполнительные механизмы (руки и ноги).

На автомобилях, осуществляющих перевозку продукции или сырья, камеры следят за расположением и видами дорожных знаков, особенностями нанесения и видами разметки, а также за скоростью и направлению движения. Камеры, которые установлены на МТА следят за границами обработанной части поля и той части, где необходимо провести работы, а также за типом культур.

Лидары (устройство обнаружения и определения дальности с помощью света) работает с высокой частотой, испуская большое количество импульсов результатом проведенной работы является трехмерная модель объектов и окружающей среды. Особенностью работы его на автомобиле является большая частота обновления, потому что обстановка меняется мгновенно, и каждая миллисекунда может повлиять на исход действия, работа устройства рассчитана на 200-300 метров. Лидары применяемые на МТА могут работать и на меньших дистанциях, но из-за условий, возникающих в результате их деятельности оборудование должно быть устойчиво к наличию большого количества пыли и других мелких частиц от собираемой культуры.

Радар дополняет лидары в условиях плохой погоды. Он практически не поглощается атмосферными осадками, что способствует точности работы его во время дождя, снега, тумана и пылевых бурь.

Объём данных, которые были получены с помощью сенсоров и камер, требуют обработки, которой занимается сложная вычислительная техника. Особенностью компьютера для МТА является усиленная защита его от вибрации, пыли и перепадов температур.

Развитие современных технологий активно повлияло на различные системы, которые способствуют обработке полученных данных на самом объекте и дальнейшей передачи её в облачные базы хранения. Эти особенности улучшают возможности работы с данными в реальном времени.

Для автомобилей критически важно распознавание множества классов объектов: легковых автомобилей, грузовиков, мотоциклов, пешеходов, велосипедистов, дорожных знаков, светофоров. МТА требуется более узкая классификация распознавания следующих объектов: край обрабатываемого поля, особенности рельефа и распознавания культуры.

Российская разработка Cognitive Agro Pilot использует нестандартный подход: система опирается преимущественно на данные с одной видеокамеры и

нейросетевую обработку, а не на лидары и GPS. Это снижает стоимость решения и упрощает интеграцию с существующей техникой.

Алгоритмы обнаружения препятствий, разработанные для автомобилей, адаптируются для МТА. Разница лишь в настройках чувствительности и приоритетах распознавания.

Список литературы

1. ГОСТ Р 70249-2022. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Высокоавтоматизированные транспортные средства. Термины и определения [Текст]-Введ.. 2023-01.01
2. ГОСТ Р 70250-2022. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Варианты использования и состав функциональных подсистем искусственного интеллекта [Текст]-Введ. 2023-01.01
3. ГОСТ Р 70251-2022. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов обнаружения и распознавания препятствий. [Текст]-Введ. 2023-01.01
4. ГОСТ Р 70252-2022. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов низкоуровневого слияния данных [Текст]-Введ. 2023-01.01
5. ГОСТ Р 70253-2022. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов обнаружения и реконструкции структуры перекрестков [Текст]-Введ. 2023-01.01
6. ГОСТ Р 70254-2022. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов прогнозирования поведения участников дорожного движения [Текст]-Введ. 2023-01.01
7. ГОСТ Р 70255-2022. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов обнаружения и распознавания дорожных знаков [Текст]-Введ. 2023-01.01
8. ГОСТ Р 70256-2022. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов контроля обочины и полосы движения [Текст]-Введ. 2023-01.01
9. Трактор разумный: что умеет беспилотная сельхозтехника и кто ее создает // Истовой инженер [сайт] -2024//URL:https://engineer.yadro.com/note/intelligent-agriculture/ (дата обращения 7.02.2026)

УДК 631.3-52:621.396.96

ОГРАНИЧЕНИЯ И ВЫЗОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Шаповал Е.А., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Несмотря на очевидные преимущества, использование портативных диагностических комплексов сопряжено с определёнными ограничениями и вызовами. Высокая стоимость качественного оборудования и специализированного программного обеспечения может оказаться существенной финансовой нагрузкой для небольших сельскохозяйственных предприятий [1]. Даже относительно простые диагностические сканеры требуют от оператора определённого уровня понимания принципов работы основных систем трактора или комбайна, что обусловливает необходимость дополнительного обучения персонала. Следует учитывать, что спектр выявляемых дефектов ограничен — например, микротрещины в блоках цилиндров невозможно обнаружить без использования стационарного оборудования. Внешние условия эксплуатации, такие как пыль, влага и вибрация, способны оказывать негативное влияние на точность проводимых измерений. Особую сложность представляет диагностика устаревшей техники, многие модели которой не оснащены электронными блоками управления и требуют применения иных методов контроля. Кроме того, для поддержания актуальности диагностики необходимо регулярно обновлять базы данных программного обеспечения, адаптируя их под новые модели и модификации сельскохозяйственных машин.

Практика демонстрирует эффективность портативных диагностических комплексов в различных рабочих сценариях [2]. В период посевной кампании такие системы позволяют оперативно диагностировать двигатели при первых признаках нестабильной работы, предотвращая длительные остановки техники непосредственно на поле. Во время уборочной страды комплексы обеспечивают непрерывный контроль состояния трансмиссий и гидравлических систем комбайнов, позволяя выявлять утечки и износ компонентов без необходимости демонтажа узлов. В межсезонье портативные системы используются для тщательной проверки техники перед консервацией или выводом из простоя, что способствует выявлению скрытых дефектов и подготовке машин к следующему рабочему циклу. Для удалённых сельскохозяйственных предприятий такие комплексы становятся незаменимым инструментом обслуживания машин в отдалённых филиалах без необходимости выезда сервисных бригад. В аварийных ситуациях портативные системы позволяют быстро оценить возможность дальнейшего самостоятельного перемещения машины до места ремонта, минимизируя риски дополнительных повреждений.

Перспективы совершенствования портативных диагностических комплексов связаны с внедрением ряда инновационных решений. Интеграция с телематическими системами открывает возможности удалённой передачи диагности-

ческих данных в сервисные центры, что позволяет получать квалифицированные консультации и осуществлять прогнозирование возможных отказов [3]. Использование технологий искусственного интеллекта даёт возможность анализировать большие массивы данных для выявления типовых паттернов неисправностей и формирования персонализированных рекомендаций по ремонту. Миниатюризация датчиков и внедрение беспроводных модулей мониторинга позволяют организовать постоянное наблюдение за состоянием критически важных узлов без вмешательства в работу машины. Расширение баз знаний за счёт включения трёхмерных моделей агрегатов, видеоинструкций и детально проработанных алгоритмов пошаговой диагностики существенно повышает доступность и эффективность использования комплексов [4]. Повышение защищённости систем, включая устойчивость к электромагнитным помехам и кибератакам при обмене данными, становится необходимым условием надёжной эксплуатации. Унификация интерфейсов и создание универсальных адаптеров для техники различных производителей способствует упрощению работы операторов и снижению затрат на обслуживание парка машин.

Использование портативных диагностических комплексов приносит ощутимый экономический и социальный эффект. Прежде всего, достигается существенное снижение простоев техники благодаря оперативной локализации неисправностей, что экономит время и ресурсы предприятия. Раннее выявление признаков износа позволяет предотвратить дорогостоящие капитальные ремонты и тем самым продлить ресурс эксплуатации машин. Обучение механизаторов основам диагностики повышает их квалификацию и снижает зависимость хозяйства от внешних сервисных служб. Анализ данных о состоянии узлов помогает оптимизировать закупки запасных частей, исключая формирование избыточных складских запасов. В совокупности эти факторы формируют устойчивую экономическую модель технического обслуживания сельскохозяйственной техники, повышая рентабельность и конкурентоспособность агропредприятий.

Список литературы

1. Романченко М.И. Диагностирование дизеля по моменту начала нагнетания топлива / М.И. Романченко, А.С. Новицкий // Сельский механизатор. 2019. № 12. – С. 40–42. – EDN MXEIZB.

2. Романченко М.И. Диагностирование топливных насосов высокого давления по моменту начала нагнетания топлива / М.И. Романченко // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», посвященной 40-летию Белгородского ГАУ, Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 57–64. – EDN ZHCEFN.

3. Макогонов П.А. Необходимость совершенствования методов диагностирования ЦПГ двигателя / П.А. Макогонов, М.И. Романченко // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции. В 4-х томах, Майский, 18–19 марта 2020 года. Том 3. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 140. – EDN GBPSHZ.

4. Романченко М.И. Технология диагностирования сельскохозяйственной техники : Лекционный курс / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2012. – 128 с. – EDN UIABVT.

УДК 631.331.024

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПЛОТНЯЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛОЖЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СОШНИКА

Усанкин В.К.
Научный руководитель – к.т.н., доцент **Овтов В.А.**
ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, г. Пенза, Россия

Применение энергосберегающих технологий позволяет добиваться оптимального по густоте и равномерности размещения растений по площади питания и получения высокопродуктивных урожаев возделываемых культур [1-4]. Не является исключением и мелкосемянные культуры, такие как сорго, просо, амарант, рапс, горчица, лен и другие, которые являются ценными в качестве сырья в пищевой, фармацевтической и других отраслях промышленности.

При посеве мелкосеменных культур важное значение имеет уплотнение почвы (создание плотного ложа для семян) [2-5]. Так как при этом благодаря притоку влаги и повышению температуры происходит быстрое и одновременное прорастание семян. Наиболее благоприятные условия, когда семена лежат на твердом ложе при плотности ($\rho \geq 1{,}2$ г/см^3), а сверху прикрыты менее плотным слоем почвы. В таких условиях к плотному ложу по капиллярам энергично поступает влага из нижних слоев, а верхний, менее плотный слой почвы, благоприятствует проникновению воздуха к семенам и быстрому их прорастанию.

Под деформацией почвы понимают разрушение ее естественного сложения, изменение взаимного расположения слагающих ее частиц, агрегатов, комков, а также разрушение последних, если нагрузка превышает их прочность при сжатии [2, 6]. Наиболее энергоемкой является деформация сжатия. При влажности 22…24% глинистого чернозема напряжения сжатию $\sigma_{сж}$ составляет 0,096 МПа [26].

Спроектированный полозовидный сошник с ложеобразователем по патенту полученным Пензенским ГАУ [7] позволит обеспечить необходимую плотность дна посадочной борозды при посеве мелкосеменных культур.

Сила, воздействующая на почву через ложеобразователь семян полозовидного сошника, должна обеспечивать плотность почвы дна борозды около 1,2 г/см^3. При этом уплотняющая способность ложеобразователя семян зависит от его площади контакта с почвой и нагрузки.

$$\sigma_{сж} = \frac{Q}{A},$$

где A – площадь контакта ложеобразователя с почвой, мм^2;

Q – нагрузка, Н.

Длина дуги окружности

$$l_д = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{180},$$

где R – радиус дуги, мм, R=34 мм;

α – центральный угол, град, α =24°.

$$l_д = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{180} = \frac{3{,}14 \cdot 34 \cdot 24}{180} = 14{,}24 \text{ мм}.$$

Площадь контакта ложеобразователя с почвой

$$A = b \cdot l_д = 34 \cdot 14{,}24 = 484 \text{ мм}^2.$$

Следовательно, нагрузка при спроектированных параметрах ложеобразователя и его уплотняющей способности равной напряжению сжатия $\sigma_{сж}$ составит

$$Q = \sigma_{сж} \cdot A = 0{,}096 \cdot 484 = 46{,}5 \text{ Н}.$$

Уплотняющая способность ложеобразователя (Н/м^2) определялась при постоянной нагрузке создаваемой загружающей пружиной в зависимости от его ширины при постоянном радиусе дуги.

В результате обработки результатов расчетов была получена зависимость уплотняющей способности ложеобразователя от от его ширины

$$\sigma_{сж} = 0{,}20693 - 0{,}0314 \cdot b$$

Полученное аппроксимирующее уравнение описывает зависимость уплотняющей способности ложеобразователя от его ширины с вероятностью достоверности 0,999%.

Список литературы

1. Волков М.И. Методика испытаний на износ дисков сошников и результаты её отработки / М.И. Волков // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2024. № 3 (43). – С. 5–12. – EDN GEPYXZ.

2. Овтов В.А. Обоснование конструкции сошника для посева мелкосеменных культур / В.А. Овтов, М.Ю. Абросимов // Аграрный научный журнал. 2020. № 8. – С. 89–92. – DOI 10.28983/asj.y2020i8pp89-92. – EDN DBBURN.

3. Результаты полевых испытаний пропашной сеялки 2bq-8F-MTR в агрегате с тракторами 2 класса / М.А. Терехин, А.А. Тыкушин, М.А. Семаев [и др.] // Нива Поволжья. 2024. № 4 (72). – DOI 10.36461/NP.2024.72.4.004. – EDN OYRFWL.

4. Обоснование геометрических параметров сводоразрушителя бункера луковой сажалки / В.А. Овтов, В.В. Шумаев, А.В. Яшин, А.А. Орехов // Сельский механизатор. 2021. № 12. – С. 14–15. – EDN DXSCYM.

5. Трансформация агрофизических свойств чернозёма под влиянием элементов агротехнологии / Н.И. Клостер, В.В. Лоткова, В.Б. Азаров [и др.] // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 1 (27). – С. 97–106. – DOI 10.24888/2541-7835-2023-27-97-106. – EDN PJVJVR.

6. Овтов В.А. Напряженно-деформированный анализ деталей и узлов посевной секции зерновой сеялки / В.А. Овтов, А.В. Яшин, Д.Ю. Халеев // Аграрный научный журнал. 2021. № 5. – С. 96–98. – DOI 10.28983/asj.y2021i5pp96-98. – EDN TKFKVJ.

7. Патент № 2743797 C1 Российская Федерация, МПК A01C 7/20. Полозовидный сошник: № 2020125972: заявл. 29.07.2020: опубл. 26.02.2021 / В.А. Овтов, В.М. Гудин; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет». – EDN WTFQKR.

УДК 631.3-52:629.3.018.7

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТО ДВИГАТЕЛЕЙ ТРАКТОРОВ С УЧЁТОМ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Козлов И.А., Батырев Е.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Актуальность исследования обусловлена ростом эксплуатационных затрат в агропромышленном комплексе, вызванным применением унифицированных регламентов технического обслуживания, не учитывающих региональные особенности. В Белгородской области континентальный климат с резкими температурными перепадами и летними пыльными бурями существенно ускоряет износ ключевых узлов двигателя [1]. При этом стандартные интервалы ТО, ориентированные исключительно на наработку в моточасах, не позволяют предотвратить преждевременные отказы техники.

Климатические условия региона оказывают многофакторное влияние на работоспособность двигателей. В зимний период при температурах ниже 0°С возрастает вязкость масла, что провоцирует повышенные пусковые износы, а также наблюдается конденсация влаги в картере, ведущая к коррозии. Летний сезон с температурами свыше +30°С сопряжён с риском перегрева системы охлаждения и ускоренным старением масла из-за высокой запылённости. В межсезонье (апрель, октябрь) суточные перепады температуры до 15°С создают термоциклические нагрузки, негативно влияющие на ресурс узлов.

На основе проведённого анализа предложены корректировки периодичности ТО для разных сезонов [2]. В зимний период (ноябрь-март) рекомендуется сократить интервал замены масла на 20% и осуществлять контроль антифриза каждые 100 моточасов. В летний период (июнь-август) целесообразно менять воздушные фильтры каждые 250 моточасов вместо стандартных 500, а также проверять систему охлаждения каждые 150 моточасов. В весенне-осенний период (апрель, май, сентябрь, октябрь) необходим визуальный контроль уплотнений и патрубков каждые 200 моточасов.

Экономическая эффективность предложенных мер подтверждается прогнозными расчётами [3]. Ожидается снижение простоев техники на 15…20%, сокращение затрат на внеплановые ремонты на 25…30% и увеличение межремонтного ресурса двигателей на 10…15%.

Для практического внедрения результатов исследования рекомендуется использовать сезонные чек-листы ТО для механиков, применять масла с вязкостью 10W−40 в зимний период и 15W−40 летом, а также устанавливать дополнительные воздухоочистители с предфильтрами в пыльный сезон.

Таким образом, дифференцированный подход к периодичности ТО с учётом климатических периодов позволяет существенно повысить надёжность сельскохозяйственной техники, снизить эксплуатационные затраты и продлить срок службы двигателей в условиях Белгородской области.

Список литературы

1. Стребков С.В. Свойства бензина и эксплуатационная надежность двигателя / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 169 с. – ISBN 978-5-605-01367-9. – EDN HZLKMS.

2. Лихолетов В.Н. Технический сервис сельскохозяйственной техники Германии и Швейцарии / В.Н. Лихолетов, М.И. Романченко // Материалы международной студенческой научной конференции, Белгород, 31 марта – 01 апреля 2015 года. Том 2. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2015. – С. 46. – EDN VUAOGD.

3. Новицкий А.С. Комплесный критерий оценки эксплуатационных свойств моторных масел / А.С. Новицкий, Е.С. Батырев // Цифровые и инженерные технологии в АПК : Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 25 ноября 2021 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2022. – С. 53–55. – EDN ZWASUH.

4. Цыпкина И.В. Определение качества услуг по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей / И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 01 декабря 2022 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 57–60. – EDN JSIBRZ.

УДК 631.354:62-82

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ГИДРОПРИВОДОВ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Денежко А.А., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Зерноуборочные комбайны играют ключевую роль в технологическом цикле уборки урожая: от их производительности напрямую зависят сроки и качество сбора зерновых культур. В конструкции комбайнов гидроприводы отвечают за функционирование множества узлов – от подъёма и опускания жатки до управления выгрузным шнеком.

В период интенсивной сезонной эксплуатации гидросистемы испытывают значительные нагрузки. Это приводит к ряду проблем: снижению КПД из-за утечек и внутренних перетёчек, перегреву рабочей жидкости, ускоренному износу уплотнений и подвижных соединений, а также к нестабильности работы исполнительных механизмов.

Оптимизация гидроприводов способна существенно повысить надёжность комбайнов, сократить время простоя и снизить эксплуатационные затраты. Учитывая рост стоимости сельхозтехники и дефицит квалифицированных механиков, решение этой задачи становится особенно важным для агропромышленного комплекса.

Гидросистема зерноуборочного комбайна представляет собой сложный комплекс компонентов, взаимодействующих для обеспечения работы машины [1]. Центральным элементом выступает насос – шестерённый или аксиально-плунжерный, который создаёт поток рабочей жидкости. Этот поток направляется к исполнительным механизмам через распределители с ручным или электроуправлением.

Преобразование гидравлической энергии в механическое движение осуществляется гидроцилиндрами и гидромоторами. Для поддержания качества и температуры рабочей жидкости предусмотрены фильтры и охладители. Гидроаккумуляторы сглаживают пульсации давления [2], а контрольно-измерительные приборы – манометры и датчики температуры – обеспечивают мониторинг состояния системы.

Характерные особенности гидроприводов комбайнов включают многоконтурность: отдельные гидравлические линии обслуживают жатку, ходовую часть и выгрузное устройство. К системе предъявляются высокие требования по точности позиционирования, например при регулировке высоты среза. При этом работа происходит в сложных условиях – при повышенной запылённости и вибрациях, что неизбежно ускоряет износ компонентов.

Практика эксплуатации показывает, что гидроприводы комбайнов подвержены ряду характерных неисправностей. Одной из наиболее распространённых проблем являются утечки рабочей жидкости. Они возникают из-за износа

уплотнений, повреждений шлангов или ослабления соединений, что приводит к падению давления и загрязнению рабочей зоны.

Перегрев гидросистемы также встречается часто. Его причинами могут стать засорение охладителя, недостаточный уровень жидкости или перегрузка насоса. Последствия серьёзны: деформация уплотнений и снижение вязкости масла ухудшают работу всей системы.

Загрязнение рабочей жидкости – ещё одна типичная проблема [3]. Попадание пыли, продуктов износа и воды провоцирует заклинивание распределителей и абразивный износ пар трения.

Отказ насосов – серьёзная неисправность, сопровождающаяся падением производительности и шумом. Её причинами могут быть кавитация, перегрев или механическое повреждение.

Наконец, сбои в системе управления – обрывы электропроводки, выход из строя датчиков, коррозия контактов – нарушают точность регулирования и требуют оперативного вмешательства.

Выявление неисправностей гидроприводов осуществляется с помощью различных методов. Визуальный осмотр позволяет обнаружить утечки, повреждения шлангов и проверить уровень жидкости в баке.

Измерение давления – ещё один важный инструмент диагностики. С помощью манометров и датчиков проверяют номинальное и максимальное давление на разных участках системы, что помогает выявить проблемные зоны.

Анализ рабочей жидкости даёт ценную информацию о состоянии гидросистемы. Лабораторные исследования определяют вязкость, содержание воды и механических примесей, позволяя прогнозировать износ компонентов.

Тепловизионный контроль эффективен для выявления локальных перегревов – например, в зоне распределителей или насосов. Это позволяет обнаружить скрытые дефекты до их критического развития.

Современные комбайны оснащаются системами телеметрии, обеспечивающими компьютерную диагностику. С их помощью считывают ошибки из бортового контроллера и анализируют параметры в реальном времени: давление в основных контурах, температуру рабочей жидкости, частоту вращения насоса и время наработки узлов. Такой мониторинг позволяет оперативно реагировать на отклонения и планировать профилактические мероприятия.

Список литературы

1. Романченко М.И. Технология диагностирования сельскохозяйственной техники : Лекционный курс / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2012. – 128 с. – EDN UIABVT.

2. Романченко М.И. Технология диагностирования сельскохозяйственной техники : Курс лабораторно-практических работ / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2011. – 167 с. – EDN UHZUIT.

3. Ковалев С.В. Инженерная этика и ее роль в профессиональном развитии / С.В. Ковалев, А.С. Новицкий, М.Г. Букат // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 17–18. – EDN FBLFUD.

УДК 628.8:621.792.4

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЕНТИЛЯЦИИ В ПОКРАСОЧНЫХ КАМЕРАХ

Бондаренко И.А., Ковалев С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Покрасочные камеры в агропромышленном комплексе представляют собой зоны повышенного риска из-за выделения токсичных паров и аэрозолей лакокрасочных материалов. Грамотно организованная система вентиляции не только обеспечивает безопасность персонала, но и напрямую влияет на качество окраски сельскохозяйственной техники, а также позволяет соблюсти требования охраны труда и пожарной безопасности.

В процессе окраски сельскохозяйственной техники в воздух рабочей зоны выделяются опасные вещества [1]. Пары растворителей, таких как бензин и уайт-спирит, обладают высокой взрывоопасностью. Аэрозоли лакокрасочных материалов загрязняют воздух, а летучие органические соединения оказывают токсическое воздействие на организм работников. Дополнительно возникают избыточное тепло от сушильного оборудования и мелкодисперсная пыль после шлифовки и подготовки поверхностей. Без эффективной вентиляции эти факторы создают риск отравлений и пожаров, приводят к снижению качества покрытия и ускоренному износу оборудования.

Для покрасочных камер чаще всего используют приточно-вытяжную механическую вентиляцию, которая обеспечивает стабильный воздухообмен. Приточный воздух подаётся через фильтры и распределяется равномерно [2], а вытяжные вентиляторы эффективно удаляют загрязнённые массы.

В дополнение к основной системе нередко устанавливают местные отсосы непосредственно у источников выделения вредных веществ – например, у постов распыления или в сушильных камерах. Это позволяет забирать воздух прямо из зоны окраски и снижать общую нагрузку на систему.

Для работы с взрывоопасными средами подходят эжекторные системы. Эжекторы создают зону пониженного давления и увлекают загрязнённый воздух без прямого контакта с вентилятором, что существенно снижает риск искрообразования.

На случай аварийных ситуаций предусматривают аварийную вентиляцию. Она активируется при превышении предельно допустимых концентраций вредных веществ или угрозе возгорания и обеспечивает быстрый сброс давления и удаление опасных смесей.

Оптимальная схема воздухообмена строится на нескольких принципах. Забор воздуха организуют так, чтобы примерно треть поступала из верхней зоны – это необходимо для удаления лёгких паров, – а две трети – из нижней зоны, что позволяет эффективно улавливать аэрозоли и тяжёлые газы.

Приточный воздух подают через подшивной потолок с фильтрующими кассетами. Такой подход создаёт равномерный нисходящий поток, который предотвращает завихрения и способствует качественному нанесению краски.

Важно поддерживать отрицательное давление в камере относительно смежных помещений – это исключает распространение паров за пределы зоны окраски [3]. Кроме того, предусматривают однократный обмен воздуха из верхней зоны над источниками тепла, например, над сушильными установками.

Система вентиляции включает ряд важных элементов, обеспечивающих её надёжность и эффективность. Вентиляторы выполняют во взрывозащищённом исполнении – с искробезопасными материалами и герметичными корпусами. На притоке устанавливают фильтры тонкой очистки, которые задерживают пыль и улучшают качество покрытия. На вытяжке монтируют угольные или каталитические фильтры для нейтрализации летучих органических соединений.

Обратные клапаны на воздуховодах предотвращают обратный поток воздуха, а автоматические газосигнализаторы контролируют концентрацию паров. При превышении норм они блокируют оборудование, предотвращая опасные ситуации. Кроме того, все воздуховоды и оборудование заземляют, что снижает риск накопления статического электричества.

При разработке системы вентиляции учитывают множество факторов. Габариты камеры и тип окрашиваемой техники – тракторы, комбайны или навесное оборудование – определяют объём и конфигурацию системы. Технология окраски (распыление, окунание или нанесение кистью) влияет на интенсивность выделения вредных веществ и, соответственно, на требуемую мощность вентиляции.

Организация вентиляции в покрасочных камерах агропромышленного комплекса – сложная задача, требующая комплексного подхода. Необходимо учитывать технологические особенности окраски, требования безопасности, экономические и экологические факторы. Внедрение современных решений, таких как эжекторные системы, высокоэффективные фильтры и автоматизированный контроль параметров воздуха, повышает надёжность производства, снижает экологическую нагрузку и улучшает условия труда. Перспективные направления развития связаны с интеграцией систем вентиляции с технологиями дожигания паров и цифровизацией мониторинга воздушной среды.

Список литературы

1. Стребков С.В. Технология ремонта машин : учебно-методическое пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 181 с. – EDN GTLALV.

2. Ковалев С.В. Тракторист-машинист сельскохозяйственного производства : Учебно-методическое пособие / С.В. Ковалев, В.М. Порицкий. Том Часть 1. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 78 с. – EDN QTJWSY.

3. Базов А.Р. Организация технического обслуживания и ремонта СХТ в агропредприятиях / А.Р. Базов, И.В. Цыпкина // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VII Международной студенческой научной конференции, Майский, 25-27 февраля 2025 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – С. 144–145. – EDN MDCAXA.

УДК 631.3:658.58

ОРГАНИЗАЦИЯ МОБИЛЬНЫХ РЕМОНТНЫХ БРИГАД: ОПЫТ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Гребцов А.В., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В условиях агропромышленного комплекса особую значимость приобретает оперативная техническая поддержка сельхозтехники – в период посевной и уборочной кампаний даже кратковременные простои ведут к существенным экономическим потерям. Традиционные стационарные ремонтные мастерские не всегда способны обеспечить требуемую скорость реагирования: удалённость полей, сезонная концентрация работ и дефицит квалифицированных кадров создают системные сложности [1]. В этом контексте организация мобильных ремонтных бригад становится эффективным решением, позволяющим минимизировать время восстановления техники за счёт приближения сервиса к месту эксплуатации.

Суть подхода заключается в формировании автономных бригад, оснащённых передвижными ремонтными модулями (на шасси грузовиков или прицепов). Такие модули включают: комплект слесарного и диагностического оборудования, запас расходных материалов и запчастей первой необходимости, средства связи и навигации. Ключевое преимущество – возможность проводить текущий ремонт и техническое обслуживание непосредственно в поле, не дожидаясь транспортировки машины в мастерскую. Это особенно актуально для крупных хозяйств с распределёнными земельными массивами и для кооперативов, обслуживающих технику нескольких фермеров.

Опыт внедрения мобильных бригад демонстрирует ряд преимуществ. Прежде всего, сокращается время реагирования на неисправности: бригада прибывает на место в течение 1..2 часов вместо 4…8 часов при вызове в стационар. Во-вторых, снижается транспортная нагрузка – нет необходимости перегонять неисправную технику на дальние расстояния. В-третьих, повышается коэффициент технической готовности парка: оперативное устранение мелких дефектов предотвращает их перерастание в серьёзные поломки. В-четвёртых, оптимизируются складские запасы – часть запчастей распределяется между мобильными модулями, что уменьшает потребность в централизованном хранении.

Эффективность работы бригад зависит от нескольких ключевых факторов. Важнейший из них – квалификация персонала: механики должны владеть навыками диагностики сложных систем (двигателей, гидравлики, электроники), уметь работать с портативными приборами и принимать решения в условиях ограниченного времени [2]. Не менее значима логистика: маршруты движения бригад планируются на основе данных мониторинга техники (GPS-трекеры, телеметрия), что позволяет заранее направлять специалистов в зоны с повышенной нагрузкой. Кроме того, критически важна система снабжения – регулярная доставка запчастей и расходных материалов к местам дислокации модулей.

Экономический эффект от внедрения мобильных бригад складывается из нескольких составляющих. Во-первых, сокращаются потери урожая из-за простоя техники: по оценкам хозяйств, это даёт прирост выручки на 5…10% в сезон. Во-вторых, снижаются транспортные расходы на эвакуацию машин – экономия достигает 15…20% от затрат на ремонт. В-третьих, уменьшается потребность в резервном парке техники, так как действующая техника быстрее возвращается в строй [3]. В-четвёртых, повышается производительность труда механиков за счёт сокращения времени на переезды и ожидания.

Вместе с тем организация мобильных бригад сопряжена с определёнными сложностями. Первоначальные затраты на оснащение модулей (оборудование, транспорт, связь) требуют значительных инвестиций. Кроме того, необходимо наладить систему учёта выполненных работ и расхода материалов в полевых условиях – здесь помогают специализированные мобильные приложения и облачные платформы. Ещё одна проблема – обеспечение безопасности персонала при работе в удалённых локациях, что требует чёткого регламента и средств экстренной связи.

Перспективы развития направления связаны с интеграцией цифровых технологий. Внедрение систем удалённой диагностики позволяет бригадам заранее получать данные о характере неисправности, что сокращает время поиска дефекта. Использование дополненной реальности (AR-очков) помогает механикам консультироваться с экспертами в режиме реального времени. Автоматизация учёта через мобильные терминалы ускоряет оформление актов выполненных работ и передачу данных в бухгалтерию. Кроме того, перспективно применение дронов для доставки мелких запчастей к месту ремонта, что особенно ценно в условиях бездорожья.

Список литературы

1. Базов А.Р. Организация технического обслуживания и ремонта СХТ в агропредприятиях / А.Р. Базов, И.В. Цыпкина // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VII Международной студенческой научной конференции, Майский, 25-27 февраля 2025 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – С. 144–145. – EDN MDCAXA.

2. Ковалев С.В. Инженерная этика и ее роль в профессиональном развитии / С.В. Ковалев, А.С. Новицкий, М.Г. Букат // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 17–18. – EDN FBLFUD.

3. Снижение трудоемкости ТОиР колесных тракторов / А.С. Новицкий, А.В. Бондарев, М.И. Романченко, Е.С. Батырев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 26–27. – EDN GLSOPL.

УДК 631.3+658.5+338.45

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ НА БАЗЕ ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Бессонов М.С., Цыпкина И.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Санкционные ограничения и логистические сложности обострили проблему поставок импортных комплектующих для сельхозтехники. В этих условиях организация собственного производства запчастей на базе фермерского хозяйства становится рациональным решением [1]. Оно позволяет снизить зависимость от внешних поставщиков, сократить сроки ремонта и оптимизировать эксплуатационные расходы, что особенно важно для малых и средних хозяйств.

Рост цен на оригинальные запчасти при ограниченном бюджете хозяйств, длительные сроки доставки дефицитных компонентов и наличие свободных производственных площадей в сельской местности формируют устойчивую экономическую базу для запуска локального производства [2]. Окупаемость проекта достигается при регулярном потреблении однотипных деталей – таких как валы, втулки и кронштейны, – что делает инициативу привлекательной для многих фермерских предприятий.

Для старта достаточно базового комплекта оборудования, включающего токарный и сверлильный станки, сварочный аппарат (полуавтомат или инвертор), шлифовальное оборудование и прессы для гибки и запрессовки. В условиях мелкосерийного выпуска 3…5 единиц техники с ручным управлением обеспечивают необходимый функционал. По мере расширения производства возможно приобретение более сложного и автоматизированного оборудования.

Ключевыми источниками материалов выступают вторичный металл (лом, отработавшие узлы), оптовые закупки сортового проката и сотрудничество с местными металлобазами. При этом критически важно соблюдать требования к марке стали и термообработке, чтобы обеспечить достаточный ресурс изготавливаемых деталей [3]. Грамотный выбор поставщиков и контроль качества сырья напрямую влияют на надёжность конечной продукции.

Для эффективной работы производства необходимы квалифицированные специалисты: токарь-универсал (2-3-й разряд), сварщик с допуском к работе с конструкционными сталями и слесарь-сборщик. Подготовку кадров можно организовать на базе местных техникумов либо через стажировки на промышленных предприятиях. Важным элементом является постоянное повышение квалификации персонала, что позволит осваивать новые технологии и расширять ассортимент выпускаемой продукции.

Стабильное качество продукции требует разработки чертежей и технологических карт, расчёта норм расхода материалов и времени, а также внедрения системы контроля качества с использованием калибров и штангенциркулей. В ряде случаев допустимо применение готовых решений из открытых баз данных по

сельхозмашиностроению. Чёткая регламентация процессов минимизирует брак и повышает доверие потребителей к продукции хозяйства.

Оптимальная схема работы включает последовательные этапы: приём заявок от механизаторов, дефектовку и подбор аналогов, раскрой заготовок, механическую обработку и сборку с последующими испытаниями [4]. При такой организации цикл изготовления простой детали занимает 1…2 смены. Важным условием эффективности является чёткое планирование загрузки оборудования и координация между исполнителями.

Обязательными элементами контроля выступают проверка геометрических параметров (размеры, допуски), прочность сварных швов и соответствие твёрдости материала установленным требованиям. Для реализации продукции сторонним заказчикам необходима добровольная сертификация по ГОСТ, которая подтвердит соответствие деталей отраслевым стандартам. Это расширяет рыночные возможности хозяйства и укрепляет его репутацию.

Ключевые показатели эффективности включают снижение себестоимости детали на 30…50% относительно рыночной цены, окупаемость оборудования за 12…18 месяцев и загрузку мощностей от 60% для достижения безубыточности. Проект становится рентабельным при годовом объёме выпуска от 500 единиц номенклатуры. Грамотное планирование и управление ресурсами позволяют хозяйству стабильно получать прибыль и наращивать производственный потенциал.

Среди основных рисков – низкое качество продукции из-за отсутствия опыта, простои оборудования при нерегулярных заказах и несоответствие деталей требованиям безопасности. Для их минимизации рекомендуется пилотный запуск с тестовой партией, заключение договоров с соседними хозяйствами для обеспечения стабильного спроса и привлечение консультантов из машиностроительной отрасли. Эти меры снижают вероятность неудач и ускоряют выход на плановые показатели.

Список литературы

1. Основы организации технического сервиса в агропромышленном комплексе : Учебник / И.Н. Кравченко, Ю.А. Кузнецов, А.В. Коломейченко [и др.]. – Москва : ООО «Издательство «КноРус», 2022. – 452 с. – (Бакалавриат и магистратура). – ISBN 978-5-406-08940-8. – EDN WHVHKI.

2. Совершенствование технологии мойки деталей при ремонте техники / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, С.В. Стребков [и др.] // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 51–54. – EDN NPDGML.

3. Стребков С.В. Приоритеты в организации и развитии Отечественной системы технического сервиса машин в АПК / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.С. Новицкий // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVIII Международной научно-производственной конференции, Майский, 10-11 июня 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 133–134. – EDN GKXPLC.

4. Стребков С.В. Технология ремонта машин : учебно-методическое пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 181 с. – EDN GTLALV.

УДК 631.3+629.3.018.2

ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ РЕГЛАМЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ИМПОРТНОЙ ТЕХНИКИ

Селютин А.А., Романченко М.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Эффективный регламент ТО предполагает продуманную систему складского обеспечения. В первую очередь формируется перечень критических запасных частей с учётом сроков их поставки от поставщиков. Создаётся страховой запас расходных материалов – фильтров, ремней, уплотнений, – чтобы минимизировать риски простоев техники. Проводится сертификация альтернативных поставщиков аналогов, гарантирующая качество заменяемых элементов. Кроме того, организуется контроль сроков хранения ГСМ и технических жидкостей, что предотвращает использование просроченных материалов и снижает вероятность поломок.

Успешная реализация регламентов ТО требует системной работы с персоналом. Необходимо организовать обучение сотрудников работе с электронными системами диагностики, включая освоение специализированного программного обеспечения. Целесообразны стажировки на базе официальных сервисных центров производителей, где механики могут получить практические навыки обслуживания высокотехнологичной техники. Для удобства работы разрабатываются подробные инструкции на русском языке, дополненные иллюстрациями и схемами. Важным элементом является внедрение системы контроля качества выполненных работ, позволяющей отслеживать соблюдение технологических процессов и своевременно выявлять отклонения.

Грамотно составленный и внедрённый регламент ТО приносит ощутимый экономический эффект. Прежде всего, он позволяет снизить внеплановые простои техники на 40…60%, что напрямую влияет на производительность сельскохозяйственных работ. Благодаря систематическому обслуживанию продлевается ресурс агрегатов на 20…35%, что сокращает частоту дорогостоящих ремонтов. Профилактический подход к ТО снижает общие расходы на ремонт, так как позволяет выявлять и устранять неисправности на ранних стадиях [1]. Кроме того, регламент оптимизирует затраты на закупку запчастей за счёт планирования потребностей и формирования долгосрочных контрактов с поставщиками. Окупаемость затрат на разработку и внедрение регламентов обычно достигается в течение 1…2 сельскохозяйственных сезонов.

Современные технологии открывают новые возможности для повышения эффективности технического обслуживания. Перспективным решением является внедрение электронных журналов учёта наработки и проведённых работ, что упрощает контроль и анализ данных. Мобильные приложения позволяют оперативно фиксировать выявленные дефекты и передавать информацию в центральную базу. Интеграция с системами телематики техники даёт возможность удалённого мониторинга состояния машин в реальном времени [2].

Автоматизированное формирование заявок на запасные части сокращает время на логистические процессы и минимизирует ошибки. Эти цифровые инструменты повышают прозрачность и оперативность обслуживания, а также способствуют снижению эксплуатационных затрат.

Внедрение регламентов ТО целесообразно проводить поэтапно. На первом этапе рекомендуется реализовать пилотный проект на 2…3 единицах техники, чтобы отработать процессы и выявить возможные сложности. Для координации работ формируется рабочая группа, включающая механиков, агрономов и инженеров, которые совместно разрабатывают и внедряют регламент. Обязательным этапом является аудит текущего состояния парка машин, позволяющий определить приоритетные направления обслуживания. Далее разрабатывается поэтапный план внедрения с чётко обозначенными контрольными точками и сроками выполнения. Важно предусмотреть регулярный пересмотр регламентов – оптимально раз в 1…2 года – с учётом накопленной статистики отказов, изменений условий эксплуатации и появления новых технических решений [3].

Разработка адаптированных регламентов ТО – необходимый элемент технического сервиса импортной сельхозтехники. Она требует комплексного подхода, включающего анализ исходных данных, учёт местных условий, подготовку квалифицированного персонала и внедрение цифровых инструментов. Результатом становится повышение надёжности техники, снижение эксплуатационных затрат и рост эффективности сельскохозяйственного производства в целом.

Список литературы

1. Порицкий В.М. Мобилизация ТОиР на предприятиях агропромышленного комплекса / В.М. Порицкий, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 294. – EDN MIRUCU.

2. Новицкий А.С. Обеспечение качества услуг на предприятиях технического сервиса / А.С. Новицкий, С.В. Ковалев, Е.С. Батырев // Инновационные решения в агроинженерии в XXI веке : Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 16 декабря 2020 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2021. – С. 84–89. – EDN VILCRV.

3. Тарасов С.А. Использование стендов для испытания и настройки ТНВД в ремонте МТП / С.А. Тарасов, М.И. Романченко // Горинские чтения. Наука молодых - инновационному развитию АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции, Майский, 28-29 марта 2019 года. Том 4. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 161. – EDN UXXOSL.

УДК 631.3(075.8)

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРА В УСЛОВИЯХ АГРОПРЕДПРИЯТИЯ

Бондаренко И.А., Батырев Е.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Эксплуатация машин, работающих в сельском хозяйстве, сопровождается интенсивным изнашиванием их деталей. Следствием этого процесса является ухудшение технических показателей и отказа машин. Для поддержания эксплуатационных характеристик машин в установленных приделах необходимо управлять их техническим состоянием. Управление техническим состоянием машин осуществляется путем реализации следующих мероприятий: эксплуатационной обработки; рационального использования машин (недопущения перегрузок); технического обслуживания; ремонта; хранения.

При грамотном выполнении названных мероприятий сельскохозяйственная техника, принадлежащая предприятию, будет в состоянии постоянной готовности, затраты на ее эксплуатацию будут минимальными.

Управление техническим состоянием конкретной машины включает измерение параметров с предельными значениями, установленными технической документацией. Таким образом, происходит определение остаточного ресурса обследуемых агрегатов, назначение вида и объема ремонтно-обслуживающих воздействий, а также планируется наработка машины на будущее.

Названные особенности характерны для технических обслуживаний сложной техники, в основном тракторов и автомобилей [1, 2]: выполнение одних операций на этих объектах носят строго регламентированный характер (плановые работы), другие операции выполняются по необходимости, после достижения элементами машины определенного технического состояния.

Основные операции технического обслуживания и текущего ремонта, которые могут проводиться в условиях проектируемой мастерской следующие. Техническое обслуживание включает в себя очистные, контрольные, диагностические, смазочные, заправочные и крепежные работы, а также работы по консервации и расконсервации машин, используемых периодически, а также их составных частей [3, 4].

Кроме основной функции – восстановления работоспособности – техническое обслуживание выполняет и другую функцию – функцию контроля за техническим состоянием, предупреждения отказов машин.

Техническое обслуживание - комплекс работ по поддерживанию работоспособности машин при их использовании, хранении и транспортировке [5, 6]. Эти работы должны носить планово-предупредительный характер и выполняться в обязательном порядке на протяжении всего периода эксплуатации машин. Техническое обслуживание включает в себя диагностические, очистные, крепежные, регулировочные, смазочные и заправочные работы. Кроме того, во время

технического обслуживания устраняются неисправности машины, выявленные при диагностировании [7].

Текущий ремонт состоит в замене отдельных неисправных деталей или целых агрегатов запасными. При этом могут использоваться восстановленные детали, что значительно удешевит ремонт. Основными операциями текущего ремонта, проводимого в условиях мастерской хозяйства являются: очистка трактора или другой машины от загрязнений, тщательная мойка узлов и агрегатов, а при необходимости – деталей; разборочные работы и определение технического состояния узлов и агрегатов машины, дефектовка деталей; замена некондиционных агрегатов или отдельных деталей, сборочные и регулировочные работы; обкатка и при необходимости окраска отремонтированного агрегата или машины в целом.

Список литературы

1. Лабораторный практикум по технологии ремонта машин. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2018. – 87 с.

2. Ремонт крышки коллектора КПП трактора John Deere 7830 / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев, Б.С. Зданович // Сельский механизатор. 2014. № 12. – С. 34–35.

3. К выбору технологии восстановления внутренней поверхности цилиндра двигателя внутреннего сгорания / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, С.В. Стребков [и др.] // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 59–62.

4. Совершенствование технологии обкатки и испытания масляных насосов / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, С.В. Стребков [и др.] // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 55–58.

5. Совершенствование технологии мойки деталей при ремонте техники / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, С.В. Стребков [и др.] // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции. Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 51–54.

6. Tribological compensation for reduced properties of parts during operation / S. Strebkov, A. Bondarev, A.P. Slobodyuk, E. Vasilenko // Engineering for Rural Development : 20, Virtual, Jelgava, 26-28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 227–233. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF047.

7. Формирование эксплуатационной надежности узлов и агрегатов комбинацией присадок в пакете смазочных материалов / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.А. Добрицкий, С.В. Ковалев // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVIII Международной научно-производственной конференции, Майский, 10-11 июня 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 141–142.

УДК 631.312

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

Куликов Н.В., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Для разных типов режущих элементов целесообразно применять различные методы химико-термической обработки. Лемехи плугов оптимально обрабатывать методами нитроцементации или азотирования, обеспечивающими баланс твёрдости и вязкости. Диски культиваторов эффективно упрочнять цементацией с последующей закалкой, что гарантирует максимальную износостойкость. Лапы культиваторов, работающие на песчаных почвах, целесообразно обрабатывать методом борирования [1]. Ножи фрез, эксплуатируемые в сложных условиях, выигрывают от комбинированной обработки – сочетания цементации и азотирования. При работе со сварными конструкциями предпочтительны низкотемпературные методы, например, азотирование, поскольку они минимизируют риск деформаций сварных швов и основного металла.

Внедрение химико-термической обработки в производственный процесс даёт ощутимый экономический эффект. Затраты на замену изношенных деталей снижаются на 30…50% благодаря увеличению их ресурса [2, 3]. Сокращаются простои техники, связанные с необходимостью ремонтов, что повышает общую производительность сельскохозяйственных работ. Снижение тягового сопротивления обработанных режущих элементов ведёт к экономии топлива. Окупаемость оборудования для ХТО обычно достигается в срок от одного до трёх лет при регулярном использовании. Для малых сельскохозяйственных предприятий экономически оправдано применение модульных установок с гибкой настройкой режимов обработки, позволяющих обрабатывать небольшие партии деталей с минимальными затратами.

Применение химико-термической обработки сопряжено с рядом технологических и экологических ограничений. К основным сложностям относятся высокие энергозатраты на нагрев деталей, необходимость точного контроля множества параметров процесса, риск коробления крупногабаритных изделий и экологическая нагрузка от выбросов при газовой ХТО. Для преодоления этих проблем разрабатываются и внедряются инновационные решения. Индукционный нагрев позволяет осуществлять локальное воздействие на поверхность, сокращая энергопотребление [4]. Использование экологически чистых насыщающих паст снижает вредное воздействие на окружающую среду. Компьютерное моделирование процессов помогает оптимизировать режимы обработки и прогнозировать результаты. Автоматизация контроля температуры и состава насыщающей среды повышает стабильность и качество обработки.

Развитие химико-термической обработки идёт по нескольким перспективным направлениям. Активно исследуются комбинированные методы, такие как плазменное азотирование, сочетающие преимущества различных технологий.

Разрабатываются способы наноструктурирования поверхностного слоя для достижения уникальных механических свойств [5]. Создаются биоразлагаемые насыщающие составы, отвечающие современным экологическим требованиям. Интеграция с системами цифрового мониторинга – датчиками температуры и состава среды – позволяет повысить точность управления процессами. Совершенствование энергоэффективных печей и экологически безопасных технологий сделает ХТО доступнее для широкого круга сельхозпредприятий. Это, в свою очередь, будет способствовать повышению надёжности и долговечности почвообрабатывающей техники, снижая эксплуатационные затраты в агропромышленном комплексе.

Список литературы

1. Алтунин И.В. Восстановление ведомых дисков дифференциальных механизмов методом ЭИЛ / И.В. Алтунин, А.С. Жильцов, М.И. Романченко // Молодёжный аграрный форум – 2018 : Материалы международной студенческой научной конференции, Белгород, 20-24 марта 2018 года. Том 2. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2018. – С. 126. – EDN YVDEJB.

2. Электроискровая обработка – универсальный метод упрочнения деталей / А.С. Новицкий, Е.С. Батырев, С.В. Ковалев, А.Г. Серов // Инновационные технологии: опыт, проблемы, перспективы развития, Тверь, 25 октября 2023 года. – Тверь : Тверская ГСХА, 2023. – С. 360–362. – EDN FNXWDQ.

3. Эксплуатационные испытания упрочненных стрельчатых культиваторных лап электроискровой обработкой / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 1 (21). – С. 71–80. – EDN DBNGML.

4. Батырев Е.С. Принцип работы контактной электроискровой установки / Е.С. Батырев, В.М. Порицкий // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 9–10. – EDN HMNFSM.

5. К вопросу восстановления работоспособности культиватора / И.В. Цыпкина, И.И. Титова, С.В. Ковалев, Е.С. Батырев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 54–55. – EDN OXSCRL.

УДК 631.354+632.125

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗЕРНОУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХИ

Григоров И.С., Ковалев С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Засуха представляет собой одно из наиболее деструктивных агроклиматических явлений, серьёзно влияющее на урожайность и технологию уборки зерновых культур. В условиях острого дефицита влаги происходят существенные изменения ключевых параметров агропроизводства. Растительная масса теряет эластичность: стебли становятся жёсткими, а колоски – хрупкими, что провоцирует повышенные потери зерна при скашивании. Почва твердеет, увеличивая сопротивление движению машин и порождая интенсивное пылеобразование, которое забивает воздухоочистители и радиаторы. Одновременно растёт температура воздуха, создавая риск перегрева двигателей и гидравлических систем [1, 2]. Кроме того, влажность зерна снижается до критически низких значений (8…12%), что повышает вероятность его дробления при обмолоте. Эти факторы в совокупности увеличивают нагрузку на зерноуборочные машины, ускоряют износ узлов и повышают риски поломок, делая изучение особенностей эксплуатации техники в засушливых условиях крайне востребованным.

Засушливая погода кардинально трансформирует процесс уборки зерновых, затрагивая все его ключевые аспекты. Из-за потери влаги растительная масса становится менее податливой: стебли грубеют, а колоски легко обламываются, что приводит к существенным потерям зерна уже на этапе скашивания. Состояние почвы также меняется – она твердеет, создавая повышенное сопротивление при движении комбайнов и провоцируя интенсивное пылеобразование [3]. Эта пыль не только затрудняет работу оператора, но и забивает критически важные узлы: воздухоочистители, радиаторы охлаждения, гидравлические системы. Параллельно растёт температура окружающего воздуха, что усиливает тепловую нагрузку на двигатели и трансмиссию, повышая риск перегрева. Дополнительно снижается влажность зерна, что делает его более хрупким и склонным к дроблению при прохождении через молотильный аппарат. Все эти изменения требуют оперативной корректировки настроек комбайнов – от зазоров в молотилке до скорости движения машины по полю. Без таких корректировок эффективность уборки падает, а риски повреждений техники возрастают.

Эксплуатация зерноуборочной техники в условиях засухи провоцирует ряд характерных неисправностей, которые можно назвать типовыми для таких условий. Прежде всего, ускоряется износ режущих аппаратов: жёсткие стебли быстро затупляют лезвия и деформируют сегменты жатки, снижая качество среза [3]. Молотильный аппарат также подвержен повышенным нагрузкам – сухое зерно и соломистая масса создают ударные воздействия, которые могут привести к трещинам бичей и планок. Перегрев двигателя становится частой проблемой из-за засорения радиаторов пылью, что снижает эффективность охлаждения и может

вызвать аварийную остановку. Гидравлические системы страдают от проникновения абразивных частиц через уплотнения, что приводит к утечкам рабочей жидкости и сбоям в работе механизмов. Транспортёры, шнеки и элеваторы нередко заклинивают из-за скопления сухой растительной массы, провоцируя перегрузки и разрывы цепей. Наконец, контрастные температурные колебания – дневной перегрев и ночное охлаждение – усиливают конденсацию влаги на металлических поверхностях, что ускоряет процессы коррозии. Эти неисправности требуют особого внимания при планировании технического обслуживания.

Чтобы снизить негативные последствия эксплуатации в условиях засухи, применяют комплекс технических и технологических мер. Одним из ключевых приёмов является регулировка зазоров в молотильном аппарате: уменьшение просвета между бичами и подбарабаньем позволяет минимизировать дробление зерна, сохраняя его качество. Для компенсации снижения подачи растительной массы из-за хрупкости растений повышают скорость вращения барабанов, что поддерживает производительность комбайна. Особое внимание уделяют очистке радиаторов – ежедневная продувка и мойка предотвращают перегрев двигателя, обеспечивая стабильную работу системы охлаждения. Воздухозаборники защищают дополнительными фильтрами, которые задерживают пыль и предотвращают засорение критических узлов. Узлы трения, такие как подшипники и шарниры, требуют усиленной смазки с использованием термостойких составов, способных выдерживать повышенные температуры. Контроль натяжения ремней помогает избежать проскальзывания, вызванного налипанием пыли. Для режущих элементов применяют износостойкие материалы, например, твёрдосплавные наплавки, которые существенно продлевают срок службы сегментов жатки. Эти меры позволяют значительно снизить износ и повысить надёжность техники в экстремальных условиях.

Помимо технических решений, важную роль играют технологические приёмы, оптимизирующие процесс уборки. Один из наиболее эффективных подходов – выбор оптимального времени работ: уборку проводят ранним утром или вечером, когда влажность воздуха выше, а температура ниже, что снижает нагрузку на технику и уменьшает потери зерна. Скорость движения комбайна намеренно снижают, чтобы минимизировать ударные нагрузки на жатку и молотилку, предотвращая преждевременный износ узлов.

Список литературы

1. Новицкий А.С. Комплесный критерий оценки эксплуатационных свойств моторных масел / А.С. Новицкий, Е.С. Батырев // Цифровые и инженерные технологии в АПК : Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 25 ноября 2021 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2022. – С. 53–55. – EDN ZWASUH.

2. Пастухов А.Г. Диагностирование опорных узлов трансмиссии на основе изучения термонагруженности / А.Г. Пастухов, Е.П. Тимашов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17, № 2. – С. 61–68. – DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-2-61-68. – EDN YICBWE.

3. Патент на полезную модель № 189804 U1 Российская Федерация, МПК B60S 9/02. Подставка к колесному трактору : № 2019109461 : заявл. 01.04.2019 : опубл. 04.06.2019 / Н.Ф. Скурятин, А.А. Беликов, А.В. Бондарев [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. – EDN YNIALG.

УДК 631.172+658.5+005.93

ОЦЕНКА РЕНТАБЕЛЬНОСТИ АУТСОРСИНГА РЕМОНТНЫХ РАБОТ В АПК

Рыбенцев Г.Ю., Цыпкина И.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В современных условиях агропромышленный комплекс сталкивается с комплексом вызовов, напрямую влияющих на организацию технического сервиса. Растут затраты на запчасти и оборудование, ощущается дефицит квалифицированных кадров в сельской местности, возникает необходимость минимизировать простои техники в пиковые сезоны. Одновременно ужесточаются требования к экологической безопасности ремонтных процессов, а также растёт потребность во внедрении цифровых технологий и современных методов диагностики [1].

На этом фоне аутсорсинг ремонтных работ – передача обслуживания техники специализированным сторонним организациям – становится востребованным инструментом оптимизации затрат. Однако его рентабельность нельзя оценивать поверхностно: требуется всесторонний анализ с учётом специфики агропромышленного комплекса.

В АПК практикуются различные формы аутсорсинга. Некоторые хозяйства передают на сторону полное обслуживание парка техники, включая плановые ТО и аварийный ремонт. Другие ограничиваются привлечением подрядчиков для выполнения специализированных работ – например, сварочных, токарных или диагностики электронной начинки машин. Популярна модель сезонного усиления сервиса в периоды пиковых нагрузок, а также удалённая диагностика и консультирование [2]. Отдельным направлением выступает аутсорсинг складского обеспечения запчастями, позволяющий оптимизировать логистику и снизить издержки на хранение.

Оценка рентабельности требует учёта множества критериев. В первую очередь анализируются прямые затраты: стоимость услуг подрядчика сопоставляется с расходами на содержание штатных механиков, амортизацию оборудования и закупку материалов. Не менее значимы косвенные эффекты – сокращение простоев техники, повышение качества ремонта и доступ к современным технологиям [3]. Долгосрочные последствия также играют роль: важно понимать, как выбор модели сервиса повлияет на остаточную стоимость техники и не приведёт ли к потере ключевых компетенций внутри хозяйства. Кроме того, нельзя игнорировать нефинансовые факторы – надёжность подрядчика, географическую доступность его базы и гибкость графика работ.

Для расчёта экономической эффективности применяются несколько ключевых показателей. Совокупная стоимость владения (ТСО) позволяет учесть все затраты за жизненный цикл техники при разных моделях сервиса. Срок окупаемости инвестиций в собственный сервис сравнивается с затратами на аутсорсинг, чтобы определить точку безубыточности. Коэффициент простоев (в часах за сезон) демонстрирует разницу между показателями до и после перехода на

аутсорсинг. Качество ремонта оценивается через частоту повторных обращений и гарантийных случаев, а производительность труда – через объём работ на одного специалиста.

На рентабельность аутсорсинга влияет целый ряд факторов. Масштаб хозяйства имеет принципиальное значение: крупные агрохолдинги зачастую выигрывают, содержа собственный сервис за счёт большого объёма работ, тогда как малые фермы снижают фиксированные издержки благодаря аутсорсингу. Возраст техники тоже играет роль – устаревшие машины требуют больше ремонтов, и здесь критически важен опыт подрядчика. Географическая удалённость может повысить стоимость аутсорсинга из-за логистических сложностей. Сезонность создаёт спрос на временное усиление сервиса в пиковые периоды посевной ли уборочной кампании. Наконец, специфика техники – особенно сложных машин с электронной начинкой – требует привлечения узкоспециализированных подрядчиков.

Вместе с тем аутсорсинг несёт определённые риски. Хозяйство может оказаться зависимым от подрядчика, столкнувшись со срывом сроков выполнения работ. Существует угроза утечки конфиденциальной информации о состоянии техники. При выборе недобросовестного исполнителя качество ремонта может оказаться низким, а предъявление гарантийных претензий – затруднительным. Кроме того, передача ремонта на сторону способна привести к постепенной потере внутренних компетенций по обслуживанию машин.

Среди ключевых преимуществ аутсорсинга выделяются: доступ к современным технологиям и экспертной базе подрядчиков, гибкость в периоды сезонных пиков нагрузки, снижение административной и операционной нагрузки на внутренний персонал.

Оптимальная модель сервиса зачастую сочетает собственный штат и аутсорсинг. Критичные операции, требующие строгого внутреннего контроля, остаются в ведении хозяйства, тогда как стандартизированные процессы передаются подрядчикам. Такой гибридный подход позволяет сбалансировать затраты, качество обслуживания и надёжность эксплуатации техники, обеспечивая устойчивое развитие агропромышленного комплекса.

Список литературы

1. Основы организации технического сервиса в агропромышленном комплексе : Учебник / И.Н. Кравченко, Ю.А. Кузнецов, А.В. Коломейченко [и др.]. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «КноРус», 2022. – 452 с. – (Бакалавриат и магистратура). – ISBN 978-5-406-08940-8. – EDN WHVHKI.

2. Новицкий А.С. Технология сельскохозяйственного машиностроения : Лабораторный практикум / А.С. Новицкий, С.В. Стребков. – Майский : Белгородский ГАУ, 2016. – 84 с. – EDN DFEEYN.

3. Технологические процессы ремонтного производства : учебно-методическое пособие для проведения практических работ по профессиональному модулю ПМ 03 Техническое обслуживание и диагностирование неисправностей сельскохозяйственных машин и механизмов / Е.С. Батырев, А.С. Новицкий, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 166 с. – EDN OJCROC.

УДК 631.3+678.5+504.064

ПЕРЕРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Бекмамбетов Р.Э., Новицкий А.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В агропромышленном комплексе активно используется техника с полимерными компонентами – корпусами, кожухами, трубопроводами, уплотнителями и другими деталями. По мере износа машин накапливаются полимерные отходы, которые при неправильной утилизации загрязняют окружающую среду. Переработка таких материалов позволяет снизить экологическую нагрузку и получить вторичное сырьё для производства новых изделий. Цель работы – изучить современные методы переработки полимерных деталей сельхозтехники, оценить их экономическую и экологическую эффективность, а также предложить пути внедрения в условиях АПК.

Полимерные компоненты широко применяются в конструкции сельскохозяйственных машин благодаря их лёгкости, коррозионной стойкости и долговечности. В числе таких деталей – корпусные элементы кабин и облицовки, защитные кожухи и крышки механизмов, трубопроводы и шланги гидравлических систем, уплотнители и прокладки, элементы электроизоляции, а также детали сидений и эргономичных элементов управления.

Наиболее распространены термопласты, такие как полиэтилен, полипропилен и ПВХ, а также реактопласты – например, фенолформальдегидные смолы и эпоксидные композиции. Кроме того, в сельхозтехнике используют композитные материалы с армированием стекловолокном или углеволокном, что расширяет функциональные возможности деталей, но усложняет последующую переработку.

Полимерные отходы сельхозтехники создают ряд сложностей, которые необходимо учитывать при организации переработки. Прежде всего, они разлагаются в природной среде крайне медленно – процесс может занимать сотни лет [1]. При сжигании таких материалов выделяются токсичные вещества: например, хлороводород из ПВХ или фенолы из реактопластов.

Сортировка отходов затруднена из-за многообразия типов полимеров и композитов. Захоронение на полигонах приводит к загрязнению почвы и грунтовых вод, а транспортировка крупногабаритных деталей к местам переработки требует значительных затрат. Дополнительно осложняет процесс то, что на поверхности полимерных деталей часто остаются следы масел, топлив и агрохимикатов, что требует предварительной очистки перед переработкой.

Для полимерных деталей сельхозтехники применяют несколько методов переработки, выбор которых зависит от типа материала и степени загрязнения. Механическая переработка включает дробление, мойку, сепарацию и грануляцию. Полученный вторичный гранулят используют для изготовления менее

ответственных деталей или в смесях с первичным сырьём. Этот метод хорошо подходит для термопластов без сильных загрязнений.

Химическая переработка, или деполимеризация, позволяет расщеплять полимеры до мономеров или олигомеров [2]. Она перспективна для сложных композитов и реактопластов, но требует дорогостоящего оборудования. Термическая переработка, в частности пиролиз, превращает полимеры в топливо, газ и технический углерод. Этот способ подходит для смешанных и загрязнённых отходов, однако требует тщательной очистки выбросов.

Ещё один подход – использование измельчённых полимеров в качестве наполнителя для строительных материалов. Из них изготавливают дорожные покрытия, тротуарную плитку и композитные панели, что позволяет эффективно вовлекать отходы в хозяйственный оборот.

Процесс переработки состоит из последовательных стадий, обеспечивающих высокое качество вторичного сырья. Сначала проводят сбор и сортировку деталей по типу полимера, цвету и степени загрязнения, удаляют металлические и резиновые вставки, крепёжные элементы. Крупногабаритные детали разрезают на фрагменты для удобства транспортировки.

На этапе очистки детали моют в специальных растворах для удаления масел, смазок и агрохимикатов, затем сушат. Далее материал дробят в шредерах или роторных дробилках до фракции нужного размера. Сепарация отделяет разные типы полимеров с помощью воздушной классификации, магнитной сепарации или оптической сортировки. Завершающий этап – грануляция, которая превращает дроблёный материал в однородные гранулы для дальнейшего использования.

Переработка полимерных деталей даёт ряд экономических преимуществ. Затраты на утилизацию снижаются по сравнению с захоронением на полигонах, а продажа вторичного гранулята или композитных материалов формирует дополнительный доход. Сокращаются закупки первичного сырья для производства новых деталей, что особенно актуально в условиях роста цен на нефтепродукты.

Предприятия могут получать субсидии и налоговые льготы в рамках программ по экологии и циркулярной экономике. Кроме того, создание перерабатывающих производств способствует появлению новых рабочих мест. Расчёты показывают, что окупаемость линии по переработке полимеров в АПК может составлять 2…4 года при стабильном поступлении сырья.

Список литературы

1. Хранение тракторов и тракторных прицепов на подставках / Н.Ф. Скурятин, А.С. Новицкий, С.В. Ковалев, Е.С. Батырев // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе». – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 68–73. – EDN TUXLMR.

2. Хранение сельскохозяйственной техники с использованием подставок / Н.Ф. Скурятин, А.С. Новицкий, С.В. Ковалев, Е.В. Немцев // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 64–68. – EDN VZIHRB.

УДК 631.3+620.179.16+004.89

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ВИБРОДИАГНОСТИКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Атанов Д.И., Бондарев А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Современные тенденции в области вибродиагностики сельхозтехники формируют целостную траекторию развития, ориентированную на интеграцию цифровых технологий, повышение точности прогнозирования и снижение эксплуатационных издержек [1-3]. Ключевым вектором становится трансформация метода из инструмента эпизодического контроля в элемент предиктивного управления жизненным циклом машин.

Интеграция с цифровыми платформами реализуется через внедрение IoT-архитектур, обеспечивающих непрерывный сбор и анализ вибрационных данных. Распределённые сенсорные сети, объединённые протоколами LoRaWAN и NB-IoT, позволяют формировать массивы данных в реальном времени. Облачные сервисы выполняют агрегацию информации от парка машин, создавая цифровые двойники, где динамика вибрации коррелирует с эксплуатационными параметрами. Особую роль приобретают edge-вычисления – локальная обработка сигналов на борту машины, минимизирующая задержки при выявлении критических состояний.

Искусственный интеллект становится основой для автоматизации диагностических процедур. Нейросетевые алгоритмы (CNN, LSTM) обеспечивают распознавание дефектов по спектрограммам и временным рядам, исключая субъективность экспертной оценки. Методы survival analysis позволяют прогнозировать остаточный ресурс узлов на базе трендов СКЗ и эксцесса. Адаптивные фильтры, реализованные через генеративно-состязательные сети (GAN), подавляют помехи от внешних факторов (неровности поля, вариация нагрузки), повышая достоверность анализа. Перспективным направлением является transfer learning – перенос знаний между моделями для различных типов машин, что сокращает затраты на обучение систем.

Миниатюризация сенсоров открывает возможности для перманентного мониторинга. MEMS-акселерометры с энергопотреблением ≤ 5 мВт и гибкие пьезоэлектрические датчики интегрируются в критические узлы без увеличения массы конструкции. Оптоволоконные сенсоры обеспечивают устойчивость к агрессивным средам (например, вблизи ДВС), а технологии energy harvesting позволяют питать датчики за счёт энергии вибраций. Это устраняет необходимость в периодических проверках, переводя контроль в режим непрерывного наблюдения.

Мультимодальные системы повышают надёжность диагностики за счёт синергии методов. Корреляция вибрационных данных с термографическими снимками выявляет локальные перегревы, ассоциированные с механическими дефектами. Акустическая эмиссия дополняет анализ обнаружением

микротрещин на ранних стадиях. Синхронизация с результатами анализа масла (концентрация продуктов износа) и лазерной виброметрии формирует многомерный портрет состояния узла. Интеграция разнородных данных повышает достоверность до 95…98%, что критично для высоконагруженной сельхозтехники.

Автоматизация принятия решений трансформирует диагностику в управляемый процесс. Самонастраивающиеся алгоритмы адаптируют пороговые значения под конкретные условия эксплуатации (тип почвы, влажность, нагрузку). Рекомендательные системы генерируют инструкции по ремонту на основе анализа вибрационных паттернов, а интеграция с ERP/CMMS инициирует задачи на ТО автоматически. Виртуальные ассистенты предоставляют операторам подсказки при аномалиях, сокращая время реакции на инциденты.

Метрологическое обеспечение гарантирует воспроизводимость результатов. Калибровочные стенды для полевых условий имитируют рабочие режимы машин, а стандартизированные методики измерения учитывают специфику подвижных элементов (например, режущих аппаратов комбайнов). Эталонные базы данных верифицируют алгоритмы ИИ, а встроенные тестовые сигналы обеспечивают автоматическую проверку датчиков. Это минимизирует влияние человеческого фактора и повышает доверие к системе.

Образовательные инициативы формируют кадровый потенциал для внедрения технологий. Включение вибродиагностики в агроинженерные программы, разработка симуляторов для анализа спектров и сертификация специалистов создают условия для масштабирования решений. Онлайн-платформы обмена опытом синхронизируют знания сервисных служб, ускоряя адаптацию инноваций.

Экономические модели снижают барьер входа для сельхозпроизводителей. Сервисы типа VaaS (Vibration as a Service) и подписки на аналитику делают технологии доступными для малых хозяйств. Государственные субсидии на цифровизацию и страховые программы с пониженными тарифами при использовании предиктивной диагностики стимулируют массовое внедрение. Это формирует устойчивую экосистему, где вибродиагностика становится неотъемлемым компонентом эффективного агропроизводства.

Список литературы

1. Романченко М.И. Диагностирование топливных насосов высокого давления по моменту начала нагнетания топлива / М.И. Романченко // Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 57–64. – EDN ZHCEFN.

2. Романченко М.И. Эксплуатационная регуляторная характеристика дизельного двигателя / М.И. Романченко // Техника в сельском хозяйстве. 2009. № 4. – С. 26–28. – EDN KYZAXR.

3. Пастухов А.Г. Сравнительная оценка топливно-энергетической эффективности тракторных и автотранспортных средств / А.Г. Пастухов, М.И. Романченко // Международный технико-экономический журнал. 2009. № 3. – С. 86–92. – EDN LSQIAL.

УДК 621.791+631.3

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Бабаев Д.А., Ковалев С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В современных условиях эксплуатации сельскохозяйственной техники проблема износа рабочих поверхностей остаётся крайне острой. Более 60% парка машин работает сверх нормативного срока, а стоимость оригинальных запчастей за последние пять лет выросла на 25…40%. В этой связи совершенствование технологий наплавки и напыления приобретает стратегическое значение [1, 2]. Ключевая задача – обеспечить восстановление деталей с ресурсом на уровне 80…90% от новых при снижении экологической нагрузки за счёт вторичного использования компонентов.

Развитие технологий идёт по пути интеграции передовых решений. Автоматизация процессов с применением роботизированных комплексов с ЧПУ позволяет достичь точности позиционирования ±0,05 мм и гарантировать стабильность параметров нанесения покрытий. Перспективным направлением является внедрение аддитивных технологий – 3D-печати металлом, которая даёт возможность локально восстанавливать сложные геометрические формы, такие как зубья шестерён и фланцы.

Особую роль играет разработка наноструктурированных покрытий с включением наночастиц карбидов (WC, TiC). Их применение повышает износостойкость поверхностей в 4…6 раз по сравнению с традиционными методами [3]. Также развиваются гибридные подходы, например, сочетание лазерной наплавки с микродуговым оксидированием для формирования многослойных покрытий с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Современные материалы открывают новые возможности для восстановления деталей. Порошки на основе никелевых сплавов (ПН75Ю23, ПН85Ю15) сохраняют термостабильность до 1000°С, что критично для узлов, работающих в условиях высоких температур. Самофлюсующиеся композиции (ПС-12-Н-01) с пониженной температурой плавления (950…1050°С) минимизируют термическое воздействие на основу, снижая риск деформаций.

Аморфные сплавы системы Fe-B-Si-C демонстрируют твёрдость на уровне HRC 60…65 и превосходят нержавеющие стали по коррозионной стойкости. Для техники, контактирующей с пищевыми продуктами, разрабатываются биосовместимые покрытия на основе гидроксиапатита, отвечающие строгим санитарным требованиям.

Экологическая безопасность становится неотъемлемым критерием развития технологий [4]. Переход на холодное газодинамическое напыление (ХГН) исключает выбросы токсичных газов, что соответствует современным экологическим стандартам. Важным шагом является рециклинг отработанных порошков: утилизация до 90% материала снижает объёмы отходов.

Снижение энергопотребления на 30-50% достигается за счёт внедрения импульсных режимов наплавки. Кроме того, происходит постепенный отказ от гальванических процессов (хромирования, никелирования) в пользу экологически безопасных аналогов, что уменьшает нагрузку на окружающую среду.

Цифровая трансформация охватывает все этапы восстановления деталей. Моделирование процессов наплавки в программных комплексах ANSYS и COMSOL позволяет прогнозировать термические деформации и оптимизировать параметры нанесения покрытий. Системы машинного зрения обеспечивают контроль качества с точностью до 0,01 мм, выявляя поры и трещины на ранних стадиях.

Внедряются цифровые паспорта деталей, содержащие историю ремонтов и прогноз остаточного ресурса. Интеграция с ERP-системами сельхозпредприятий позволяет планировать техническое обслуживание с учётом реальных потребностей, минимизируя простои техники.

Для эффективного внедрения технологий необходимо учитывать специфику аграрных регионов. Создание мобильных комплексов наплавки позволит обслуживать удалённые фермерские хозяйства, сокращая логистические издержки. Развитие сети сервисных центров с оборудованием для ХГН и лазерной наплавки обеспечит доступность современных методов восстановления.

Важным элементом стратегии является подготовка специалистов по цифровым технологиям восстановления на базе аграрных вузов. Государственная поддержка через субсидирование приобретения инновационного оборудования ускорит процесс модернизации технического сервиса в АПК.

Список литературы

1. Алтунин И.В. Восстановление ведомых дисков дифференциальных механизмов методом ЭИЛ / И.В. Алтунин, А.С. Жильцов, М.И. Романченко // Молодёжный аграрный форум – 2018 : Материалы международной студенческой научной конференции, Белгород, 20-24 марта 2018 года. Том 2. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2018. – С. 126. – EDN YVDEJB.

2. Цыпкина И.В. К обоснованию выбора способа восстановления детали на примере полуоси трактора / И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Агроинженерия в XXI веке: проблемы и перспективы : материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции с международным участием, п. Майский, 28 октября 2019 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 358–360. – EDN RGVLNW.

3. Батырев Е.С. Принцип работы контактной электроискровой установки / Е.С. Батырев, В.М. Порицкий // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 9–10. – EDN HMNFSM.

4. Новицкий А.С. Проектирование предприятий технического сервиса : Учебное пособие / А.С. Новицкий, С.В. Стребков. – Майский : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2016. – 212 с. – EDN IVDISI.

УДК 502.681.3

ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ К СЕЯЛКЕ ТОЧНОГО ВЫСЕВА

Постников Е.В., Сахнов А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В работе рассматриваются направления совершенствования техники для посева сельскохозяйственных культур, в частности пневматических высевающих аппаратов. Основные задачи, над которыми работают специалисты, включают повышение равномерности высева, упрощение конструкции сеялок, увеличение рабочих скоростей, снижение эксплуатационных затрат и расширение ширины захвата посевных агрегатов.

Пневматические высевающие системы выделяются высокой точностью и универсальностью, что делает их наиболее перспективными. В Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ ведутся разработки новых конструкций таких аппаратов, обеспечивающих более эффективную работу.

Техника должна обладать высокой производительностью, однако её ресурс часто ограничивается быстрым износом отдельных узлов. Сеялки делятся на механические и пневматические; пневматические устройства точного высева бывают дисковыми и барабанными. Дисковые обеспечивают более точный отбор семян, а барабанные подходят для пунктирного и гнездового посева.

Пневматические системы характеризуются низкой материалоёмкостью и могут применяться в различных типах посевных агрегатов. Среди распространённых неисправностей механических высевающих аппаратов выделяют износ валиков, разрушение элементов катушек, трещины корпусов и поломки клапанов. Эти дефекты устраняют путём замены деталей; деформированные приводные валы правят без нагрева.

В заключение подчёркивается необходимость дальнейшего совершенствования конструкций рабочих органов и пневматических высевающих аппаратов для повышения производительности и снижения стоимости сельскохозяйственной техники.

Список литературы

1. Ахалая Б.Х., Шогенов Ю.Х. Влияние турбулентного воздушного потока на качество высева семян // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 1. – С. 54–57.

2. Яковец А.В. Анализ дозирующих систем сеялок точного высева // Аграрная Россия. 2011. № 3. – С. 60–63.

3. Устройство овощных сеялок и их основных рабочих органов. [Электронный ресурс] – URL: https://sejalki.ru/articles/obzor-iotsenka-konstruktsiy-ovoshnih/ustroystvo-ovoshnih-seyalok-i-ihosnovnih.html. (дата обращения: 09.10.2022).

4. Сахнов А.В. Разработка пневматического высевающего аппарата к сеялке пропашных культур / А.В. Сахнов, В.В. Рыбцов // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 109.

5. Сахнов А.В. Обоснование основных параметров ячейки диска туковысевающего аппарата сеялки / А.В. Сахнов, С.В. Стребков, А.В. Бондарев // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2024. № 3 (43). – С. 36–40.

УДК 631.3(075.8)

ПОДДЕРЖАНИЕ В РАБОТОСПОСОБНОМ СОСТОЯНИИ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЯ НА ПРИМЕРЕ ТНВД

Старосельцев В.А., Новицкий А.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Эксплуатация узлов и агрегатов машин сопровождается процессами естественного изнашивания, следствие которых – характеристик, обеспечивающих их работоспособность [1]. Для поддержания высокого уровня надежности следует обеспечить управление техническим состоянием, что достигается системой планово-предупредительной системой технического обслуживания и ремонта.

При хорошей организации диагностики своевременно обнаруживаются и нарушения регулировочных параметров топливной аппаратуры. Это позволяет при минимальных затратах устранить обнаруженные неисправности и сократить простои машин.

Под работоспособным состоянием топливной аппаратуры (ТА) понимают обеспечение следующих функций, отвечающих за надежность автотракторных дизелей: подачу за короткий промежуток времени (0,001…0,01 с) точно дозированного количества топлива в цилиндры двигателя в соответствии с порядком их работы; интенсивное впрыскивание топлива в камеру сгорания под высоким давлением и в мелкораспыленном состоянии; оптимальное распределение распыленного топлива по камере сгорания в зависимости от типа и формы ее конструктивного исполнения; подачу топлива в определенный момент времени относительно верхней мертвой точки положения поршня на такте сжатия в соответствии с нагрузочным и скоростным режимами работы двигателя; поддержание стабильности параметров процесса топливоподачи; регламентированную степень очистки дизельного топлива от различных видов загрязнений.

Работоспособность топливной аппаратуры в значительной степени зависит от технического состояния прецизионных деталей (плунжерных пар, нагнетательных клапанов) [2].

Техническое состояние плунжерных пар определяют по значению максимального давления, развиваемого насосной секцией на пусковом режиме (при частоте вращения кулачкового вала 80…100 мин$^{-1}$).

Техническое состояние нагнетательного клапана оценивают по герметичности запирающего конуса. Для проверки нагнетательного клапана отсоединяют топливопровод от штуцера ТНВД, наружный рычаг управления регулятором ставят в выключенное положение подачи топлива и насосом ручной подкачки нагнетают топливо в головку ТНВД [3, 4]. При технически исправном клапане топливо в штуцер из головки насоса не должно просачиваться.

Давление начала впрыскивания топлива форсункой определяют без ее демонтажа с дизеля. Для этого отворачивают топливопровод от штуцера форсунки, подсоединяют к нему переходник приспособления и, нагнетая топливо рукояткой прибора, наблюдают за стрелкой манометра [5]. Момент максимального

отклонения стрелки манометра соответствует давлению начала впрыскивания топлива.

Техническое обслуживание (ТО) – это комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности машин при их использовании, хранении и транспортировке. Оно имеет целью систематический контроль технического состояния объекта и выполнение работ для уменьшения скорости изнашивания элементов, предупреждения отказов и неисправностей, устранения замеченных неисправностей.

Технологический процесс ТО ТНВД дизеля разрабатываем с указанием всех операций, необходимых для качественного ТО, в определенной последовательности, согласно документам о периодичности и объеме работ при техническом обслуживании топливной аппаратуры дизелей, имеющимся на предприятии, а также с указанием технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения. Большинство операций ТО ТНВД осуществляется на соответствующем стенде по испытанию дизельной топливной аппаратуры.

Список литературы

1. Стребков С.В. Технология ремонта машин : Учебное пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2016. – 182 с.

2. Лабораторный практикум по технологии ремонта машин. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2018. – 87 с.

3. Совершенствование технологии обкатки и испытания масляных насосов / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, С.В. Стребков [и др.] // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 45-летию ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 55–58.

4. Tribological compensation for reduced properties of parts during operation / S. Strebkov, A. Bondarev, A.P. Slobodyuk, E. Vasilenko // Engineering for Rural Development : 20, Virtual, Jelgava, 26-28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 227–233. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF047.

5. Формирование эксплуатационной надежности узлов и агрегатов комбинацией присадок в пакете смазочных материалов / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.А. Добрицкий, С.В. Ковалев // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVIII Международной научно-производственной конференции, Майский, 10-11 июня 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 141–142.

УДК 621.891+620.179.16+658.517

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА АГРЕГАТОВ ПО ПАРАМЕТРАМ МАСЛА

Башков А.В., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Успешное применение метода прогнозирования остаточного ресурса требует продуманной организации процесса. Прежде всего, необходимо разработать чёткий регламент отбора проб масла: определить точки отбора, периодичность и объём проб. Важно обеспечить репрезентативность проб, учитывая возможные эффекты осаждения частиц и необходимость тщательного перемешивания масла перед отбором.

Для корректной интерпретации результатов требуется создание базы эталонных данных, специфичных для каждого типа агрегатов. Эти данные служат основой для калибровки моделей и сравнения текущих показателей с нормальными значениями [1]. Кроме того, система прогноза должна быть интегрирована в корпоративные информационные системы управления активами (ERP/CMMS), что позволит автоматизировать процессы принятия решений и планирования технического обслуживания.

Не менее важным аспектом является обучение персонала. Специалисты должны не только уметь отбирать пробы и проводить измерения, но и грамотно интерпретировать полученные данные, понимать принципы работы моделей прогноза и принимать обоснованные решения на их основе.

Внедрение системы прогнозирования остаточного ресурса агрегатов по параметрам масла приносит ощутимую экономическую выгоду. Оптимизация интервалов замены масла позволяет сократить затраты на его приобретение и утилизацию до 30%. Снижение вероятности внезапных отказов ведёт к уменьшению простоев оборудования на 15…25%, что особенно критично для непрерывных производств.

Кроме того, поддержание масла в работоспособном состоянии способствует увеличению ресурса агрегатов на 10…20%, так как снижается интенсивность износа деталей. Экологический эффект достигается за счёт уменьшения объёмов отработанного масла, что снижает нагрузку на окружающую среду и сокращает расходы на его утилизацию [2].

Совокупный экономический эффект складывается из этих составляющих и делает внедрение системы прогноза экономически оправданным даже при значительных начальных инвестициях в оборудование и программное обеспечение.

Развитие методов прогнозирования остаточного ресурса идёт по нескольким направлениям. Одно из них – создание датчиков нового поколения, способных в режиме онлайн отслеживать ключевые параметры масла с высокой точностью и надёжностью. Такие датчики должны быть устойчивы к агрессивным условиям эксплуатации и обеспечивать долговременную стабильность показаний.

Другой перспективный путь – применение искусственного интеллекта для разработки адаптивных моделей прогноза. Такие модели способны учитывать индивидуальную историю эксплуатации каждого агрегата, автоматически подстраиваться под изменяющиеся условия работы и повышать точность прогнозов с накоплением данных [3].

Важным направлением является стандартизация методик прогнозирования для различных типов оборудования. Единые стандарты позволят унифицировать подходы, облегчить обмен данными между предприятиями и повысить доверие к результатам прогноза.

Наконец, интеграция систем прогноза с технологиями цифрового двойника агрегата открывает новые возможности. Цифровой двойник, содержащий детальную модель агрегата и его эксплуатационной истории, может служить платформой для комплексного анализа состояния и прогнозирования остаточного ресурса с учётом всех значимых факторов.

Прогнозирование остаточного ресурса агрегатов по параметрам масла представляет собой эффективный инструмент повышения надёжности и экономичности эксплуатации техники. Его реализация требует комплексного подхода, охватывающего точный анализ параметров масла, разработку и калибровку математических моделей прогноза, организацию процесса отбора проб и интерпретации данных, а также обучение персонала и интеграцию с корпоративными информационными системами.

Особую актуальность этот метод приобретает для отраслей, где простои и отказы оборудования ведут к значительным финансовым потерям – транспорта, энергетики, тяжёлой промышленности. Внедрение систем прогноза остаточного ресурса не только снижает эксплуатационные затраты, но и способствует повышению общей эффективности производства, обеспечивая бесперебойную работу оборудования и продлевая его срок службы.

Список литературы

1. Новицкий А.С. Комплексный критерий оценки эксплуатационных свойств моторных масел / А.С. Новицкий, Е.С. Батырев // Цифровые и инженерные технологии в АПК : Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 25 ноября 2021 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2022. – С. 53–55. – EDN ZWASUH.

2. Шишкунов В.В. Качество топливо-смазочных материалов и методы его проверки / В.В. Шишкунов, С.В. Ковалев, А.В. Бондарев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти д.т.н., профессора Вендина Сергея Владимировича, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 174. – EDN MHGAWK.

3. Формирование эксплуатационной надежности узлов и агрегатов комбинацией присадок в пакете смазочных материалов / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.А. Добрицкий, С.В. Ковалев // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVIII Международной научно-производственной конференции, Майский, 10-11 июня 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 141–142. – EDN JTVEUI.

УДК 631.3.004.66:621.791

ПРИМЕНЕНИЕ FDM-ПЕЧАТИ В РЕМОНТЕ ПОЛИМЕРНЫХ УЗЛОВ СЕЛЬХОЗМАШИН

Звягинцев В.С., Бережная И.Ш.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Современное сельское хозяйство предъявляет высокие требования к долговечности и надёжности сельскохозяйственной техники. Полимерные узлы играют важную роль в конструкциях тракторов, комбайнов и прочей сельскохозяйственной техники, выполняя функции защиты, изоляции и амортизации. Однако эксплуатация в тяжёлых условиях часто приводит к быстрому износу и выходу из строя пластиковых деталей. Решение этой проблемы возможно с помощью технологии FDM-печати (Fused Deposition Modeling). FDM-печать представляет собой технологию послойного наращивания пластика путём выдавливания расплава через экструдер принтера. Материал постепенно накладывается слой за слоем, формируя готовую деталь нужной конфигурации. Такой способ печати обладает рядом достоинств, среди которых низкая стоимость расходных материалов, простота освоения и доступность необходимого оборудования. Благодаря развитию FDM-принтеров появилась возможность быстро изготавливать пластиковые запчасти практически любого размера и формы, что особенно актуально для сельского хозяйства, где большинство заменяемых деталей имеют достаточно простую конструкцию.

Последовательность действий при восстановлении узла выглядит следующим образом: определение типа и марки используемого полимера; чистка рабочей площадки и настройка температуры нагрева стола и сопла; запуск процесса печати согласно предварительно загруженному файлу STL; завершение печати и проверка соответствия готовой детали оригиналу; установка восстановленной детали на агрегат и проверка работоспособности.

Весь цикл требует минимума усилий и позволяет минимизировать потери рабочего времени техники.

Наиболее распространёнными материалами для FDM-принтеров являются PLA, ABS, PET-G и Nylon. Каждый вид пластика имеет свои преимущества и недостатки, поэтому правильный подбор материала зависит от условий эксплуатации детали:

PLA – лёгкий, прочный пластик, устойчивый к механическим нагрузкам, подходит для большинства защитных крышек и корпусов.

ABS – термоустойчивый и ударопрочный материал, подходящий для деталей, работающих в агрессивных средах и подверженных большим температурным колебаниям.

PET-G – гибкий и влагостойкий пластик, идеально подходящий для влажных помещений и открытых площадок.

Nylon – особо прочный и стойкий к истиранию материал, применяемый для создания подшипников скольжения и прочих высоконагруженных элементов.

Преимуществами применения FDM-печати в ремонте являются: быстрота исполнения заказа, доступная цена расходных материалов, высокая точность воспроизведения мелких деталей, возможность самостоятельного изготовления специфических запчастей.

Однако существуют и некоторые ограничения: ограничение максимальной толщины стенки готового изделия, ограниченная долговечность напечатанных деталей при экстремальных температурах, невозможность печати крупногабаритных изделий без дополнительного укрепления.

Несмотря на эти ограничения, технология FDM-печати зарекомендовала себя как эффективный инструмент восстановления деталей и продления ресурса техники.

Развитие технологий FDM-печати создаёт благоприятные условия для качественного и недорогого ремонта полимерных деталей сельскохозяйственной техники. Быстрое изготовление запчастей позволяет значительно сократить простой техники и экономить финансовые ресурсы предприятия. Важно отметить, что применение современных материалов и грамотный выбор оборудования обеспечат долгосрочность и эффективность ремонта. Таким образом, эта технология станет незаменимым помощником для тех, кто хочет оптимизировать работу своей фермы и обеспечить бесперебойную эксплуатацию техники.

Список литературы

1. Чехунов О.А. Перспективные направления модернизации доильных аппаратов / О.А. Чехунов, А.В. Асыка // Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее : Материалы XXIV Международной научно-производственной конференции. В 2 томах, Майский, 27-28 мая 2020 года. Том 1. – Майский : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2020. – С. 85–86. – EDN KXHFGE.

2. Пастухов А.Г. Оценка теплонапряженности агрегатов трансмиссий на основе системного подхода / А.Г. Пастухов, Е.П. Тимашов // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 129. – С. 73–78. – EDN ZTMEWH.

3. Михайлов Ю.В. Аддитивные технологии в сельском хозяйстве: новые горизонты для устойчивого производства / Ю.В. Михайлов, И.Ш. Бережная // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VII Международной студенческой научной конференции, Майский, 25-27 февраля 2025 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – С. 140–141. – EDN OWCZBV.

4. Совершенствование ремонта топливной аппаратуры двигателей внутреннего сгорания / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, А.С. Новицкий [и др.] // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», посвященной 40-летию Белгородского ГАУ, Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2019. – С. 260–265. – EDN XJMYSC.

УДК 631.3:678.5:62-78

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ ПРИ РЕМОНТЕ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ В АПК

Песоцкий Я.С., Романченко М.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Актуальность применения полимерных композитов в ремонте корпусных деталей сельхозтехники обусловлена высокой подверженностью таких элементов, как корпуса редукторов, картеры, крышки и баки, механическим повреждениям – трещинам, сколам и пробоям. Традиционные методы восстановления, включая сварку, наплавку или полную замену деталей, имеют существенные ограничения: риск термической деформации конструкции, высокую стоимость новых компонентов и значительные временные затраты на проведение работ. В этой связи полимерные композиты представляют собой перспективную альтернативу, позволяющую существенно сократить как финансовые издержки, так и сроки ремонта.

Ключевыми преимуществами полимерных композитов являются их низкая плотность, обеспечивающая снижение массы отремонтированной конструкции, а также выдающаяся коррозионная стойкость, в том числе к воздействию агрохимикатов и влаги. Важным достоинством является возможность локального ремонта без демонтажа всего узла, отсутствие термического воздействия на основную деталь и способность адаптироваться к сложным геометрическим формам – эффективно заполнять трещины и восстанавливать исходную конфигурацию. С экономической точки зрения применение композитов также выгодно, поскольку стоимость материалов и работ оказывается ниже, чем при использовании традиционных технологий [1].

В ремонтной практике применяются различные типы полимерных композитов, каждый из которых обладает специфическими свойствами. Эпоксидные композиции отличаются высокой адгезией и прочностью на изгиб, полиуретаны – эластичностью и устойчивостью к вибрационным нагрузкам, стеклопластики благодаря армированию волокнами обеспечивают повышенную жёсткость, а металлонаполненные полимеры позволяют эффективно восстанавливать участки, испытывающие значительные механические нагрузки.

Процесс ремонта с использованием полимерных композитов включает последовательность технологических операций. Вначале проводится тщательная очистка и обезжиривание поверхности, затем выполняется механическая подготовка – разделка трещин и формирование фасок. Для улучшения адгезии наносится специальный праймер, после чего осуществляется укладка композитного материала, при необходимости – послойно [2]. Далее происходит отверждение материала, которое может протекать как при комнатной температуре, так и с применением дополнительного подогрева. Завершающим этапом является механическая обработка – шлифовка и подгонка отремонтированного участка до требуемых параметров.

Качество выполненного ремонта оценивается по ряду критериев [3]. Прежде всего, прочность соединения должна составлять не менее 80% от характеристик исходного материала. Обязательна проверка герметичности, осуществляемая методами давления или вакуумирования. Отремонтированная деталь должна демонстрировать устойчивость к рабочим нагрузкам, включая вибрационные и ударные воздействия, а также сохранять совместимость с эксплуатационными средами – маслами и удобрениями.

На практике в агропромышленном комплексе полимерные композиты успешно применяются для восстановления картеров коробок передач тракторов, заделки трещин в корпусах насосов оросительных систем, ремонта баков для химикатов с обеспечением защиты от агрессивных сред, а также для усиления зон концентрации напряжений в рамах сельскохозяйственных машин.

Экономический эффект от внедрения данных технологий значителен: затраты на ремонт снижаются на 40…60% по сравнению с полной заменой детали, а время простоя техники сокращается до 4…8 часов при возможности проведения работ непосредственно в полевых условиях. При этом ресурс отремонтированной детали сохраняется на уровне до 85% от показателей нового изделия.

Перспективные направления развития технологии связаны с внедрением 3D-печати композитами для изготовления индивидуальных ремонтных вставок, разработкой биоразлагаемых полимерных материалов с целью повышения экологичности сервисного обслуживания, применением нанодобавок, таких как графен и углеродные нанотрубки, для улучшения прочностных характеристик. Кроме того, наблюдается тенденция к автоматизации процессов нанесения композитов с использованием роботизированных комплексов.

В заключение следует отметить, что полимерные композиты демонстрируют высокую эффективность как инструмент оперативного ремонта корпусных деталей в агропромышленном комплексе. Внедрение данных технологий позволяет поддерживать работоспособность сельскохозяйственной техники при минимальных затратах. Для дальнейшего развития направления необходимо сосредоточить усилия на стандартизации применяемых методик и подготовке квалифицированных специалистов в области композитных ремонтных технологий.

Список литературы

1. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

2. Демьяненко В.В. Ремонт гидроцилиндров / В.В. Демьяненко, А.В. Бондарев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VII Международной студенческой научной конференции, Майский, 25–27 февраля 2025 года. – Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – С. 199-200. – EDN DFUUPX.

3. Снижение трудоемкости ТОиР колесных тракторов / А.С. Новицкий, А.В. Бондарев, М.И. Романченко, Е.С. Батырев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 26–27. – EDN GLSOPL.

УДК 631.173+621.311.2+620.93

ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ПИТАНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В АПК

Богданов А.П., Новицкий А.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Постоянно растущие тарифы на электроэнергию и стремление снизить углеродный след стимулируют поиск альтернативных источников энергии в агропромышленном комплексе. Солнечные панели особенно востребованы в АПК благодаря наличию обширных открытых пространств и совпадению сезонных пиков солнечной активности с повышенными потребностями в энергоснабжении [1, 2]. Это делает их оптимальным решением для удалённых объектов – пастбищ, теплиц, складов и других сельскохозяйственных сооружений.

Солнечные установки демонстрируют высокую эффективность при энергоснабжении целого ряда сельскохозяйственных объектов. К ним относятся автономные водоподъёмные станции, системы капельного орошения, вентиляционные установки в животноводческих комплексах, системы освещения складских и производственных помещений, а также оборудование для подзарядки электроинструментов и малой сельхозтехники. Во многих случаях такие решения позволяют отказаться от дорогостоящей прокладки линий электропередачи.

Для успешной эксплуатации в сельскохозяйственных условиях солнечные системы должны отвечать ряду ключевых требований. Они обязаны быть устойчивыми к воздействию пыли, влаги и резким перепадам температур, сохранять работоспособность при частичной затенённости, быть совместимыми с существующими электросетями хозяйства. Не менее важно наличие накопителей энергии, обеспечивающих бесперебойное питание в ночное время или при пасмурной погоде [3]. Оптимальная мощность установок варьируется от 1 до 10 кВт в зависимости от специфики объекта и его энергопотребностей.

Солнечные установки можно эффективно интегрировать с уже имеющимся оборудованием сельскохозяйственных предприятий. Они способны питать насосы через частотные преобразователи, заряжать аккумуляторы для электроинструмента, обеспечивать резервное питание критически важных узлов – например, систем микроклимата или кормораздачи. Однако для надёжной работы необходимо тщательно согласовать параметры инверторов и защитных устройств с характеристиками подключаемого оборудования.

При установке солнечных панелей на сельхозпредприятиях нужно учитывать ряд важных факторов. Панели следует ориентировать на юг, выбирая угол наклона, равный географической широте местности. Необходимо предусмотреть защиту от механических повреждений – например, от птиц, града или проезжающей сельхозтехники. Регулярная очистка панелей от пыли и растительных остатков – обязательное условие для сохранения их производительности. Кроме того, важно обеспечить надёжное заземление для защиты от молний.

Для бесперебойной работы солнечных систем критически важно подобрать подходящие накопители энергии. Свинцово-кислотные аккумуляторы отличаются низкой стоимостью, но имеют ограниченный срок службы. Литий-ионные батареи дороже, однако обеспечивают высокую ёмкость и длительный ресурс эксплуатации [4]. В некоторых случаях целесообразно использовать гибридные системы с дизель-генераторами, которые служат резервным источником питания в аварийных режимах. Ёмкость накопителей рассчитывают исходя из суточного энергопотребления и среднего числа пасмурных дней в регионе.

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение солнечных систем сопряжено с рядом сложностей. Первоначальные затраты на оборудование остаются довольно высокими. Производительность установок напрямую зависит от погодных условий, что создаёт риски нестабильного энергоснабжения. Кроме того, требуется регулярное обслуживание – очистка панелей и контроль уровня заряда накопителей. Ещё одной проблемой является дефицит квалифицированных специалистов по монтажу и обслуживанию солнечных систем в сельской местности.

В отрасли наблюдаются устойчивые тенденции к развитию. Растёт популярность бифациальных панелей, способных улавливать свет с двух сторон. Внедряются умные контроллеры с функцией прогнозирования выработки энергии. Формируются микросети для кооперативов фермеров, позволяющие оптимизировать распределение ресурсов. Кроме того, солнечные системы интегрируются с технологиями точного земледелия — например, для питания датчиков мониторинга и дронов. Эти инновации открывают новые возможности для повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

Список литературы

1. Основы организации технического сервиса в агропромышленном комплексе : Учебник / И.Н. Кравченко, Ю.А. Кузнецов, А.В. Коломейченко [и др.]. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «КноРус», 2022. – 452 с. – (Бакалавриат и магистратура). – ISBN 978-5-406-08940-8. – EDN WHVHKI.

2. Стребков С.В. Технология ремонта машин : учебно-методическое пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 181 с. – EDN GTLALV.

3. Технологические процессы ремонтного производства : учебно-методическое пособие для проведения практических работ по профессиональному модулю ПМ 03 Техническое обслуживание и диагностирование неисправностей сельскохозяйственных машин и механизмов / Е.С. Батырев, А.С. Новицкий, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 166 с. – EDN OJCROC.

4. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

УДК 631.3

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРООКРАШИВАНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ

Терентьев О.В., Терентьев В.В.
ФГБОУ ВО Рязанский ГАТУ, г. Рязань, Россия

Электроокрашивание, широко известное как электронное покрытие или электрофоретическое покрытие, является перспективной технологией защиты от коррозии при производстве сельскохозяйственной техники, особенно для деталей, требующих равномерного нанесения покрытия сложной геометрии. Процесс включает погружение электропроводящих деталей в ванну для нанесения покрытия на водной основе и подачу постоянного электрического напряжения, в результате чего заряженные частицы покрытия перемещаются и равномерно осаждаются на заземленной детали. Катодное электроосаждение, при котором заготовка служит катодом в электрической цепи, стало преобладающей технологией для сельскохозяйственной техники благодаря превосходной коррозионной стойкости по сравнению с системами анодного электроосаждения. Толщина покрытия обычно достигает 15…35 микрон, что обеспечивает исключительную однородность даже на кромках, углах, сварных швах и внутренних полостях.

В химическом составе систем катодного электроокрашивания, используемых для сельскохозяйственной техники, в основном используются эпоксидные или акриловые смолы, модифицированные аминогруппами, которые обеспечивают положительный электрический заряд, необходимый для нанесения. При подаче напряжения, обычно от 150 до 400 вольт, в зависимости от требований к толщине покрытия и параметров ванны, положительно заряженные частицы смолы перемещаются к заготовке катода и осаждаются контролируемым образом. По мере образования покрытия на поверхности увеличивается электрическое сопротивление, и осаждение покрытия становится самоограничивающимся, предотвращая чрезмерную толщину покрытия, которая может привести к дефектам. Нанесенное покрытие подвергается электроэндосмосу – процессу, при котором вода удаляется из пленки покрытия обратно в ванну, в результате чего образуется плотное покрытие с низкой пористостью и высокой рассеивающей способностью, достигающее углублений. После нанесения покрытия детали промываются для удаления неотложившегося материала покрытия, а затем запекаются при температуре от 160 до 190 градусов Цельсия для придания покрытию конечных свойств, включая твердость, химическую стойкость и защиту от коррозии.

Производители сельскохозяйственной техники широко применяют электроокрашивание для шасси тракторов, рам погрузчиков, блоков двигателей, корпусов трансмиссий и других компонентов, требующих высокой степени защиты от коррозии. Равномерное покрытие, достигаемое за счет электроосаждения, обеспечивает постоянную защиту всего узла независимо от сложности геометрии детали, устраняя тонкие участки, которые могут привести к преждевременному разрушению от коррозии. Системы нанесения электрокрасочных покрытий

производят минимум опасных отходов по сравнению с системами окраски на основе растворителей, а химический состав для ванн на водной основе обеспечивает высокую эффективность переноса, обычно превышающую 95 процентов. Возможности автоматизации процессов позволяют производить продукцию в больших объемах с неизменным качеством, что необходимо для производства сельскохозяйственной техники, где объемы производства популярных моделей тракторов и комбайнов могут достигать десятков тысяч единиц в год. Испытания стальных панелей с гальваническим покрытием солевым напылением показали, что их коррозионная стойкость до появления красной ржавчины составляет более 1500 часов, что соответствует стандартам автомобильной промышленности, которые в настоящее время все чаще применяются к сельскохозяйственному оборудованию.

Системы катодной защиты представляют собой альтернативный или дополняющий подход к защите от коррозии сельскохозяйственной инфраструктуры и оборудования на основе покрытий, которые остаются неподвижными в течение длительного времени. Эти системы подают небольшой электрический ток на металлические конструкции, что делает их катодными по сравнению с анодами, которые подвергаются коррозии в большей степени, защищая конструкцию. Правильно спроектированные и обслуживаемые системы катодной защиты могут продлить срок службы сельскохозяйственной техники на десятилетия по сравнению с традиционными методами.

Список литературы

1. Забара К.А., Терентьев В.В., Киселев В.А. Совершенствование технологического процесса подготовки техники к хранению // Вестник РГАТУ. 2024. Т. 16, № 1. – С. 101–113.– DOI 10.36508/RSATU.2024.62.60.014.

2. Успенский И.А., Рембалович Г.К., Храпова Т.Е. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии и износа с применением нанотехнологий // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы национальной научно-практической конференции. – Рязань, 2023. – С. 205–209.

3. Рембалович Г.К. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVII Международной научно-производственной конференции. Том 4. – Майский, 2023. – С. 182–183.

4. Надежность технических систем : учебное пособие / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – 185 с.

УДК 631.171

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ТЕХНИКИ

Каменский А.Д., Бондарев А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Внедрение цифровых платформ приносит ощутимый экономический эффект. Снижение внеплановых остановок достигает 30…50 %, что напрямую влияет на сроки уборочных работ. Затраты на ремонт сокращаются на 20…40 % благодаря переходу от регламентного обслуживания к плановому ТО по фактическому состоянию [1, 2]. Увеличение межремонтных интервалов оптимизирует использование ресурсов, а прозрачность эксплуатации (история работ, расход ТСМ, нагрузка на узлы) повышает управляемость процессами. Логистика сервисного обслуживания становится эффективнее: механики выезжают только по реальным запросам, а не согласно графику. Кроме того, документирование данных упрощает взаимодействие со страховыми компаниями и производителями техники в рамках гарантийных обязательств.

На мировом рынке представлены как глобальные, так и локальные решения. Система John Deere JDLink обеспечивает телеметрию, удалённую диагностику и обновления программного обеспечения через платформу MyJD. CLAAS telematics предлагает комплексный мониторинг параметров с интеграцией в системы ферм-менеджмента. В России развиваются отечественные платформы, часто базирующиеся на экосистеме 1С или специализированных IoT-решениях для АПК. Они поддерживают сбор данных с CAN-шины и включают модули предиктивной аналитики. Отдельно стоит выделить систему Cognitive Agro Pilot, объединяющую функции ИИ-автопилотирования с мониторингом технического состояния техники.

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение цифровых платформ сталкивается с рядом барьеров. Инфраструктурные ограничения связаны с недостаточным покрытием сотовой связи в отдалённых сельскохозяйственных районах. Технические сложности возникают из-за разнородности парка техники: разные протоколы обмена данными, типы датчиков и CAN-шины требуют унифицированных решений [3]. Экономический фактор ограничивает доступность технологий для малых хозяйств из-за высокой стоимости внедрения. Кадровый дефицит проявляется в нехватке специалистов, способных анализировать данные и настраивать системы. Вопросы кибербезопасности остаются актуальными в контексте защиты от взлома и фальсификации данных. Наконец, отсутствие единых стандартов обмена информацией затрудняет интеграцию разнородных систем.

Будущее цифровых платформ связано с углублённой интеграцией с точными агротехнологиями. Например, синхронизация с картами урожайности и системами дифференцированного внесения удобрений позволит оптимизировать нагрузку на технику [4]. Технология цифровых двойников откроет возможности

для симуляции режимов работы и прогнозирования износа узлов. Автономные сервисы, включая роботизированные осмотры и дроны для визуальной диагностики, снизят потребность в ручном контроле. Блокчейн-технологии могут обеспечить доверенную историю техобслуживания, повышая прозрачность гарантийных процессов. Дополнительным стимулом станет расширение государственной поддержки цифровизации АПК через субсидии и гранты, что сделает инновации доступнее для широкого круга сельхозпроизводителей.

Цифровые платформы удалённого мониторинга становятся неотъемлемым элементом «умного сельского хозяйства». Их внедрение позволяет перейти от регламентного технического обслуживания к стратегии обслуживания «по состоянию», что существенно снижает эксплуатационные издержки и повышает надёжность техники. Для масштабного распространения технологий необходимы решения в области стандартизации, развития инфраструктуры связи и подготовки квалифицированных кадров. Дальнейшие исследования в сфере предиктивной аналитики и искусственного интеллекта откроют новые возможности для превентивной диагностики, делая эксплуатацию комбайнов ещё более эффективной и предсказуемой.

Список литературы

1. Порицкий В.М. Мобилизация ТОиР на предприятиях агропромышленного комплекса / В.М. Порицкий, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 294. – EDN MIRUCU.

2. Ковалев С.В. Инженерная этика и ее роль в профессиональном развитии / С.В. Ковалев, А.С. Новицкий, М.Г. Букат // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 17–18. – EDN FBLFUD.

3. Новицкий А.С. Обеспечение качества услуг на предприятиях технического сервиса / А.С. Новицкий, С.В. Ковалев, Е.С. Батырев // Инновационные решения в агроинженерии в XXI веке : Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 16 декабря 2020 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2021. – С. 84–89. – EDN VILCRV.

4. Романченко М.И. Транспорт в сельскохозяйственном производстве : Лекционный курс для студентов инженерного факультета специальности 11.03.01 «Механизация сельского хозяйства» / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2008. – 128 с. – EDN UIABYL.

УДК 621.891+620.179.16+62-78

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА АГРЕГАТОВ ПО ПАРАМЕТРАМ МАСЛА

Поляков И.Ю., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В современных условиях эксплуатации машин и оборудования особую значимость приобретает задача обеспечения их надёжности при одновременном снижении затрат на техническое обслуживание. Традиционные методы замены смазочных материалов, опирающиеся на фиксированные интервалы по пробегу или моточасам, не учитывают реального состояния масла и агрегатов. Это порождает две противоположные, но одинаково нежелательные ситуации: с одной стороны – преждевременный слив ещё работоспособного масла, ведущий к нерациональному расходованию ресурсов, с другой – продолжение эксплуатации агрегатов на деградировавшем масле, что ускоряет износ и повышает риск внезапных отказов [1].

Переход к обслуживанию по фактическому состоянию, основанного на прогнозировании остаточного ресурса по параметрам масла, позволяет устранить эти недостатки и достичь существенного экономического и эксплуатационного эффекта.

В процессе эксплуатации масло подвергается комплексному воздействию различных факторов. Высокие температуры инициируют термоокислительную деградацию, механические нагрузки вызывают сдвиговые деформации и кавитацию, а химические реакции приводят к окислению, нитрованию и сульфатированию. Кроме того, в масле накапливаются загрязнения – продукты износа, сажа, вода и топливо.

Эти процессы неизбежно влекут за собой изменение ключевых параметров масла. Кинематическая вязкость отклоняется от номинального значения, щелочное число *TBN* снижается, кислотное число *TAN* возрастает. Одновременно растёт содержание металлов износа (железа, меди, алюминия и других), увеличивается степень окисления и нитрования, фиксируемая по ИК-спектру [2]. Повышается концентрация нерастворимых примесей, изменяется диэлектрическая проницаемость ε. Все эти показатели служат индикаторами состояния масла и косвенно – состояния агрегата.

Для достоверного прогнозирования ресурса агрегата необходимо регулярно контролировать параметры масла, используя различные методы. Лабораторный анализ, опирающийся на стандартизированные методики ASTM и ГОСТ, включает вискозиметрию, титрование и спектроскопию. Эти методы обеспечивают высокую точность, но требуют времени и специализированного оборудования.

В качестве альтернативы применяются экспресс-методы с использованием портативных анализаторов, позволяющих оперативно оценивать вязкость, проводимость и оптическую плотность масла. Наибольший потенциал имеет онлайн-мониторинг с помощью датчиков, интегрированных в масляную систему.

Такие датчики в реальном времени отслеживают вязкость, влажность и концентрацию частиц износа, обеспечивая непрерывный контроль состояния масла.

Оптимальная стратегия предполагает комбинирование этих методов, что позволяет сбалансировать требования к точности и оперативности получения данных.

Прогнозирование остаточного ресурса базируется на установлении корреляций между параметрами масла и техническим состоянием агрегата. В практике применяются различные математические модели. Регрессионные модели, как линейные, так и нелинейные, описывают зависимости ресурса от изменений вязкости $\Delta\nu$, щелочного числа ΔTBN и других параметров.

Модели на основе теории подобия используют симплексы подобия для комплексной оценки состояния масла и агрегата. Нейросетевые алгоритмы и методы машинного обучения позволяют анализировать многомерные данные и выявлять неявные закономерности, которые трудно формализовать традиционными методами. Марковские модели учитывают стохастичность процессов деградации, что особенно важно при прогнозировании в условиях неопределённости.

Определение момента, когда масло достигает предельного состояния и требует замены, основывается на комплексе критериев. Одним из ключевых индикаторов служит критическое снижение щелочного числа *TBN*, свидетельствующее о потере нейтрализующей способности масла. Существенное отклонение кинематической вязкости – более чем на ±20% от номинального значения – также указывает на необходимость замены.

Резкий рост кислотного числа *TAN* сигнализирует о начале коррозионных процессов, способных повредить детали агрегата. Достижение пороговой концентрации металлов износа – железа, меди, алюминия – служит прямым указанием на интенсивный износ узлов трения. Кроме того, присутствие воды или топлива в концентрации, превышающей нормативные значения, недопустимо и требует немедленных действий.

Использование комбинированного критерия, учитывающего несколько параметров одновременно, позволяет снизить вероятность ложных срабатываний и повысить достоверность прогноза. Такой подход обеспечивает более обоснованное принятие решения о замене масла.

Список литературы

1. Стребков С.В. Свойства бензина и эксплуатационная надежность двигателя / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 169 с. – ISBN 978-5-605-01367-9. – EDN HZLKMS.

2. Новицкий А.С. Комплесный критерий оценки эксплуатационных свойств моторных масел / А.С. Новицкий, Е.С. Батырев // Цифровые и инженерные технологии в АПК : Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 25 ноября 2021 года / Майский: Белгородский ГАУ, 2022. – С. 53–55. – EDN ZWASUH.

УДК 631.3+658.382+62-78

ПРОФИЛАКТИКА ТРАВМАТИЗМА ПРИ ДЕМОНТАЖЕ КРУПНОГАБАРИТНЫХ УЗЛОВ В АПК

Сидельников Е.Г., Титова И.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Демонтаж крупногабаритных узлов – двигателей, мостов, редукторов – относится к наиболее рискованным операциям в сфере технического сервиса АПК. Несоблюдение правил безопасности чревато тяжёлыми травмами: переломами, ушибами, повреждениями позвоночника. Поэтому профилактика травматизма становится не просто формальным требованием, а жизненно важной задачей, напрямую влияющей на здоровье работников и экономическую устойчивость предприятия.

Травмы при демонтаже чаще всего происходят из-за комплекса факторов. Среди них – отсутствие чётких инструкций или их игнорирование, использование неисправного либо неподходящего инструмента, недостаточная квалификация персонала. Серьёзную угрозу создают нарушения правил строповки и перемещения грузов, а также захламлённость рабочей зоны и отсутствие ограждений. Устранение этих причин – первый шаг к снижению риска.

Безопасность при демонтаже регламентируется рядом нормативных документов. В их числе – правила по охране труда при работе с грузоподъёмными механизмами, стандарты организации рабочих мест в ремонтных зонах, а также инструкции по эксплуатации специализированного оборудования: домкратов, талей, кантователей. Строгое следование этим требованиям – обязательное условие для предотвращения несчастных случаев.

Перед началом работ необходимо тщательно подготовить зону демонтажа. Это включает освобождение пространства от посторонних предметов, установку предупредительных знаков и ограждений, проверку устойчивости опор и платформ. Важно обеспечить достаточное освещение и разместить аптечку первой помощи в легкодоступном месте. Такие меры снижают вероятность нештатных ситуаций и помогают оперативно реагировать на чрезвычайные обстоятельства [1].

Использование СИЗ – неотъемлемая часть безопасного процесса демонтажа. Работники обязаны применять каски с подбородочным ремнём, защитные очки или лицевые щитки, перчатки с противоскользящим покрытием, обувь с металлическим подноском. При работе в зоне движения техники дополнительно требуется сигнальный жилет. Правильный подбор и регулярное использование СИЗ существенно снижают риск травм.

Грамотная строповка и подъём крупногабаритных деталей требуют строгого соблюдения ряда правил. Необходимо использовать только сертифицированные стропы и захваты, проверять грузоподъёмность оборудования, выдерживать допустимые углы наклона строп (не более 90°). Перед перемещением обязателен пробный подъём на высоту 10-15 см. Крайне важно исключить

нахождение людей под грузом во время подъёма и транспортировки. Эти меры минимизируют риск обрушения и травмирования персонала.

Применение специализированного оборудования значительно повышает безопасность демонтажных работ [2]. Гидравлические домкраты с предохранительными клапанами, тельферы и кран-балки с ограничителями грузоподъёмности, кантователи для разворота узлов, вакуумные захваты для листового металла – всё это снижает физическую нагрузку на работников и уменьшает вероятность ошибок. Внедрение механизированных решений позволяет выполнять операции точнее и безопаснее, чем при ручной работе.

Подготовка сотрудников – ключевой элемент профилактики травматизма. Каждый работник обязан пройти вводный инструктаж по охране труда, стажировку под руководством опытного мастера, а затем регулярно подтверждать знания – не реже одного раза в полгода. Важную роль играет разбор реальных случаев травматизма на производстве: анализ причин и обсуждение мер предотвращения подобных ситуаций в будущем.

При групповом демонтаже критически важно чётко распределить роли и наладить взаимодействие между участниками. Назначается ответственный за безопасность, согласовываются сигналы и команды, определяются функции каждого члена бригады: оператора подъёмника, стропальщика, наблюдателя. Предусматривается возможность экстренной остановки работ при возникновении нештатных ситуаций. Такая организация труда снижает риск несогласованных действий и повышает общую безопасность процесса [3].

Современные технологии открывают новые возможности для снижения травматизма. Внедряются системы видеонаблюдения с аналитикой опасных зон, используются экзоскелеты для уменьшения нагрузки на позвоночник, применяются AR-очки с пошаговыми инструкциями по демонтажу. Автоматизированные платформы позволяют перемещать узлы без ручного труда, что существенно снижает риски для работников. Интеграция таких решений в производственный процесс формирует основу для долгосрочного повышения уровня безопасности в сфере технического сервиса АПК.

Список литературы

1. Стребков С.В. Оборудование и эксплуатация нефтебаз и автозаправочных станций / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, С.В. Ковалев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2024. – 145 с.

2. Нефтебазы и автозаправочные станции. Оборудование и эксплуатация / А.А. Добрицкий, Д.Н. Бахарев, С.Ф. Вольвак, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2023. – 213 с. – EDN ZTGILS.

3. Выпускная квалификационная работа : учебно-методическое пособие / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 118 с. – EDN XUQKMY.

УДК 620.17:631.3

ПРОЧНОСТЬ, ЖЁСТКОСТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ, ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ КАК ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ НАДЁЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ

Кузубов А.А., Емелина Е.Н., Постников Е.В., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Надёжность рабочих органов сельскохозяйственных орудий закладывается при проектировании (конструировании) и обеспечивается при их изготовлении. При этом безотказности и долговечности уделяют особое внимание, т.к. они определяют возможность возникновения отказов и ограничение ресурса. Прочность, жёсткость, устойчивость и износостойкость определяют эти свойства надёжности.

Прочность – это способность материала, элемента конструкции или всей конструкции сопротивляться разрушению (либо необратимым пластическим деформациям) под действием внутренних напряжений, возникающих вследствие внешних механических нагрузок (растяжение, сжатие, изгиб, кручение, сдвиг), температурных градиентов, усадки и других факторов, вызывающих напряжённо-деформированное состояние [1]. Прочность определяет граничные условия работоспособности: конструкция считается прочной, если при заданных нагрузках не происходит хрупкого разрушения, пластического течения (для пластичных материалов), усталостного разрушения при циклических нагрузках, ползучести и др.

Прямого функционального соотношения между предельным напряжением в сечении и модулем упругости Юнга **E** не существует [2, 3]. Однако между ними есть физико-механическая связь через поведение материала в упругой и пластической областях посредством предельного напряжения, которое характеризует прочность материала. Косвенные связи подтверждаются через диаграмму деформирования, энергию упругой деформации, жесткость конструкции. Материал с большими значением модуля упругости, как правило, имеют высокое предельное напряжение. **E** опосредованно влияет на величину упругих деформаций при рабочих напряжениях, запас по деформации до достижения предельного напряжения, конструктивные решения (размеры сечений) при ограничении по жёсткости [4].

Жёсткость – это способность твёрдого тела, конструкции или её элемента сопротивляться деформации (изменению формы и/или размеров) под действием приложенных внешних сил (нагрузок) вдоль заданного направления в выбранной системе координат. Чем выше жёсткость, тем меньше деформация при одной и той же нагрузке. Анализ аналитических выражений осевой, при кручении, при изгибе и контактной жёсткости показывает ее зависимость от свойства материала (**E**) и особенностей конструкции элементов.

Устойчивость – это свойство конструкции (или её элемента) сохранять заданную форму равновесия при действии внешних сил. Устойчивая система после малого возмущения либо возвращается в исходное состояние, либо остаётся в

малом отклонении от него, тогда как неустойчивая продолжает деформироваться и может разрушиться даже при относительно низких нагрузках. Устойчивость конструкции прямо зависит от **E** [5]. Чем он выше, тем выше критическая нагрузка, при которой система теряет устойчивость. Решение задачи Эйлера об устойчивости сжатого стержня является подтверждением этому.

Износостойкость – свойство материала сопротивляться изнашиванию, т.е. постепенному разрушению поверхностного слоя при трении. Прямая функциональная зависимость изнашивания от **E** нет. Однако **E** влияет на изнашивание косвенно – через упругие деформации в зоне контакта и перераспределение контактных напряжений. При высоком модуле упругости меньше упругие деформации, выше локальные напряжения в зоне контакта, лучше упругое восстановление, потенциально ниже коэффициент трения в упругом режиме. При низком – больше контактные деформации и площадь контакта, ниже максимальные напряжения, но шире зона повреждения, чаще пластические деформации и адгезионное изнашивание [6, 7].

Таким образом, технологические операции позволяют формировать поверхностные слои на основном конструкционном материале детали, у которых **E** отличается от модуля упругости детали. Это даёт возможность влиять на прочность, жёстокость, упругость и износостойкость одновременно, применив конструкционный материал с более низким **E**, т. е. менее качественный и более дешёвый без потери долговечности и безотказности.

Список литературы

1. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с.

2. Стребков С.В. Надежность технических систем : учебное пособие / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – 185 с.

3. Стребков С.В. Технология ремонта машин : Учебное пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2016. – 182 с.

4. Слободюк А.П. Причины отказов рабочего органа дискатора / А.П. Слободюк, С.В. Стребков // Научное обозрение. 2014. № 4. – С. 26–33.

5. Об упрочнении рабочей кромки почвообрабатывающих орудий электроискровым легированием / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев // Труды ГОСНИТИ. 2018. Т. 130. – С. 142–150.

6. Strebkov S. Restoration of the working body of the John Deere 512 disk ripperwith multilayer front surfacing / S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev // Engineering for Rural Development : 19, Jelgava, 20-22 мая 2020 года. – Jelgava, 2020. – P. 102–106. – DOI 10.22616/ERDev.2020.19.TF023.

7. Strebkov S. Technology of electrospark hardening of cutting surface of feed mixer knives / S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev // Engineering for Rural Development : 20, Virtual, Jelgava, 26-28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 819–824. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF187.

УДК 631.3+62-78+658.56

РАЗБОРКА СПИСАННЫХ МАШИН С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ

Никитенко З.А., Сахнов А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В агропромышленном комплексе ежегодно списывают значительное количество техники – тракторы, комбайны, сеялки, опрыскиватели и вспомогательные агрегаты. Рациональная разборка таких машин с извлечением ценных компонентов позволяет снизить затраты на закупку новых запчастей, сократить объёмы промышленных отходов и повысить экономическую эффективность технического сервиса. Цель работы – рассмотреть технологию разборки списанной сельхозтехники и систематизировать подходы к извлечению и повторному использованию ценных элементов [1].

Процесс разборки списанных машин и обращения с извлечёнными компонентами регулируется комплексом нормативных документов. Среди них – Федеральный закон № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», ГОСТР 57703-2017 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Ликвидация списанной техники», Правила технической эксплуатации сельхозтехники, а также нормативные акты по учёту материальных ценностей и списанию основных средств.

Особое внимание уделяется требованиям к обращению с опасными отходами – маслами, аккумуляторами, хладагентами [2, 3]. Законодательство обязывает предприятия документально оформлять списание техники, учитывать извлечённые детали и правильно утилизировать непригодные компоненты.

Процесс разборки проходит поэтапно, что позволяет максимально эффективно извлечь ценные компоненты и минимизировать повреждения. Сначала выполняют подготовительные работы: отключают аккумулятор и сливают все технические жидкости – масла, антифризы, гидравлические жидкости – в специальные ёмкости для последующей утилизации или регенерации. Затем демонтируют легкодоступные узлы: светотехнику, электрооборудование, кабину, сиденья и элементы управления.

На следующем этапе снимают навесное оборудование и крупные агрегаты – двигатели, коробки передач, мосты, гидравлические системы [4]. При этом особое внимание уделяют сохранности резьбовых соединений и уплотнений, чтобы не повредить детали, пригодные для повторного использования.

Завершающий этап включает разборку агрегатов на отдельные детали, сортировку компонентов по материалу – сталь, чугун, цветные металлы, пластик – и оценку их технического состояния [5]. В ходе осмотра фиксируют наличие следов износа, коррозии и деформаций, что помогает определить дальнейшую судьбу каждой детали.

При разборке сельхозтехники выделяют несколько категорий ценных компонентов. К ним относятся запчасти с остаточным ресурсом – двигатели,

коробки передач, мосты, гидронасосы, электромоторы, подшипники, валы и шестерни, которые можно восстановить и использовать повторно.

Значительную ценность представляют цветные металлы: медь из обмоток электродвигателей и проводки, алюминий из корпусов и радиаторов, латунь из фитингов и кранов. В отдельных компонентах, например в контактах реле, датчиках и электронных платах, содержатся драгоценные металлы – серебро и палладий.

Для эффективной и безопасной разборки применяют специализированное оборудование. Гидравлические прессы и съёмники помогают демонтировать запрессованные детали без повреждений. Гайковёрты и пневмоинструменты ускоряют процесс откручивания крепежа, снижая трудозатраты.

Подъёмно-транспортные механизмы – тельферы, краны, гидравлические тележки – необходимы для перемещения тяжёлых узлов. Диагностические приборы позволяют проверить электрооборудование и электронные системы, а ёмкости и насосы – безопасно слить технические жидкости. Для разделки корпуса на лом используют инструменты для резки металла.

Особое внимание уделяют технике безопасности: обязательно применяют средства индивидуальной защиты, фиксируют машину на ровной площадке и принимают меры для предотвращения самопроизвольного падения узлов.

Разборка списанных машин с извлечением ценных компонентов – важный элемент ресурсосбережения в АПК. Грамотная организация этого процесса позволяет повысить экономическую эффективность технического сервиса, снизить экологическую нагрузку и создать базу для восстановления техники. Внедрение современных технологий и нормативного регулирования сделает разборку сельхозтехники более системной и выгодной для агропредприятий.

Список литературы

1. Выпускная квалификационная работа : учебно-методическое пособие / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 118 с. – EDN XUQKMY.

2. Технологические процессы ремонтного производства : учебно-методическое пособие по профессиональному модулю ПМ 03 Техническое обслуживание и диагностирование неисправностей сельскохозяйственных машин и механизмов / Е.С. Батырев, А.С. Новицкий, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 166 с. – EDN OJCROC.

3. Новицкий А.С. Обеспечение качества услуг на предприятиях технического сервиса / А.С. Новицкий, С.В. Ковалев, Е.С. Батырев // Инновационные решения в агроинженерии в XXI веке : Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 16 декабря 2020 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2021. – С. 84–89. – EDN VILCRV.

4. Базов А.Р. Организация технического обслуживания и ремонта СХТ в агропредприятиях / А.Р. Базов, И.В. Цыпкина // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VII Международной студенческой научной конференции, Майский, 25-27 февраля 2025 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – С. 144–145. – EDN MDCAXA.

5. Порицкий В.М. Технические моменты обслуживания и ремонта передней подвески автобуса ПАЗ-32053 / В.М. Порицкий, И.В. Цыпкина // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, , Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 29–31. – EDN YFCDDO.

УДК 631.172+628.3

РАЗРАБОТКА ЗАМКНУТЫХ ЦИКЛОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ В АПК

Походенко Е.А., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В условиях ужесточения экологических требований и роста стоимости технических жидкостей переход к замкнутым циклам становится стратегической необходимостью для АПК. Отказ от линейной модели «использование → сброс» позволяет не только снизить нагрузку на окружающую среду, но и существенно сократить затраты сельхозпредприятий на закупку свежих составов и утилизацию отработанных материалов [1].

Современная агротехника активно использует моторные и трансмиссионные масла, охлаждающие и гидравлические жидкости, а также рабочие растворы для обработки растений. При неконтролируемом сбросе эти вещества становятся серьёзным источником загрязнения почвы и водоёмов, нарушая экологический баланс. Внедрение замкнутых циклов позволяет минимизировать негативные последствия за счёт регенерации и повторного применения жидкостей.

Эффективный замкнутый цикл базируется на последовательной реализации нескольких ключевых этапов. Сначала осуществляется сбор отработанных жидкостей с обязательным условием их разделения по типам для исключения смешивания [2]. Затем следует многоступенчатая очистка, включающая фильтрацию, сепарацию и химическую нейтрализацию. На следующем этапе происходит восстановление эксплуатационных свойств с помощью специальных добавок и стабилизаторов. Перед повторным использованием обязательно проводится контроль качества, а неустранимые остатки безопасно утилизируются.

Современные методы восстановления технических жидкостей демонстрируют высокую эффективность. Центрифугирование успешно удаляет механические примеси, адсорбционная очистка с применением природных материалов (глины, силикагели) поглощает загрязнители, вакуумная дистилляция отделяет воду и лёгкие фракции, а ионно-обменные установки нейтрализуют кислотные соединения [3]. Комбинированное использование этих технологий позволяет восстанавливать от 70 до 90% первоначального ресурса жидкости.

Для продления жизненного цикла антифризов и тосолов применяется комплекс мер по восстановлению их рабочих характеристик. В процессе рециркуляции удаляется шлам и накипь, корректируется уровень pH и концентрация ингибиторов коррозии, добавляются специальные присадки для восстановления защитных свойств. Использование систем с фильтрами и химическими анализаторами даёт возможность применять охлаждающие жидкости в течение 3-5 полных циклов без потери эффективности.

При работе с пестицидами и удобрениями особую важность приобретает система сбора остатков из опрыскивателей и трубопроводов. Последующая нейтрализация активных компонентов с помощью биодеградации или окисления

позволяет безопасно использовать очищенную воду для технических нужд. Такой подход не только сокращает расход химикатов, но и предотвращает загрязнение сельскохозяйственных угодий, снижая экологическую нагрузку на поля.

Современный рынок предлагает разнообразные технические решения для организации замкнутых циклов. Доступны мобильные установки для очистки масел, стационарные комплексы с автоматизированным контролем процессов и модульные системы, адаптированные для малых хозяйств. Особую перспективу имеют разработки с интегрированными датчиками IoT, обеспечивающими непрерывный мониторинг качества жидкостей в режиме реального времени.

Внедрение замкнутых циклов приносит ощутимую экономическую выгоду. За счёт повторного использования жидкостей закупки свежих составов сокращаются на 40…60%. Одновременно снижаются расходы на утилизацию отходов и минимизируется риск штрафов за нарушение экологических норм. При регулярном объёме переработки от 5 тонн в год оборудование окупается в среднем за 2…4 года, что делает инвестиции экономически обоснованными.

Организация замкнутых циклов требует строгого соблюдения действующего законодательства. Необходимо учитывать классификацию отходов по классу опасности, получать лицензии на деятельность по сбору и переработке, вести отчётность по движению опасных веществ. Соблюдение этих норм – обязательное условие легальной эксплуатации замкнутых циклов и гарантия экологической безопасности предприятия.

Будущее замкнутых циклов связано с внедрением инновационных решений. Активно развиваются биоразлагаемые технические жидкости, создаются компактные установки для малых фермерских хозяйств, внедряются системы автоматизированного контроля качества с использованием искусственного интеллекта.

Список литературы

1. Стребков С.В. Свойства бензина и эксплуатационная надежность двигателя / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 169 с. – ISBN 978-5-605-01367-9. – EDN HZLKMS.

2. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

3. Ашурбеков Р.Ш. Проект мобильного комплекса технического обслуживания / Р.Ш. Ашурбеков, А.В. Бондарев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VII Международной студенческой научной конференции, Майский, 25-27 февраля 2025 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – С. 136–137. – EDN ZNKVAY.

УДК 631.3-004.6

РАЗРАБОТКА РЕГЛАМЕНТОВ ТО ДЛЯ ИМПОРТНОЙ СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ

Носков Н.Д., Романченко М.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В настоящее время значительная доля парка сельскохозяйственной техники в России состоит из импортных машин – тракторов, комбайнов, посевных и уборочных комплексов. Их эффективная эксплуатация сталкивается с рядом сложностей. Во-первых, отсутствуют регламенты технического обслуживания (ТО), адаптированные к российским агротехническим и климатическим условиям. Во-вторых, наблюдается дефицит оригинальных расходных материалов и запасных частей. В-третьих, зачастую недостаточен уровень квалификации персонала для работы с высокотехнологичными электронными системами. Кроме того, существенно различаются условия эксплуатации: от климатических особенностей до характеристик обрабатываемых почв. В этой связи разработка локальных регламентов ТО становится ключевым условием для сохранения работоспособности и продления ресурса импортной техники [1].

При формировании регламентов опираются на несколько базовых источников. Прежде всего, это эксплуатационная документация производителя – руководства по эксплуатации и сервисные бюллетени. Важную роль играют международные стандарты ТО (ISO, SAE, DIN), а также требования российских ГОСТов в области безопасности и экологии. Существенное значение имеет статистика отказов и наработки на отказ по конкретному парку машин, эксплуатируемому в регионе. Не менее важны климатические и почвенные характеристики зоны применения техники [2]. При этом критически необходимо учитывать модификации машин, предназначенные для российского рынка, а также особенности местных горюче-смазочных материалов (ГСМ).

Типовый регламент ТО включает комплекс обязательных элементов. В него входят перечни операций для разных видов обслуживания – ежедневного, ТО-1, ТО-2, сезонного и предпродажного. Чётко прописывается периодичность проведения работ, измеряемая в моточасах, гектарах или километрах пробега. Регламент определяет нормы трудозатрат и перечень необходимого оборудования. В документе фиксируются спецификации масел, фильтров и технических жидкостей, допустимые критерии браковки узлов и предельные значения износа. Особое внимание уделяется алгоритмам диагностики электронных систем, а также мерам безопасности при выполнении работ [3].

Для эффективной эксплуатации импортной техники требуется корректировка исходных регламентов с учётом российских реалий. В частности, целесообразно сократить межсервисные интервалы на 15…30% из-за повышенной запылённости и влажности воздуха. Часто возникает необходимость замены рекомендованных производителем масел на отечественные аналоги с эквивалентными эксплуатационными характеристиками [4]. В регламент включают дополнительные операции по очистке радиаторов и воздушных фильтров, что

особенно важно в условиях сильной загрязнённости. Учитываются сезонные перепады температур – от −30°C зимой до +40°C летом. Кроме того, процедуры диагностики адаптируют под доступные в регионе контрольно-измерительные приборы [5].

Современные импортные машины оснащены сложными электронными системами, требующими особого подхода к обслуживанию. К ним относятся бортовые компьютеры с функцией самодиагностики, системы GPS-навигации и автопилотирования, датчики нагрузки на двигатель и трансмиссию, а также электронные блоки управления навесным оборудованием. Для их квалифицированного обслуживания необходимо специализированное программное обеспечение, позволяющее считывать коды ошибок и анализировать состояние систем. Важным этапом является калибровка сенсоров после замены узлов, а также регулярное обновление прошивок в соответствии с актуальными сервисными бюллетенями производителя.

Список литературы

1. Романченко М.И. Диагностика и техническое обслуживание машин : Курс лекций для студентов инженерного факультета специальности 110304.65 «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2010. – 95 с. – EDN UIIFBR.

2. Снижение трудоемкости ТОиР колесных тракторов / А.С. Новицкий, А.В. Бондарев, М.И. Романченко, Е.С. Батырев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 26–27. – EDN GLSOPL.

3. Скурятин Н.Ф. Справочное пособие для курсового и дипломного проектирования : эксплуатация машинно-тракторного парка / Н.Ф. Скурятин, М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 1999. – 154 с. – EDN ULONCJ.

4. Романченко М.И. Силовые параметры качения колеса в ведущем режиме / М.И. Романченко // Тракторы и сельхозмашины. 2009. № 9. – С. 41–44. – EDN LTSEJO.

5. Романченко М.И. Анализ мощностного баланса при качении колеса в ведущем режиме / М.И. Романченко // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 2 (26). – С. 86–94. – EDN PLHDAK.

УДК 631.363.21

РАЗРАБОТКА СПОСОБА РЕМОНТА МОЛОТКОВ МОЛОТКОВЫХ ДРОБИЛОК

Бутримов А.Н., Сахнов А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Ремонт молотков дробилок является важнейшей частью технического обслуживания дробильного оборудования. Из-за высокой нагрузки и интенсивного износа молотки постепенно теряют рабочие свойства, поэтому требуется либо их восстановление различными методами, либо полная замена. В зависимости от степени износа и конструктивных особенностей применяются разные виды ремонта – от простой наплавки рабочих поверхностей до сложных восстановительных операций.

Процесс ремонта начинается с диагностики. Выполняется визуальный осмотр молотков, при котором выявляются трещины, сколы, деформации и общий износ рабочей части. Дополнительно проверяется состояние крепёжных элементов и оценивается величина износа поверхности [1]. На этом этапе определяют, возможно ли восстановление или требуется изготовление нового молотка.

Когда степень повреждений установлена, принимается решение о способе ремонта. Это может быть наплавка изношенной части, наварка износостойких пластин или применение комбинированных методов. При сильном разрушении рабочей зоны либо наличии конструктивных дефектов возникает необходимость в изготовлении нового молотка или замене отдельных модулей, если конструкция это позволяет [2].

Перед началом ремонта выполняются подготовительные работы: снимают молотки с дробилки, очищают их от загрязнений, остатков обрабатываемого материала, масла и пыли [3]. Параллельно подготавливается сварочное оборудование и расходные материалы, подходящие по составу к марке стали, из которой изготовлен молоток.

В ходе ремонта чаще всего используют наплавку изношенной поверхности с помощью твердосплавных электродов или проволоки. Этот метод позволяет восстановить рабочую форму и обеспечить высокую износостойкость. Если износ слишком большой, применяют наварку износостойких пластин, изготовленных из твёрдых сплавов. В случаях, когда конструкция молотка предусматривает сменные элементы, например биты, заменяют лишь их, сохраняя основную часть детали [4].

После выполнения сварочных операций иногда требуется термическая обработка. Она позволяет снять внутренние напряжения, возникшие в металле вследствие нагрева, а также повысить твердость наплавленного слоя. Это делает восстановленный участок более долговечным и устойчивым к абразивному воздействию.

По завершении ремонта проводится контроль качества. Проверяются геометрические размеры, чтобы убедиться в соответствии восстановленной детали требованиям. Измеряется твердость наплавленного металла, а также выполняется контроль сварных швов для выявления дефектов.

Когда молотки полностью восстановлены, их устанавливают обратно на ротор дробилки. Очень важно обеспечить правильность монтажа и надежность крепления. При необходимости выполняют балансировку ротора, чтобы минимизировать вибрации и предотвратить преждевременный износ оборудования.

При выборе способа ремонта необходимо учитывать тип дробилки и конструкцию её молотков, а также материал изготовления. Наиболее распространённые стали для таких деталей – 65Г и 30ХГСА. Они изначально обладают необходимой прочностью, но дополнительно проходят термообработку до твердости 45…50 HRCэ, что гарантирует высокую износостойкость. Поэтому при подборе сварочных материалов важно учитывать совместимость с базовым металлом.

В статье также описан оригинальный способ восстановления молотка. Его суть заключается в том, что молоток разрезают по плоскости А–А, расположенной справа от центра отверстия. Причём расстояние от этой плоскости до центра отверстия делают таким же, как расстояние от левого края молотка до центра отверстия. Это обеспечивает сохранение межцентрового расстояния, которое соответствует заводским параметрам новых молотков. После разрезания одну из частей поворачивают на 180°, затем обе части соединяют сваркой встык, точно выдерживая требуемую геометрию. Такой метод позволяет восстановить молоток даже при значительных повреждениях его рабочей зоны, сохранив при этом важные конструктивные размеры.

Ремонт молотков дробилок – процесс ответственный и технически сложный. Он требует профессионального подхода, точного соблюдения технологий и тщательного контроля качества на всех этапах. Правильно выполненное восстановление позволяет значительно увеличить срок службы молотков и существенно уменьшить затраты на обслуживание дробильного оборудования.

Список литературы

1. Патент № 2812483 C1 Российская Федерация, МПК B02C 13/28. Способ восстановления молотков молотковой дробилки : № 2023112995 : заявл. 18.05.2023 : опубл. 30.01.2024 / А.В. Сахнов, С.В. Стребков, А.В. Бондарев ; заявитель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. – EDN UGRYNV

2. Алтунин И.В. Восстановление ведомых дисков дифференциальных механизмов методом ЭИЛ / И.В. Алтунин, А.С. Жильцов, М.И. Романченко // Молодёжный аграрный форум – 2018 : Материалы международной студенческой научной конференции, Белгород, 20-24 марта 2018 года. Том 2. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2018. – С. 126. – EDN YVDEJB.

3. Патент № 2782367 C1 Российская Федерация, МПК B23P 6/00, B23P 19/10, B23G 9/00. Способ восстановления резьбовых соединений : № 2022103761 : заявл. 14.02.2022 : опубл. 26.10.2022 / А.В. Сахнов, С.В. Стребков, А.В. Бондарев [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. – EDN NUNDCJ.

4. Электроискровая обработка – универсальный метод упрочнения деталей / А.С. Новицкий, Е.С. Батырев, С.В. Ковалев, А.Г. Серов // Инновационные технологии: опыт, проблемы, перспективы развития, Тверь, 25 октября 2023 года. – Тверь : Тверская ГСХА, 2023. – С. 360–362. – EDN FNXWDQ.

УДК 629.113.068.4

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И РЕМОНТА ЭНЕРГОАККУМУЛЯТОРОВ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ

Сидельников Е.Г., Новицкий А.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Энергоаккумуляторы пружинного типа (узлы стояночного и аварийного торможения пневматических тормозных систем грузовых автомобилей и автобусов) относятся к потенциально опасным агрегатам из-за наличия мощной сжатой пружины и работы со сжатым воздухом. Низкая культура обслуживания, отсутствие специализированного оснащения и попытки разборки без фиксации силового элемента приводят к травмам персонала и росту повторных отказов. В тезисах обоснована необходимость разработки специализированного стенда для диагностирования и ремонта энергоаккумуляторов, сформулированы требования к безопасности и измерительным функциям, предложена структура стенда, порядок проведения испытаний и критерии годности. Ожидаемый эффект от внедрения стенда заключается в повышении безопасности работ, сокращении времени диагностики, унификации контроля герметичности и работоспособности, а также снижении доли необоснованной замены узлов [1-3].

Энергоаккумулятор тормозной системы выполняет функции стояночного тормоза и резервного торможения. Конструктивно узел сочетает пружинную силовую камеру и рабочую диафрагменную камеру. При наличии давления в соответствующей полости пружина сдерживается, при падении давления пружина приводит в действие тормозной механизм [4, 5, 7]. Основные эксплуатационные проблемы связаны с утечками воздуха, износом уплотнений, повреждением диафрагмы, коррозией внутренних поверхностей, заклиниванием штока, нарушением регулировки и дефектами соединений [6, 8]. Отдельную проблему составляет безопасность: при разборке без штатного стопорения или без защитных приспособлений высвобождение энергии пружины может привести к тяжелым травмам. Поэтому в условиях ремонтных подразделений целесообразно применять стенд, который обеспечивает управляемую подачу давления, измерение параметров, проверку герметичности и безопасное выполнение операций разборки и сборки [2, 3].

Стенд должен обеспечивать два класса функций: диагностические и ремонтные.

К диагностическим функциям относятся:

1. Проверка герметичности раздельно по полостям (падение давления за заданное время или утечки по мыльному раствору) при регулируемом давлении [7, 8].

2. Проверка работоспособности: ход штока, плавность перемещения, отсутствие заеданий при подаче и сбросе давления.

3. Контроль времени срабатывания и возврата (при наличии требований у предприятия) [7].

4. Косвенная оценка состояния возвратной пружины по усилию штока или по характеру перемещения (при наличии датчика силы) [8].

5. Контроль правильности подключения и маркировки портов, исключение ошибочного монтажа [5].

К ремонтным функциям относятся:

1. Безопасная фиксация энергоаккумулятора в защитном кожухе или клети [2].

2. Возможность безопасного стравливания давления и контролируемой подачи воздуха [3].

3. Возможность установки и использования штатного стопорного винта (клеточного болта) и выполнения разборки без риска высвобождения пружины [7, 8].

4. Приспособления для замены уплотнений, диафрагмы, пружины (по регламенту) и для последующей проверочной сборки [7, 8].

Разработка стенда для диагностирования и ремонта энергоаккумуляторов тормозной системы является обоснованной мерой повышения безопасности и эффективности обслуживания пневматических тормозов [2, 3].

Предложенная структура стенда ориентирована на контроль герметичности, проверку перемещения штока и безопасное выполнение ремонтных операций с учетом высокой запасенной энергии пружины [7, 8]. Наиболее важными требованиями являются защитная зона, ограничение давления, средства быстрого стравливания и стандартизированная методика испытаний с фиксацией результатов.

Список литературы

1. ГОСТ 12.3.017-79. Система стандартов безопасности труда. Ремонт и техническое обслуживание автомобилей. Общие требования безопасности. – Москва : Издательство стандартов, 1980.

2. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок: утв. приказом Минтруда России от 15.12.2020 № 903н. Москва: Минтруд России, 2020.

3. ЕЭК ООН. Правила № 13. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категорий M, N и O в отношении торможения. Женева: ЕЭК ООН.

4. Bosch automotive handbook. 10th edition. Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 2018.

5. Виноградов В.М. Устройство, техническое обслуживание и ремонт автомобилей : учебное пособие / В.М. Виноградов. – Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2026. – 376 с. – (Среднее профессиональное образование). – ISBN 978-5-906923-31-8. – Текст : электронный. – URL: https://znanium.ru/catalog/product/2216469 (дата обращения: 25.05.2026). – Режим доступа: по подписке.

6. WABCO. Spring Brake Actuators. Service and Maintenance Documentation. Hannover: WABCO, 2019.

7. Knorr-Bremse. Brake Systems for Commercial Vehicles. Technical Information and Service Notes. Munich: Knorr-Bremse, 2020.

8. Кузьмин Н.А. Диагностика современных автомобилей : учебное пособие / Н.А. Кузьмин, А.Д. Кустиков. – Москва : ИНФРА-М, 2026. – 229 с. – (Высшее образование). – DOI 10.12737/1078766. – ISBN 978-5-16-020682-0. – Текст : электронный. – URL: https://znanium.ru/catalog/product/2233633 (дата обращения: 25.05.2026). – Режим доступа: по подписке.

УДК 621.43.004.67

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МАХОВИКОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Шокуров Н.А., Новицкий А.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Маховик двигателя внутреннего сгорания относится к ответственным деталям, влияющим на устойчивость работы двигателя, качество пуска и ресурс узлов сцепления. В процессе эксплуатации маховики получают износ рабочей поверхности под ведомый диск сцепления, термические повреждения в виде перегрева и пятен отпуска, трещины, износ посадочных и крепежных элементов, а также дефекты зубчатого венца. Замена маховика на новый экономически оправдана не всегда, особенно для коммерческой техники и при ограниченной доступности запасных частей. В тезисах предложена технология восстановления маховиков, включающая входной контроль, дефектацию, выбор способа ремонта, механическую обработку, восстановление зубчатого венца, балансировку и контроль качества. Особое внимание уделено безопасности, обеспечению соосности и стабильности геометрии после ремонта, а также предупреждению повторных отказов. Технология ориентирована на условия ремонтного предприятия и позволяет повысить долю ремонтопригодных маховиков при сохранении эксплуатационной надежности.

Маховик выполняет функции накопления кинетической энергии, сглаживания неравномерности крутящего момента и обеспечения взаимодействия двигателя со стартером и трансмиссией. Рабочая поверхность маховика под сцепление должна обеспечивать стабильный коэффициент трения, минимальные биения и правильную геометрию, иначе возникают пробуксовка, вибрации, перегрев и ускоренный износ ведомого диска и корзины сцепления [1, 3]. Наиболее распространенные дефекты маховиков связаны с нарушением теплового режима сцепления и ошибками эксплуатации: длительная пробуксовка, работа с изношенным диском, неправильная регулировка привода, а также попадание масла на фрикционную поверхность [2]. При этом ремонт маховика осложняется требованиями к точности, балансировке и недопущению снижения прочности.

Цель работы: разработать технологию восстановления маховиков ДВС, обеспечивающую экономическую эффективность ремонта при соблюдении требований к надежности.

Задачи:

1) определить типовые дефекты маховиков и критерии их браковки;

2) сформировать последовательность технологических операций восстановления;

3) обосновать выбор методов ремонта для разных групп дефектов;

4) определить контрольные операции и критерии приемки после восстановления;

5) предложить меры предупреждения повторных отказов в эксплуатации.

На практике выделяют следующие группы дефектов:

1) износ и риски на фрикционной поверхности, локальная волнистость;

2) термические дефекты: прижоги, трещины от перегрева, изменение структуры поверхностного слоя;

3) биения и несоосность рабочих поверхностей относительно посадки на коленчатом валу;

4) повреждение зубчатого венца: сколы, износ вершин зубьев, местные задиры;

5) износ или повреждение резьбовых отверстий, штифтовых посадок, посадок под подшипник первичного вала (если предусмотрено конструкцией) [2, 3].

Предложенная технология позволяет:

1) снизить затраты на ремонт по сравнению с заменой маховика, особенно для коммерческого транспорта;

2) уменьшить число повторных отказов сцепления за счет контроля геометрии, качества поверхности и обязательной балансировки [2, 3];

3) повысить безопасность и культуру ремонта через стандартизированную дефектацию и регламент принятия решений о браковке [4-6].

Разработка технологии восстановления маховиков ДВС должна опираться на дефектацию, выбор рационального способа ремонта и жесткий контроль геометрии и балансировки. Наиболее критичны: выявление трещин и термических повреждений, сохранение требуемой ступени и параллельности поверхностей, качество посадки и состояние зубчатого венца, а также выполнение балансировки после операций, меняющих массу детали. Внедрение технологии в ремонтное производство повышает экономическую эффективность и обеспечивает стабильное качество восстановленных маховиков при соблюдении требований надежности.

Список литературы

1. Robert Bosch GmbH. Bosch automotive handbook. 10th ed. Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 2018.

2. Кузнецов В.Н. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник. – Москва : Академия, 2019.

3. ГОСТ 18442-80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования. – Москва : Издательство стандартов, 1980.

4. Стребков С.В. Технология ремонта машин : учебное пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов. – Москва : ИНФРА-М, 2022. – 246 с. – (Среднее профессиональное образование). – ISBN 978-5-16-016901-9. – Текст : электронный. – URL: https://znanium.ru/catalog/product/1322318 (дата обращения: 25.05.2026). – Режим доступа: по подписке.

5. ГОСТ 21105-87. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Общие требования. – Москва : Издательство стандартов, 1987.

6. ISO 21940-11:2016. Mechanical vibration. Rotor balancing. Procedures and tolerances for rotors. Geneva: ISO, 2016.

УДК 631.3-004.6

РАЗРАБОТКА ЧЕК-ЛИСТОВ ДЛЯ ЕЖЕСМЕННОГО ТО ТРАКТОРОВ МТЗ-82

Рогов А.Ю., Батырев Е.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Ежесменное техническое обслуживание (ЕТО) тракторов МТЗ-82 играет решающую роль в поддержании их работоспособности. Регулярное и качественное проведение ЕТО позволяет предотвратить преждевременный износ узлов, сократить число внеплановых ремонтов и повысить общую производительность техники. Однако на практике процесс контроля выполнения ЕТО зачастую остаётся слабо формализованным: механики опираются на собственную память или используют разрозненные записи [1]. В этой связи разработка унифицированных чек-листов представляется важным шагом, способным стандартизировать процедуру, минимизировать влияние человеческого фактора и обеспечить системный контроль состояния машины.

Цель исследования заключается в создании практических чек-листов, которые обеспечат полноту и последовательность проверок при проведении ежесменного ТО МТЗ-82. Для достижения поставленной цели необходимо последовательно решить ряд задач. Прежде всего требуется тщательно изучить регламент ЕТО, зафиксированный в эксплуатационной документации на МТЗ-82 [2]. Затем следует определить ключевые узлы и системы, нуждающиеся в ежедневной проверке. После этого необходимо сформулировать чёткие и однозначные пункты контроля, снабдив их понятными критериями оценки. Важно также предусмотреть специальные поля для фиксации результатов проверок и подписей ответственных лиц. Наконец, разработанные чек-листы нужно апробировать в реальных условиях эксплуатации и скорректировать с учётом полученной обратной связи.

Структура чек-листа выстроена по принципу «проверка → критерий → действие», что обеспечивает логичность и прозрачность процедуры. Чек-лист охватывает все основные аспекты осмотра: от внешнего состояния корпуса до работоспособности отдельных систем и узлов. В частности, предусмотрен внешний осмотр, направленный на выявление повреждений, подтёков жидкостей и посторонних предметов в зоне движителей. Обязательно проверяется уровень рабочих жидкостей – масла в картере дизеля, охлаждающей жидкости, масла в гидросистеме и топлива в баке. Контролируется состояние пневмосистемы: давление в шинах, отсутствие утечек воздуха, производится слив конденсата из ресивера [3, 4]. Проверяется работоспособность электрооборудования – фар, габаритных огней, поворотников, стоп-сигналов и стеклоочистителей. Отдельное внимание уделяется механическим узлам: натяжению ремня вентилятора, состоянию ремней привода, люфтам шарниров и целостности защитных кожухов. Также оцениваются органы управления – ход педалей, усилие на руле, чёткость переключения КПП и работа тормозов. Завершается осмотр проверкой

двигателя: оценивается запуск, устойчивость работы на разных оборотах, отсутствие посторонних шумов и дымности.

Для каждого пункта чек-листа определены конкретные методы проверки – визуальный осмотр, использование щупа, манометра или пробный пуск. Чётко указаны допустимые параметры, например уровень масла должен находиться между метками «min» и «max». Кроме того, прописаны действия при выявлении отклонений: долить жидкость, подтянуть крепление или сообщить механику. Это позволяет исключить разночтения и обеспечить единообразие процедур.

Использование чек-листов даёт ряд существенных преимуществ. Прежде всего достигается стандартизация процедур: все механики следуют единому алгоритму, что исключает пропуски проверок. Повышается прозрачность процесса – зафиксированные результаты служат доказательством проведённого ТО при возникновении споров о причинах поломок. Накопленные данные открывают возможности для аналитики: можно выявлять типовые неисправности и планировать закупки запчастей. Чек-листы также облегчают обучение новых сотрудников – они быстро осваивают процедуру ЕТО по чётким инструкциям. Кроме того, подписанный чек-лист подтверждает соблюдение регламента, что имеет важное значение при рассмотрении гарантийных случаев.

Практические рекомендации по использованию чек-листов включают несколько ключевых положений. Чек-листы должны стать обязательным элементом ЕТО – без их заполнения трактор не допускается к работе. Ежемесячно следует проводить аудит заполненных бланков для анализа динамики состояния парка машин. При изменении регламента ТО или появлении новых модификаций МТЗ-82 необходимо своевременно обновлять содержание чек-листов. Для цифровых форм важно предусмотреть офлайн-режим работы, актуальный для полевых условий. Наконец, работу с чек-листами следует включить в программу обучения новых механиков.

Список литературы

1. Романченко М.И. Диагностирование топливных насосов высокого давления по моменту начала нагнетания топлива / М.И. Романченко // Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 57–64. – EDN ZHCEFN.

2. Романченко М.И. Совершенствование методики расчета эксплуатационного расхода топлива для дизельных грузовых автомобилей / М.И. Романченко, А.Г. Пастухов // Грузовик. 2015. № 6. – С. 27–36. – EDN UIKSEJ.

3. Романченко М.И. Транспорт в сельскохозяйственном производстве : Лекционный курс для студентов инженерного факультета специальности 11.03.01 «Механизация сельского хозяйства» / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2008. – 128 с. – EDN UIABYL.

4. Романченко М.И. Кинематические параметры качения колеса в ведущем режиме / М.И. Романченко // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2009. № 2 (33). – С. 46–49. – EDN KZGPRL.

УДК 621.892.84

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭФФЕКТА БЕЗЫЗНОСНОСТИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКЕ

Коленченко Д.В., Бондарев А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Современное сельскохозяйственное производство предъявляет высокие требования к надежности и долговечности машинно-тракторного парка. Интенсивная эксплуатация техники в условиях переменных нагрузок делает проблему износа узлов трения особенно актуальной. В этой связи перспективным направлением является применение трибологических методов, в частности использование эффекта избирательного переноса (эффекта безызносности – ЭБ).

ЭБ заключается в образовании на поверхностях трения тонкой сервовитной пленки, обладающей низким сдвиговым сопротивлением и способностью к самовосстановлению. В классическом виде данный эффект реализуется в трибосопряжениях типа медь-сталь или латунь-сталь при смазывании глицерином или другими спиртосодержащими жидкостями [1]. В условиях сельскохозяйственной техники его реализация возможна из состава специальных смазок (металлоплакирующих присадок, реметаллизантов), содержащих мягкие металлы (медь, олово, свинец) или их соединения.

Принцип действия таких составов основан на химическом восстановлении ионов металлов непосредственно в зоне трения с образованием защитной пленки. Эта пленка не только снижает коэффициент трения (до 0,01-0,05), но и предотвращает непосредственный контакт микронеровностей, локализуя схватывание и задиры. Экспериментальные исследования показывают, что применение металлоплакирующих смазочных материалов позволяет при автокомпенсации снизить интенсивность изнашивания в 1,5-3 раза и увеличить ресурс узлов трения на 30-50% [2].

Использование ЭБ в агропромышленном комплексе ограничен. Во-первых, эффективность присадок зависит от совместимости с базовыми маслами и конструкционными материалами. Во-вторых, требуется тщательная очистка смазочной системы от продуктов износа и отложений, так как загрязнения препятствуют формированию качественной пленки. В-третьих, режимы обкатки и эксплуатации должны обеспечивать условия для трибохимического синтеза защитного слоя.

В этой связи актуальной задачей является разработка триботехнических составов, адаптированных к условиям эксплуатации энергонасыщенной сельскохозяйственной техники. Основное внимание уделяется узлам трения, работающим в наиболее напряженных условиях: кривошипно-шатунный механизм, цилиндропоршневая группа, распределительные валы и подшипниковые узлы трансмиссии, как ресурсоограничивающие элементы.

Особое внимание следует уделять изучению влияния разрабатываемых составов на противоизносные и противозадирные свойства моторного и

трансмиссионного масел, а также на совместимость с уплотнительными материалами. Предварительные теоретические расчеты показывают, что формирование сервовитной пленки толщиной 1-2 мкм способно компенсировать микронеровности и снизить вероятность схватывания при локальных перегревах, характерных для пусковых режимов и пиковых нагрузок [3].

Таким образом, применение ЭБ на основе специально разработанных триботехнических составов представляет собой перспективный путь повышения долговечности узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники. Как показывают фундаментальные исследования в области трения и изнашивания, именно управление процессами вторичного структурообразования на поверхностях контакта позволяет достичь качественного изменения ресурса машин [4]. Научное обоснование выбора компонентов присадки и режимов их использования позволит реализовать ресурсосберегающую стратегию технического обслуживания, снизить интенсивность изнашивания наиболее ответственных сопряжений и увеличить межремонтные интервалы. Дальнейшее развитие данного направления требует проведения системных исследований триботехнических характеристик разрабатываемых композиций в условиях, максимально приближенных к реальным эксплуатационным.

Список литературы

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника: учебник / Д.Н. Гаркунов. – М. : Машиностроение, 1999. – 336 с.

2. Поляков Н.В. Основы триботехники: тексты лекций / Н.В. Поляков. – Воронеж : ВГЛТА, 2012. – 182 с.

3. Balabanov V.I. Self-organization of friction conditions when using repair and recovery additives to lubricants / V.I. Balabanov // Трибологичен журнал БУЛТРИБ. 2018. Vol. 7, No. 7. – P. 132. – EDN JCHNYS.

4. Крагельский И.В. Основы расчетов на трение и износ / И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов. – М. : Машиностроение, 1977. – 526 с.

5. Стребков С.В. Обоснование применения добавок к смазочным материалам / С.В. Стребков, А.С. Стребков // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2009. № 1 (32). – С. 85–86.

6. Tribological compensation for reduced properties of parts during operation / S. Strebkov, A. Bondarev, A.P. Slobodyuk, E. Vasilenko // Engineering for Rural Development : 20, Virtual, Jelgava, 26-28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 227–233. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF047.

7. Стребков С.В. Биологические смазочные материалы как основа поверхностно-активных присадок / С.В. Стребков, А.В. Казаринов // Труды ГОСНИТИ. 2010. Т. 105. – С. 87–90. – EDN TJHNZL.

8. Стребков С.В. Энергетическая теория применительно к трибологии / С.В. Стребков // Труды ГОСНИТИ. 2011. Т. 107, № 1. – С. 11–12.

УДК 631.331

РЕМОНТ ДИСКОВЫХ СОШНИКОВ СЕЯЛОК ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Косьяненко Р.И., Сахнов А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Диски сошников зерновых сеялок являются одними из наиболее ответственных и нагруженных рабочих органов, обеспечивающих формирование борозды и точное размещение семян. В процессе эксплуатации диски подвергаются интенсивному абразивному износу, воздействию твёрдых минеральных включений, ударным нагрузкам и деформациям, что приводит к ухудшению качества посева, увеличению сопротивления почве и нарушению глубины заделки семян. Наиболее часто встречающиеся дефекты включают уменьшение наружного диаметра, затупление режущей кромки, увеличение зазора между дисками и коробление, снижающее стабильность хода сошника. Важно своевременно выявлять такие нарушения при техническом обслуживании, поскольку состояние дисков напрямую влияет на равномерность распределения семян и общую эффективность сеялки. Регулярная дефектация включает оценку толщины режущей кромки, зазоров между дисками, плавности вращения и симметричности профиля, что позволяет определить необходимость ремонта либо полной замены узла [1, 2].

Способы восстановления дисков зависят от характера повреждений. При незначительных деформациях применяется правка, при умеренном радиальном износе — заточка режущей кромки. Однако такие методы эффективны лишь на ранних стадиях износа. Для существенного восстановления рабочей поверхности используется наплавка, включая контактную шовную наплавку с последующим упрочнением порошковыми материалами на основе сормайта, что позволяет восстановить геометрию режущей части и повысить износостойкость детали. Несмотря на эффективность, традиционные методы восстановления имеют низкую производительность и высокую трудоёмкость, что ограничивает их применение в крупных хозяйствах [3].

Современные исследования акцентируют внимание на необходимости применения технологий упрочнения, ориентированных на изменение структуры поверхностного слоя для повышения стойкости к абразивному износу. Упрочнённые диски способны обеспечить более стабильное качество формирования борозды, снижая энергоёмкость процесса посева и повышая долговечность сеялочных агрегатов. Восстановление дисков является ключевым элементом общего технического обслуживания сеялок, обеспечивающим их надёжную работу на протяжении сезона. Грамотно выполненный ремонт снижает нагрузку на смежные механизмы, обеспечивает равномерное заглубление всех сошников и способствует поддержанию высокой урожайности за счёт точного размещения семян [4].

Таким образом, ремонт дисков зерновых сеялок представляет собой важнейшую часть системы технического обслуживания посевной техники,

направленную на продление срока службы рабочих органов, снижение эксплуатационных затрат и повышение качества посевных работ. Применение современных методов восстановления и упрочнения позволяет существенно улучшить эксплуатационные характеристики дисков и повысить надёжность сельскохозяйственных машин в условиях интенсивного использования.

Список литературы

1. Бондарев А.В. К вопросу увеличения ресурса рабочих органов посевных и почвообрабатывающих машин / А.В. Бондарев, М.И. Романченко, А.С. Новицкий // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 10–11. – EDN ETSLGN.

2. Разработка комбинированных технологий восстановления / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов, С.В. Ковалев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 37–38. – EDN AZBCQX.

3. Затраты времени на обслуживание и ремонт колёсных тракторов будут снижены / Н.Ф. Скурятин, А.В. Бондарев, В.М. Порицкий, И.В. Васильченко // Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы : Материалы XXII международной научно-производственной конференции, Майский, 28-29 мая 2018 года. Том 1. – Майский : Белгородский ГАУ, 2018. – С. 216–218. – EDN XSYEDB.

4. Упрочнение стрельчатых культиваторных лап электроискровым легированием / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов // Вестник АПК Ставрополья. 2019. № 1 (33). – С. 21–26. – EDN DTMFYY.

УДК 631.361

РЕМОНТ СТРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП КУЛЬТИВАТОРОВ

Косьяненко Р.И., Сахнов А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Стрельчатые лапы культиваторов являются одними из наиболее нагруженных рабочих органов почвообрабатывающих машин и подвергаются интенсивному абразивному износу, особенно при работе на твёрдых и сухих почвах. Их изнашивание приводит к ухудшению качества обработки почвы, росту тягового сопротивления, увеличению расхода топлива и необходимости частой замены рабочих органов. Согласно данным исследований, лапы теряют до 30…50% ресурса вследствие истирания носовой части и лезвий, что требует внедрения эффективных методов восстановления и упрочнения деталей [1-3].

Традиционные методы ремонта – такие как ручная электродуговая наплавка и газотермическое напыление – широко применялись на протяжении десятилетий, но обладают существенными недостатками: значительная зона термического влияния, риск деформации тонкостенных частей, ограниченная адгезия наплавленного слоя и невысокая стойкость восстановленных рабочих поверхностей. Патентные разработки предлагают усовершенствованные технологии, включающие формирование буферного слоя металла на тыльной стороне лапы с последующей горячей оттяжкой по форме режущей части и термическим упрочнением, что повышает твердость рабочей зоны и улучшает сопротивление абразивному износу [2].

Современные подходы ориентированы на использование высокотехнологичных методов восстановления, прежде всего лазерной и плазменной наплавки. Лазерная наплавка обеспечивает минимальную зону термического влияния, высокую точность формирования покрытия и отличную адгезию, что позволяет восстановить геометрию стрельчатой лапы с минимальной последующей механической обработкой. Экспериментальные исследования показывают, что наплавка порошков на основе карбида вольфрама (WC–Co) позволяет увеличить срок службы лап в 2…3 раза по сравнению с традиционными методами. Кроме того, лазерное упрочнение обеспечивает более равномерную структуру покрытия, повышенную твердость и износостойкость, что особенно важно при эксплуатации в агрессивных почвенных условиях [3-4].

Научные работы последних лет подчеркивают важность применения комбинированных технологий восстановления: упрочняющей наплавки, последующей термообработки и использования износостойких материалов. Плазменная наплавка, согласно данным диссертационных исследований, позволяет существенно снизить тяговое сопротивление культиватора и улучшить ресурс деталей за счет оптимального сочетания структуры наплавленного слоя и его механических свойств. Кроме того, современные методы позволяют регулировать шероховатость поверхности рабочей части лапы, что уменьшает сопротивление почвы и снижает энергозатраты.

Важным направлением повышения ресурса стрельчатых лап является использование новых конструкционных материалов и биметаллических сталей, а также внедрение сменных режущих элементов, которые дают возможность обновлять только изношенную часть детали, не заменяя всю лапу целиком.

Таким образом, ремонт стрельчатых лап культиваторов является комплексным технологическим процессом, включающим диагностику степени износа, восстановление геометрии, упрочнение поверхности и контроль качества наплавленного слоя. Современные методы восстановления позволяют не только продлить срок службы деталей, но и повысить экономическую эффективность эксплуатации культиваторов за счёт снижения затрат на замену рабочих органов и улучшения агротехнических показателей обработки почвы.

Список литературы

1. Повышение прочности культиваторных лап / И.И. Титова, И.В. Цыпкина, С.В. Ковалев [и др.] // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 50–51. – EDN PBAGDA.

2. Разработка комбинированных технологий восстановления / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов, С.В. Ковалев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 37–38. – EDN AZBCQX.

3. Способы повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих орудий / А.В. Бондарев, А.В. Сахнов, М.И. Романченко, А.С. Новицкий // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 12–13. – EDN CIJLOH.

4. Алтунин И.В. Восстановление ведомых дисков дифференциальных механизмов методом ЭИЛ / И.В. Алтунин, А.С. Жильцов, М.И. Романченко // Молодёжный аграрный форум – 2018 : Материалы международной студенческой научной конференции, Белгород, 20–24 марта 2018 года. Том 2. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2018. – С. 126. – EDN YVDEJB.

УДК 621.89

РОЛЬ СОВРЕМЕННЫХ ПРИСАДОК В ПОВЫШЕНИИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ (API, ACEA)

Коленченко Д.В., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Повышение интенсивности сельскохозяйственного производства предъявляет повышенные требования к состоянию машинно-тракторного парка. Основной причиной отказа техники является износ сопряжений. Существенное влияние на долговечность сопрягаемых деталей оказывают трибологические методы повышения надежности. Современные смазочные материалы представляют собой композицию основы и пакета присадок, обеспечивающих необходимые эксплуатационные характеристики. Диапазон применения оценивают по международной классификации согласно Американского института нефти (API) и Ассоциации европейских производителей автомобилей (ACEA) как важнейшего фактора управления трением и износом [1].

Классификации API и ACEA это международные стандарты, систематизирующие моторные, трансмиссионные и индустриальные масла по эксплуатационным свойствам. Для дизельных двигателей сельскохозяйственной техники актуальны категории API CK-4 и FA-4, пришедшие на смену API CJ-4, а также классы ACEA E4, E6, E7, E9 для тяжелых дизелей. Переход на новые классы связан с ужесточением экологических норм и требований к энергоэффективности, что достигается модификацией пакетов присадок [2].

С трибологической точки зрения, эффективность современных присадок определяется их способностью формировать на поверхностях трения вторичные структуры – граничные слои, разделяющие контактирующие поверхности и предотвращающие их непосредственное взаимодействие. Противоизносные присадки на основе диалкилдитиофосфата цинка (ZDDP), входящие в состав масел категорий API CK-4 и ACEA E9, при высоких температурах и давлениях разлагаются с образованием тонких стеклообразных пленок, содержащих полифосфаты цинка и железа. [3].

Важным аспектом современных классификаций является дифференциация требований к энергосберегающим свойствам масел. Категория API FA-4, а также классы ACEA с пониженной высокотемпературной вязкостью (например, ACEA E6 с допуском по топливной экономичности) предусматривают использование специальных модификаторов трения – органических соединений молибдена (MoDTC) или сложных эфиров. Эти компоненты образуют на поверхностях трения слои с низким коэффициентом трения скольжения, что позволяет снизить потери мощности на трение в двигателе и трансмиссии до 2-3% [4].

Современные пакеты присадок для моторных масел категории API CK-4 и ACEA E9 включают усовершенствованные противоизносные компоненты на основе диалкилдитиофосфата цинка (ZDDP), беззольные дисперсанты и высокощелочные моющие присадки. Данный комплекс обеспечивает формирование

прочных граничных слоев на поверхностях трения цилиндропоршневой группы и подшипников коленчатого вала, что замедляет процессы усталостного и абразивного изнашивания. Для трансмиссионных масел категории API GL-5, применяемых в ведущих мостах тракторов и комбайнов, используются присадки на основе серо-фосфорсодержащих соединений, предотвращающих задиры при высоких контактных нагрузках [5].

В гидравлических системах современной сельскохозяйственной техники все чаще применяются универсальные масла (UTTO/STOU), отвечающие требованиям нескольких категорий API и ACEA одновременно. Сложный пакет присадок в таких маслах должен обеспечивать не только низкий коэффициент трения для энергоэффективности насосов, но и заданные фрикционные свойства для работы многодисковых муфт сцепления, работающих в масле [4, 5].

Таким образом, систематизация знаний о современных присадках по классификациям API и ACEA является необходимым этапом в разработке триботехнических методов повышения долговечности сельскохозяйственной техники. Понимание механизмов действия различных типов присадок и требований, предъявляемых международными стандартами, позволяет обоснованно выбирать смазочные материалы для конкретных условий эксплуатации.

Список литературы

1. Totten G.E. Handbook of Lubrication and Tribology: Volume I Application and Maintenance / G.E. Totten. 2nd ed. CRC Press, 2006. – 1088 p.

2. API 1509. Engine Oil Licensing and Certification System. – American Petroleum Institute, 2019. – 350 p.

3. Rudnick L.R. Lubricant Additives: Chemistry and Applications / L.R. Rudnick. 3rd ed. CRC Press, 2017. – 694 p.

4. Bartz W.J. Lubricants and the environment / W.J. Bartz // Tribology International. 1998. Vol. 31, No. 1-3. – P. 35–47.

5. Mortier R.M. Chemistry and Technology of Lubricants / R.M. Mortier, M.F. Fox, S.T. Orszulik. 3rd ed. – Springer, 2010. – 560 p.

6. Стребков С.В. Обоснование применения добавок к смазочным материалам / С.В. Стребков, А.С. Стребков // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2009. № 1 (32). – С. 85–86.

7. Tribological compensation for reduced properties of parts during operation / S. Strebkov, A. Bondarev, A.P. Slobodyuk, E. Vasilenko // Engineering for Rural Development : 20, Virtual, Jelgava, 26-28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 227–233. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF047.

8. Стребков С.В. Биологические смазочные материалы как основа поверхностно-активных присадок / С.В. Стребков, А.В. Казаринов // Труды ГОСНИТИ. 2010. Т. 105. – С. 87–90.

9. Стребков С.В. Энергетическая теория применительно к трибологии / С.В. Стребков // Труды ГОСНИТИ. 2011. Т. 107, № 1. – С. 11–12.

УДК 631.3+62-78+621.822

СЕРВИСНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МАШИН, РАБОТАЮЩИХ НА ТИПИЧНЫХ ЧЕРНОЗЁМАХ

Кривенко В.О., Ковалев С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Типичные чернозёмы, занимающие значительные площади в ключевых аграрных регионах России, представляют собой парадокс для сельскохозяйственного производства. С одной стороны, это одни из самых плодородных почв, с другой – их физико-механические свойства создают серьёзные вызовы для эксплуатации техники. При повышенной влажности почва становится липкой и пластичной, налипая на рабочие органы машин [1]. В сухом состоянии чернозёмы приобретают высокую твёрдость, что усиливает износ деталей. Циклические процессы увлажнения и высыхания формируют плотную поверхностную корку, требующую дополнительных энергозатрат на обработку. Кроме того, абразивные частицы в составе почвы ускоряют износ узлов трения и гидравлических систем. Всё это приводит к росту эксплуатационных расходов, частым поломкам и вынужденным простоям техники. В таких условиях разработка специализированных сервисных решений становится не просто желательной, а критически необходимой для поддержания рентабельности агропроизводства [2].

Воздействие чернозёмов на сельскохозяйственную технику носит комплексный характер и проявляется по-разному в зависимости от влажности почвы. Когда влажность превышает 25%, почва начинает активно налипать на рабочие органы – лемехи, диски, лапы культиваторов. Это приводит к существенному увеличению тягового сопротивления, которое может возрастать на 30…50%. В результате двигатели и трансмиссии работают с перегрузкой, что ускоряет их износ. В противоположном состоянии – при недостаточной влажности – чернозёмы становятся твёрдыми, достигая показателей до 4…5 МПа. Такая твёрдость вызывает ускоренный износ режущих кромок рабочих органов, а также провоцирует деформацию металлоконструкций. Ещё один негативный фактор связан с циклическими изменениями влажности: после дождей почва высыхает, образуя плотную поверхностную корку [3]. Для её разрушения требуется дополнительное рыхление, что повышает энергозатраты. Наконец, наличие песчаных включений в чернозёме придаёт почве абразивные свойства. Эти частицы попадают в узлы трения, подшипники, шарниры и гидравлические уплотнения, вызывая их преждевременный выход из строя.

Эксплуатация машин на чернозёмах провоцирует ряд характерных неисправностей, которые можно назвать типовыми для таких условий. Чаще всего приходится сталкиваться с деформациями и трещинами рабочих органов – это следствие перегрузок, возникающих при налипании влажной почвы. Подшипники качения и скольжения изнашиваются быстрее обычного из-за постоянного воздействия абразивных частиц и повышенной нагрузки. Гидравлические системы нередко выходят из строя из-за проникновения мелких почвенных частиц, которые

повреждают уплотнения и засоряют каналы. Влажная почва способствует коррозии металлических элементов, особенно в местах стыков и сварных швов. Кроме того, двигатели часто перегреваются, поскольку вынуждены работать с повышенной нагрузкой, преодолевая сопротивление плотной или налипшей почвы.

Для минимизации негативного воздействия чернозёмов на технику применяются проверенные сервисные решения. Регулярная очистка рабочих органов от налипшей почвы – обязательный элемент обслуживания. Для этого используют специальные скребки либо системы самоочистки, которые автоматически удаляют почву во время работы. Узлы трения требуют усиленной смазки, причём предпочтение отдают водостойким смазочным материалам, способным противостоять влаге и абразивным частицам. Защитные покрытия значительно продлевают срок службы режущих поверхностей: твёрдосплавные наплавки или полимерные композиции снижают износ и предотвращают коррозию [4]. Контроль геометрии рабочих органов включает своевременную правку и заточку лезвий, что позволяет поддерживать эффективность обработки почвы. Особое внимание уделяют гидравлическим системам: фильтры и рабочую жидкость меняют чаще обычного, чтобы предотвратить засорение и износ компонентов.

Помимо базовых сервисных мероприятий, важную роль играют технологические подходы к организации обслуживания. Сезонная подготовка техники – неотъемлемая часть эксплуатации. Перед весенне-полевыми работами проверяют герметичность узлов, заменяют смазки на составы, устойчивые к влаге и грязи. Перед зимним хранением проводят консервацию открытых поверхностей, защищая их от коррозии. Оптимизация режимов работы позволяет снизить нагрузку на технику: например, при повышенной влажности уменьшают скорость движения, а при сухой почве обработку проводят поэтапно, чтобы избежать перегрузок.

Список литературы

1. Strengthening of cultivator Paws with electrospark doping / S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev, A. Sakhnov // Engineering for Rural Development, Jelgava, 22-24 мая 2019 года. Vol. 18. – Jelgava : Без издательства, 2019. – P. 549–554. – DOI 10.22616/ERDev2019.18.N178. – EDN KEZUHT.

2. Электроискровая обработка – как новый способ восстановления и упрочнения изношенных деталей / А.С. Новицкий, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов, Е.С. Батырев // Агроинженерия в XXI веке: проблемы и перспективы : материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции с международным участием, посвященной 30-летию инженерного факультета им. А.Ф. Пономарева, п. Майский, 28 октября 2019 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 333–336. – EDN VLJRBY.

3. Эксплуатационные испытания упрочненных стрельчатых культиваторных лап электроискровой обработкой / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 1 (21). – С. 71–80. – EDN DBNGML.

4. Разработка комбинированных технологий восстановления / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов, С.В. Ковалев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти д.т.н., профессора Вендина Сергея Владимировича, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 37–38. – EDN AZBCQX.

УДК 631.3+004.9+528.4

СИСТЕМЫ GPS-НАВИГАЦИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Сорокин А.А., Бондарев А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Рост затрат на топливо, удобрения и трудовые ресурсы заставляет сельхозпредприятия искать пути повышения эффективности. Системы GPS-навигации становятся ключевым инструментом оптимизации: они сокращают непроизводительные потери – исключают пропуски и перекрытия при обработке полей, снижают расход ГСМ, помогают соблюдать агротехнические сроки [1]. Внедрение таких решений соответствует концепции точного земледелия, объединяя экономическую выгоду и экологическую ответственность.

GPS-технологии решают комплекс задач в агротехнике. Они обеспечивают точное выдерживание маршрута при посеве, внесении удобрений и уборке урожая, исключают двойные проходы и пропуски, позволяют работать в условиях ограниченной видимости – например, в туман, пыль или ночью. Кроме того, системы ведут учёт обработанных площадей и времени операций, контролируют расход топлива и препятствуют его несанкционированному использованию.

На рынке представлены два основных типа систем. Системы параллельного вождения (курсоуказатели) помогают механизатору следовать заданным линиям с точностью 20…40 см. Автопилоты полностью автоматизируют движение, достигая точности 2…10 см. Оба варианта совместимы с тракторами, комбайнами и опрыскивателями, существенно снижая нагрузку на оператора и повышая качество выполнения работ.

Процесс начинается с установки GPS-приёмника и настройки ширины захвата агрегата. Механизатор задаёт начальную точку (А), выполняет первый проход до конечной точки (В), после чего система автоматически строит параллельные линии с заданным интервалом [2]. В дальнейшем курсоуказатель на дисплее помогает выдерживать траекторию, повторяя контуры первого прохода. Это исключает ошибки при разворотах и нивелирует влияние неровностей рельефа.

Практический опыт показывает ощутимую экономию: расход топлива снижается до 8% за счёт устранения перекрытий, затраты на удобрения и средства защиты растений сокращаются на 3…15% благодаря точному дозированию. Производительность возрастает на 15…25% из-за возможности работы в ночное время и при плохой видимости, а простои уменьшаются на 10…20% вследствие снижения усталости оператора [3]. При интенсивной эксплуатации оборудование окупается за 1…2 года.

Точность GPS-систем определяется несколькими ключевыми параметрами. Важны тип приёмника (одночастотный или многочастотный), использование дифференциальных поправок (RTK, VBS) и качество спутникового сигнала. Для высокоточных операций, таких как посев пропашных культур, применяют

RTK-системы с погрешностью до 2 см. В менее требовательных задачах достаточно курсоуказателей с точностью 20…30 см.

Современные GPS-модули передают данные в облачные платформы, где формируется цифровая карта обработанных полей, ведётся учёт времени работы и расхода топлива, анализируется эффективность агроопераций. Это позволяет планировать севооборот, корректировать нормы внесения материалов и оптимизировать загрузку техники. Интеграция с информационными системами создаёт основу для комплексного управления ресурсами хозяйства.

При внедрении GPS-навигации возникают специфические вызовы. Требуется обучение механизаторов работе с оборудованием, учёт затрат на подписку на дифференциальные поправки, адаптация систем к местным условиям – рельефу и размерам полей. Успех проекта зависит от слаженной работы агрономов, инженеров и IT-специалистов на этапе настройки и запуска.

Точное дозирование удобрений и пестицидов снижает нагрузку на почву и водоёмы, минимизирует риск загрязнения. Исключение перекрытий уменьшает уплотнение грунта, сохраняя его структуру и плодородие. Возможность работы в ночное время сокращает дневную активность техники, что благоприятно влияет на биоразнообразие и снижает шумовое воздействие на окружающую среду.

В ближайшие годы ожидается внедрение ряда инновационных решений. Искусственный интеллект будет использоваться для прогнозирования оптимальных маршрутов, а беспилотные тракторы и дроны – интегрироваться в производственные процессы. Мультисистемные приёмники (GPS + ГЛОНАСС + BeiDou) повысят надёжность позиционирования, а облачные платформы для кооперативов фермеров позволят масштабировать технологии. Эти решения усилят автономность техники и снизят зависимость от человеческого фактора.

Для успешного внедрения GPS-навигации необходим системный подход. Сначала проводится аудит парка техники и маршрутов, затем выбирается оборудование с учётом масштаба хозяйства и требуемой точности. Обязательны обучение персонала и интеграция с существующими информационными системами. Поэтапное внедрение минимизирует риски, ускоряет адаптацию и позволяет быстрее получить экономический эффект от использования технологий.

Список литературы

1. Патент № 2295847 C2 Российская Федерация, МПК A01B 79/02, A01B 49/06. Способ внесения минеральных удобрений одновременно с посевом семян пропашных культур и устройство для его осуществления : заявл. 05.04.2005 : опубл. 27.03.2007 / Н.Ф. Скурятин, П.Р. Курсенко, А.В. Сахнов, С.Н. Алейник ; заявитель ФГОУ ВПО БелГСХА. – EDN DMFCDK.

2. Скурятин Н.Ф. Повышение эффективности применения минеральных удобрений под пропашные культуры (на примере сахарной свеклы) / Н.Ф. Скурятин, А.В. Сахнов. – Белгород : Центральный коллектор библиотек «БИБКОМ», 2015. – 136 с. – ISBN 978-5-905563-54-6. – EDN VSTCDB.

3. Патент № 2411710 C1 Российская Федерация, МПК A01C 7/04. Устройство для посева : № 2009142629/21 : заявл. 18.11.2009 : опубл. 20.02.2011 / А.В. Сахнов ; заявитель ФГОУ ВПО БелГСХА. – EDN ZFXPVR.

УДК 631.3+62-78+004.9

СНИЖЕНИЕ ПРОСТОЕВ ТЕХНИКИ ЗА СЧЁТ ПРЕДИКТИВНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Стельмах М.С., Ковалев С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В агропромышленном комплексе простои техники оборачиваются серьёзными экономическими потерями. В сезонных работах – посевной или уборочной кампании – даже несколько часов простоя могут привести к срыву сроков, утрате части урожая и снижению рентабельности предприятия. Традиционные подходы к техническому обслуживанию демонстрируют ограниченную эффективность: реактивный метод (ремонт после поломки) провоцирует аварийные остановки, а плановый (по графику) нередко влечёт избыточные затраты на преждевременное обслуживание [1].

Суть предиктивного обслуживания заключается в переходе от жёстких графиков и экстренных ремонтов к управлению состоянием оборудования на основе данных. Система непрерывно отслеживает ключевые параметры техники – температуру, вибрацию, давление, расход топлива, электрические характеристики – с помощью датчиков IoT. Далее алгоритмы машинного обучения анализируют отклонения от нормативных показателей, выявляют тренды деградации и прогнозируют момент, когда тот или иной узел приблизится к предельному состоянию [2]. В результате обслуживание проводится точно в нужный момент: до возникновения поломки, но без неоправданного досрочного вмешательства.

Технологическая основа предиктивного обслуживания объединяет три компонента. Сначала осуществляется сбор данных: датчики в реальном времени фиксируют параметры работы критически важных узлов – двигателей, гидравлики, трансмиссии, электрооборудования. Затем идёт этап анализа: централизованная система сравнивает текущие показатели с эталонными, оценивает остаточный ресурс и выявляет признаки износа. На третьем этапе на основе прогнозных моделей формируются рекомендации – определяются оптимальные сроки и объём необходимых работ, составляется список требуемых запчастей.

Преимущества предиктивного подхода перед традиционными методами проявляются в нескольких аспектах. Прежде всего, сокращается количество незапланированных простоев: дефекты обнаруживаются на ранней стадии и устраняются до перехода в критическую фазу [3]. Кроме того, оптимизируются затраты на обслуживание – работы выполняются только при реальной необходимости, что исключает избыточные замены деталей. Также продлевается ресурс оборудования, поскольку предотвращается ускоренный износ. Ещё один важный эффект – улучшение управления запасами: прогнозная аналитика точно определяет, какие запчасти потребуются и когда, что снижает издержки на складское хранение.

Практические результаты внедрения предиктивных систем подтверждаются количественными показателями. Исследования демонстрируют, что простои

техники сокращаются на 35…50%, затраты на обслуживание снижаются на 25…30%, а срок службы оборудования увеличивается на 15…25%. При использовании алгоритмов искусственного интеллекта точность прогнозирования отказов достигает 85…92%.

Для агропромышленного комплекса особенно актуальны следующие сценарии применения предиктивного обслуживания. Мониторинг двигателей комбайнов и тракторов позволяет выявлять перегрев, износ подшипников и загрязнение масла [4]. Контроль гидравлических систем помогает обнаруживать утечки, падение давления и загрязнение рабочей жидкости. Диагностика электрооборудования включает анализ токов, напряжений и состояния аккумуляторов. Кроме того, система прогнозирует износ режущих аппаратов уборочной техники, что даёт возможность планировать замену лезвий и сегментов до возникновения критических повреждений.

Внедрение предиктивного обслуживания требует решения комплекса задач. Вначале необходимо определить критические узлы техники, требующие мониторинга, и оснастить их датчиками. Затем следует наладить сбор и передачу данных – по проводам или через беспроводные сети – а также обеспечить их надёжное хранение и обработку. Важный этап – разработка алгоритмов оповещения о выявленных отклонениях и интеграция системы с ERP/CMMS-платформами для автоматизации планирования работ и закупок. Наконец, требуется подготовка персонала: инженеры должны уметь интерпретировать прогнозные данные, а механики – оперативно реагировать на поступающие предупреждения.

Среди ключевых вызовов при внедрении выделяются несколько аспектов. Высокие первоначальные инвестиции в датчики, программное обеспечение и инфраструктуру создают финансовую нагрузку. Необходимо обеспечить кибербезопасность данных, чтобы предотвратить несанкционированный доступ и сбои. Точность прогнозов напрямую зависит от качества и полноты входных данных: неполная или искажённая информация может привести к ложным срабатываниям. Кроме того, персонал нередко сопротивляется изменениям, поскольку переход на новые процессы требует освоения непривычных инструментов и алгоритмов работы.

Список литературы

1. Новицкий А.С. Технология сельскохозяйственного машиностроения : Лабораторный практикум / А.С. Новицкий, С.В. Стребков. – Майский : Белгородский ГАУ, 2016. – 84 с. – EDN DFEEYN.

2. Технологические процессы ремонтного производства : учебно-методическое пособие ПМ 03 Техническое обслуживание и диагностирование неисправностей сельскохозяйственных машин и механизмов / Е.С. Батырев, А.С. Новицкий, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 166 с. – EDN OJCROC.

3. Совершенствование ремонта топливной аппаратуры двигателей внутреннего сгорания / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, А.С. Новицкий [и др.] // Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 260–265. – EDN XJMYSC.

4. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

УДК 631.363.21

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МОЛОТКОВ МОЛОТКОВЫХ ДРОБИЛОК

Колесников А.Ю., Сахнов А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Сущностью данного нововведения является технология восстановления уже отработанных молотков молотковой дробилки, путём разрезания тела молотка, перемещение к центру переворотом отработанных концов молотка, и последующая сварка этих концов для придания молотку прямоугольного профиля рабочей части.

Для данных технических операций, которые позволят сэкономить большую часть бюджета для обслуживания молотковых дробилок, используются специальный стенд, который будет представлен в данной работе [1-3]. Он позволит без каких-либо сложностей выполнять все технологические операции необходимые для восстановления молотков молотковой дробилки и продление срока службы данных часто изнашивающихся частей. Восстановление молотков, таким образом, заключает в себе потенциальные нюансы, несоблюдение которых влечёт за собой значительное ухудшение качества готового продукта каждой технической операции, проводимой в данной технологии восстановления. Совокупность брака из-за несоблюдения технологии влечёт за собой большие риски при эксплуатации, связанные с выведением из строя молотковой дробилки, остановкой производства, бюджетными потерями, и рисков для здоровья и жизни операторов молотковой дробилки.

При разработке стенда восстановления молотков молотковой дробилки были учтены все потенциальные риски, влекущие за собой ухудшение качества итогового изделия [3-4]. Конструктивные особенности стенда исключают возможные ошибки в технических операциях, которые мог бы совершить рабочий, занимающийся восстановлением молотков молотковой дробилки. Операция разрезания изношенного молотка молотковой дробилки производится УШМ, установленной на стенд. Установка УШМ на стенд исключает ошибки перпендикулярности разреза из-за встроенного на стенде угломера. Перпендикулярность разреза в боковой плоскости гарантируется направляющей установленной перпендикулярно на стенде, к ней же и присоединяется УШМ. Линия движения направляющей повторяет линию разреза, этот предотвращает опасность закусывания отрезного диска, а также гарантирует параллельность линии концов молотка после окончания восстановления. После разрезания, с уже перемещённых к центру путем переворота отработанных концов молотка необходимо снять фаску. Это необходимо сделать для увеличения глубины провара при сварке для увеличения общей прочности шва [4]. Эта операция производится той же УШМ, установленной на направляющей. Просто угол разреза для снятия необходимого угла фаски задаётся встроенным в направляющую угломером. Это обеспечивает

наибольшую точность снятие фаски, а следовательно, и лучшее качество проводимой в последующем сварке.

Сварка – это один из самых ответственных этапов восстановления молотков молотковой дробилки, так как от качества данной операции зависит надёжность и параллельность восстановленного молотка. Данная операция производится также на стенде, но требует замены направляющей для УШМ на электрододержатель с механизмом самопроизвольного опускания электрода и системой размыкания щёток. Данный электрододержатель позволяет производить сваривание двух частей практически без участия человека. Это происходит благодаря технологии сварки предусматривающий самоопускание электрода из-за его укорачивания происходящего вследствие сварки. Данный метод сваривания позволяет добиться большого качества сварного соединения и не требует большой квалификации от человека.

Таким образом конструктивные особенности стенда для восстановления молотков молотковой дробилки позволяют добиться наибольшего качества восстанавливаемых молотков, а также достичь высокой скорости этого процесса без требований к высокой квалификации рабочего, занимающегося восстановлением.

Список литературы

1. Аршинов В.А. Резание металлов и режущий инструмент [Текст] : учеб. / В.А. Аршинов, Г.А. Алексеев. – М. : Машиностроение, 1967. – 480 с.

2. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов [Текст] : учеб. / Н.Н. Зорев. – М. : Машгиз, 1956. – 368 с.

3. Словарь-справочник / Под ред. академика АН УССР Хренова К.К. – Киев, Наукова думка, 1974.

4. Патент № 2812483 C1 Российская Федерация, МПК B02C 13/28. Способ восстановления молотков молотковой дробилки : № 2023112995 : заявл. 18.05.2023 : опубл. 30.01.2024 / А.В. Сахнов, С.В. Стребков, А.В. Бондарев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина». – EDN UGRYNV.

УДК 621.43.004.67

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЕРВИЧНОГО ВАЛА КПП ТРАКТОРА

Ильинов Н.Д., Новицкий А.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Первичный вал коробки передач трактора относится к ответственным деталям трансмиссии, работающим при переменных крутящих моментах, ударных нагрузках и в условиях абразивного загрязнения масла. Износ шлицев, шеек под подшипники, посадочных поверхностей под шестерни и уплотнения приводит к росту люфтов, шуму, вибрации, ускоренному износу подшипников и зубчатых колес, а также к снижению надежности агрегата. Замена первичного вала на новый экономически оправдана не всегда, поэтому актуально совершенствование технологий восстановления, обеспечивающих ресурс, сопоставимый с новым изделием. В тезисах предложен комплекс мер по улучшению процесса восстановления первичного вала КПП трактора: расширенная дефектация с применением неразрушающего контроля, выбор рациональных способов восстановления изношенных поверхностей, стабилизация термообработки и финишной механической обработки, а также усиление контроля геометрии, твердости и качества поверхностного слоя. Ожидаемый эффект выражается в повышении износостойкости восстановленных валов и снижении повторных ремонтов КПП.

Коробка передач тракторов эксплуатируется в режимах, отличающихся высокой долей ударных нагрузок и частыми изменениями нагрузки, что повышает требования к надежности валов и шлицевых соединений. Первичный вал воспринимает крутящий момент от двигателя через сцепление и передает его на зубчатые колеса КПП. Критичными являются шлицевые участки, шейки под подшипники, посадки под шестерни, резьбовые и уплотнительные зоны. Основные дефекты формируются из-за усталости материала, недостаточной смазки, загрязнения масла, перекосов подшипников, нарушений регулировки КПП и ошибок сборки [1-3]. При этом восстановление первичного вала осложняется необходимостью обеспечить высокую точность геометрии (соосность шеек, биение, профиль шлицев), требуемую твердость и структуру поверхностного слоя, а также устойчивость к контактной усталости [4, 5]. Поэтому совершенствование технологии восстановления целесообразно рассматривать как системную задачу, включающую дефектацию, выбор восстановительных методов, термоупрочнение и контроль.

В типовом ремонте часто наблюдаются:

1) недостаточная дефектация шлицев и зон галтелей без НК, что повышает риск повторного разрушения;

2) восстановление размеров без контроля твердости и структуры, что приводит к быстрому износу;

3) нестабильность геометрии после наплавки и термообработки из-за коробления;

4) недостаточная финишная обработка (шероховатость, волнистость), ухудшающая работу подшипников и сопряжений [4, 5].

Предлагаемые направления совершенствования технологии восстановления:

1) Усиление дефектации и введение регламента браковки

2) Предлагается включить обязательные операции:

а) измерение всех посадочных диаметров и шлицевых параметров, контроль овальности и конусности;

б) контроль биения и соосности шеек относительно базовой оси;

в) неразрушающий контроль на трещины: магнитопорошковый контроль для выявления дефектов в зонах галтелей и шлицев, при необходимости капиллярный контроль для поверхностных дефектов [6].

3) Результаты дефектации фиксируются в карте восстановления, что обеспечивает прослеживаемость параметров и снижает вероятность ремонта заведомо ненадежной детали [1].

Внедрение предложенных улучшений позволяет:

1) снизить долю повторных ремонтов за счет исключения валов с трещинами и скрытыми дефектами на этапе дефектации [6];

2) повысить износостойкость шеек и шлицев благодаря восстановлению с упрочнением и контролю твердости [4];

3) снизить вибрации и шум КПП за счет обеспечения соосности и качества посадок [3, 4];

4) повысить воспроизводимость результата благодаря документированию параметров и технологической дисциплине [1].

Совершенствование технологии восстановления первичного вала КПП трактора целесообразно реализовывать как комплекс мер: расширенная дефектация с применением НК, рациональный выбор методов восстановления шеек и шлицев, обязательное упрочнение рабочих поверхностей, стабилизация термообработки и финишной обработки, а также усиленный контроль геометрии и качества поверхностного слоя. Такой подход повышает ресурс восстановленных валов и снижает риск повторных отказов коробки передач.

Список литературы

1. Стребков С.В. Технология ремонта машин : учебное пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов. – Москва : ИНФРА-М, 2022. – 246 с. – ISBN 978-5-16-016901-9. – Текст : электронный. – URL: https://znanium.ru/catalog/product/1322318 (дата обращения: 25.05.2026). – Режим доступа: по подписке.

2. Огороднов С.М. Конструкция автомобилей и тракторов : учебник / С.М. Огороднов, Л.Н. Орлов, В.Н. Кравец. 2- е изд. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. – 284 с. – ISBN 978-5-9729-2604-6. – Текст : электронный. – URL: https://znanium.ru/catalog/product/2225710 (дата обращения: 25.05.2026). – Режим доступа: по подписке.

3. Инженерия поверхности деталей / Колл, авт.; под ред. А.Г. Суслова. – М. : Машиностроение. 2008. – 320 с.: ил.

4. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление / Пер. с яп. В.Н. Попова; Под ред. В.С. Степина, Н.Г. Шестернина. – М. : Машиностроение, 1985. – 240 с., ил.

5. ГОСТ 21105-87. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Общие требования. Москва: Издательство стандартов, 1987.

6. ГОСТ 18442-80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования. – Москва : Издательство стандартов, 1980.

УДК 621.43.004.67

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Федосеенко Р.А., Новицкий А.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Кривошипно-шатунный механизм (КШМ) определяет ресурс и надежность двигателя внутреннего сгорания, а качество его ремонта напрямую влияет на давление масла, расход масла, уровень вибраций, шумность и вероятность повторного капитального ремонта. На практике повторные отказы после ремонта КШМ чаще всего связаны не с единичным дефектом детали, а с совокупностью факторов: неполной дефектацией, нарушением геометрии при механической обработке, несоблюдением чистоты и сборочных зазоров, ошибками подбора ремонтных размеров, а также недостаточным контролем поверхности шеек коленчатого вала и состояния сопряженных деталей.

КШМ включает коленчатый вал, шатуны, поршни, поршневые пальцы, вкладыши подшипников скольжения и сопряженные элементы. Рабочие условия КШМ характеризуются высокими контактными напряжениями, переменными нагрузками, гидродинамическим и граничным трением, а также чувствительностью к загрязнениям масла и отклонениям сборочных зазоров [1-3]. При ремонте двигателя недостаточно восстановить только размеры: необходимо обеспечить геометрию (овальность, конусность, соосность), качество поверхностей (шероховатость, отсутствие прижогов), корректный подбор ремонтных размеров и соблюдение технологической дисциплины при сборке [2, 4]. Поэтому совершенствование технологии ремонта КШМ целесообразно рассматривать как систему мер по управлению рисками повторного отказа, основанную на измеряемых критериях и контролируемых операциях.

Проблемные зоны базовой технологии ремонта КШМ:

1) Недостаточная дефектация коленчатого вала. Часто ограничиваются визуальным осмотром и измерением диаметров шеек, пропуская микротрещины в галтелях, дефекты после перегрева и скрытые повреждения, что приводит к разрушению вала в эксплуатации [3, 6, 7].

2) Риски качества шлифования шеек. При нарушении режимов возможны прижоги, ухудшение структуры поверхностного слоя и снижение усталостной прочности. Недостаточная финишная обработка ухудшает формирование масляной пленки и повышает износ вкладышей [4, 8].

3) Некорректный подбор вкладышей и зазоров. Ошибки в подборе ремонтного размера, несоответствие фактической геометрии шеек и постелей, а также недооценка овальности приводят к падению давления масла и ускоренному износу [2, 3].

4) Слабый контроль шатунов. Перекосы, несоосность отверстий, износ верхней головки и некорректная обработка втулки поршневого пальца вызывают шум, повышенный износ и перегрев [3, 5].

5) Недостаточная чистота сборки. Для подшипников скольжения критичны частицы загрязнений; отсутствие стандарта по мойке, продувке каналов и чистоте рабочего места повышает риск задиров и проворота вкладышей [2, 3].

Предлагаемые направления совершенствования технологии ремонта:

1) Расширенная дефектация и регламент браковки;

2) Предлагается установить обязательную многоступенчатую дефектацию:

а) измерение геометрии шеек коленчатого вала по нескольким поясам и образующим для оценки овальности и конусности;

б) контроль биения и соосности, проверка состояния масляных каналов и фасок;

в) неразрушающий контроль коленчатого вала на трещины, прежде всего в зонах галтелей: магнитопорошковый контроль как базовый метод для ферромагнитных валов [6, 7];

г) контроль состояния шатунов: параллельность и соосность отверстий, состояние плоскостей разъема, износ постели под вкладыш, состояние болтов и резьбы; при необходимости применение капиллярного контроля для выявления поверхностных трещин на ответственных элементах [7].

3) Решение о браковке предлагается принимать по совокупности факторов: трещины, критические прижоги, деформации, неустранимые в пределах ремонтных размеров, а также повреждение масляных каналов и посадок [3, 6].

Совершенствование технологии ремонта кривошипно-шатунного механизма ДВС целесообразно реализовывать как систему взаимосвязанных мер: расширенная дефектация, улучшение процессов восстановления коленчатого вала и шатунов, стандартизация сборки с контролем зазоров и чистоты, а также документирование параметров ремонта.

Список литературы

1. Robert Bosch GmbH. Bosch automotive handbook. 10th ed. Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 2018.

2. Колчин А.И. Расчёт автомобильных и тракторных двигателей : учебное пособие для вузов / А.И. Колчин, В.П. Демидов. – Москва : Высшая школа, 2008.

3. Суслов А.Г. Инженерия поверхностей деталей машин: учебное пособие. – Москва: Машиностроение, 2018.

4. Стребков С.В. Технология ремонта машин : учебное пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов. 2-е изд., доп. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 246 с. – DOI 10.12737/1184662. – ISBN 978-5-16-016565-3. – Текст : электронный. – URL: https://znanium.com/catalog/product/2125016 (дата обращения: 25.05.2026). – Режим доступа: по подписке.

5. ГОСТ 21105-87. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Общие требования. – Москва : Издательство стандартов, 1987.

6. ГОСТ 18442-80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования. – Москва : Издательство стандартов, 1980.

7. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. – Москва : Издательство стандартов, 1973.

8. ISO 21940-11:2016. Mechanical vibration. Rotor balancing. Procedures and tolerances for rotors. Geneva: ISO, 2016.

УДК 621.827.1

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА ШАТУНОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Трифонов В.А.
ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, г. Кинель, Россия

Шатун – высоконагруженная и дорогостоящая деталь двигателя (обычно изготавливается из стали 40Х твёрдостью НВ 220…290), от состояния которой во многом зависит ресурс силового агрегата. Основной причиной ремонта являются износ нижней и верхней головок, а также деформация стержня, нарушающие работу кривошипно-шатунного механизма. Особое внимание уделяется восстановлению внутренней цилиндрической поверхности нижней головки, передающей энергию от поршня на шейку коленчатого вала. Поскольку термические методы восстановления запрещены техническими требованиями, а альтернативные способы нанесения покрытий малоприменимы из-за сложности обработки и высокой себестоимости, основным методом остаётся расточка в ремонтный размер – что влечёт изменение межцентрового расстояния головок и необходимость производства вкладышей ремонтного размера. В связи с этим разработка эффективных способов восстановления и увеличения ресурса шатунов представляет актуальную научно-практическую задачу [1, 2].

Проведён анализ дефектов шатунов и вариантов их ремонта, обоснован выбор электролитического железнения как наиболее рационального способа восстановления нижней головки (по технико-экономическому критерию – при сопоставимой с электроконтактной приваркой ленты долговечности), а также выполнены теоретические расчёты, показавшие, что материал внутренней поверхности нижней головки шатуна относится к девятому классу и первому разряду износостойкости; кроме того, рассмотрены составы электролитов, режимы электролиза и свойства получаемых покрытий [1, 3].

Для гальванического железнения шатунов предложена установка на базе блока питания HY3020E, включающая ванну (с возможностью подогрева/охлаждения электролита) и штанги для детали и электрода; предусмотрена система вентиляции (вытяжной зонт или изолированный шкаф). В ходе подбора режимов определены оптимальные параметры: концентрация хлористого железа – 150-200 г/л, сернокислого железа – 200 г/л, кислотность электролита – 0,6-1,1 pH, температура – 30-50°С, плотность тока – 20-25 А/дм², выход по току – 85-92%; материал электрода – малоуглеродистая сталь, диаметр электрода для двигателя ЯМЗ-236(238) – 50 мм. При этом решено дополнительно уточнить оптимальные значения концентрации хлористого железа, температуры и плотности тока, поскольку в литературе они указаны в широких диапазонах.

По результатам стендовых исследований установлено, что наибольшее влияние на износостойкость восстановленных шатунов оказывает концентрация хлористого железа; на втором и третьем местах – температура и плотность электролита соответственно. При увеличении значений всех трёх факторов

стойкость к износу повышается. В ходе оптимизации (крутое восхождение по поверхности отклика) определены их оптимальные значения: температура электролита – 45°С, плотность тока – 30 А/дм², концентрация хлористого железа – 190 г/л.

Моторные испытания показали, что средний износ стандартных шатунов за 300 часов составил 7,9 мкм, а восстановленных при оптимальных параметрах – 6 мкм. Таким образом, износ серийных шатунов оказался почти на 32% больше, а коэффициент износостойкости восстановленных шатунов составил 1,32.

Список литературы

1. Жуков П.В, Крупин А.Е., Лаврентьева О.А., Калашов А.А. Выбор способа восстановления нижних головок шатунов двигателя внутреннего сгорания // Сборник статей по материалам II – международной научно-практической конференции (14 февраля 2020 г., г. Уфа) / – Уфа : Изд. НИЦ Вестник науки, 2020. – С. 68–73.

2. Крупин А.Е. и др. Основные требования к шатунам двигателей при ремонте и способы повышения их надежности // Вестник НГИЭИ. 2021. №. 6 (121). – С. 47–57.

3. Доронина Н.П., Жевора Ю.И., Пантух М.Л. Совершенствование технологии и средств восстановления изношенных деталей // Научное обозрение. 2016. № 21. – С. 75–78.

УДК 621.6:621.9.048.7

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗОЛОТНИКА ГИДРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКОЙ

Письменный Д.А., Новицкий А.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Гидрораспределители широко применяются в мобильной и стационарной гидрофикации. Работоспособность распределителя в значительной степени определяется парой трения золотник-корпус (или золотник-втулка), где зазоры малы, а требования к чистоте поверхности и стабильности размеров высоки [1-3]. При эксплуатации наиболее часто встречаются продольные риски и задиры на шейках и поясках золотника, износ рабочих кромок, локальная коррозия и наработочные «зеркала» на направляющих участках. Это приводит к росту внутренних утечек, снижению давления на исполнительных механизмах, самопроизвольным перемещениям, перегреву гидросистемы и ухудшению управляемости [2]. В условиях ремонтных предприятий актуально восстановление золотников вместо замены, но ремонт должен обеспечивать не только геометрию, но и износостойкость поверхностного слоя, а также сопротивляемость задиру при кратковременных нарушениях смазочного режима [4, 5].

Электроискровая обработка (в практике восстановления чаще понимается как электроискровое легирование или электроискровое нанесение) относится к методам поверхностной инженерии, позволяющим формировать упрочненный слой и/или локальное покрытие за счет импульсных разрядов между электродом и деталью. Метод характеризуется малой зоной термического влияния, возможностью локального воздействия и применимостью для восстановления участков со сложной геометрией [5, 6]. Это делает его перспективным для золотников, где недопустимы значительные деформации и коробления, а ремонт часто требует именно локального повышения стойкости к износу и задиру.

Требования к восстановлению определяются не только номинальным диаметром, но и параметрами поверхности: шероховатостью, волнистостью и направленностью рисок. Для пар золотник-корпус особенно критично избежать грубых продольных следов после обработки, так как они формируют каналы утечки [3]. Следовательно, технология должна включать финишную доводку (притирка, суперфиниш или тонкое полирование) и обязательный контроль утечек на стенде.

При одном только шлифовании и притирке возможно восстановить геометрию, но поверхностный слой часто остается недостаточно стойким к абразивному износу при реальной загрязненности масла. Гальванические покрытия (например, хромирование) дают высокую твердость, но требуют сложной подготовки, контроля адгезии и часто повышают риск трещинообразования покрытия на кромках при неблагоприятных режимах [4]. Кроме того, в ремонтных

условиях встречается нестабильность качества и трудности обеспечения равномерной толщины слоя по длине золотника.

Предлагается применять электроискровую обработку в двух вариантах, в зависимости от дефекта:

Вариант А. Локальное упрочнение и повышение стойкости к задиру без значительного наращивания размера.

Вариант Б. Нанесение электроискрового слоя с последующей доводкой до размера.

Предложенное совершенствование дает следующие эффекты:

1) снижение внутренних утечек за счет стабильной финишной микрогеометрии и контроля направленности следов обработки [3];

2) повышение стойкости к задиру и абразивному износу благодаря упрочненному электроискровому слою и оптимизации режимов нанесения [5, 6];

3) снижение доли повторных ремонтов благодаря расширенной дефектации и введению обязательных стендовых испытаний [2];

4) повышение повторяемости результата за счет документирования режимов и контроля на образцах-свидетелях [6].

Электроискровая обработка является перспективным инструментом совершенствования технологии восстановления золотников гидрораспределителей, так как позволяет локально формировать износостойкий слой при ограниченном тепловложении. Наиболее важными элементами улучшенного процесса являются: расширенная дефектация, регламент подготовки поверхности, управляемые режимы электроискрового нанесения, обязательная финишная доводка до требуемой микрогеометрии и приемочные стендовые испытания по утечкам и плавности хода. Комплексное внедрение этих мер позволяет повысить ресурс восстановленных золотников и улучшить эксплуатационную надежность гидросистем.

Список литературы

1. Башта Т.М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика. – Москва : Машиностроение, 2012.

2. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем : учебник для вузов / Д.Н. Попов. – Москва : Машиностроение, 1977. – 424 с. : ил.

3. Инженерия поверхности деталей / Колл, авт.; под ред. А.Г. Суслова. – М. : Машиностроение. 2008. – 320 с.: ил.

4. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление / Пер. с яп. В.Н. Попова; Под ред. В.С. Степина, Н.Г. Шестернина. – М. : Машиностроение, 1985. – 240 с., ил.

5. Электроискровое легирование металлических поверхностей / А.Е. Гитлевич, В.В. Михайлов, Н.Я. Парканский, В.М. Ревуцкий ; отв. ред. Ю.Н. Петров. – Кишинев : Штиинца, 1985.

6. ГОСТ 18442-80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования. – Москва : Издательство стандартов, 1980.

УДК 621.43.004.67

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОРШНЕВОГО ПАЛЬЦА

Лежанский Д.С., Новицкий А.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Поршневой палец относится к высоконагруженным деталям кривошипно-шатунного механизма и работает в условиях переменных ударных нагрузок, граничного трения и повышенных температур. Износ пальца и сопряженных поверхностей приводит к росту зазоров, появлению стука, ухудшению условий смазки и ускоренному износу втулки верхней головки шатуна и бобышек поршня. Полная замена поршневых пальцев экономически оправдана не всегда, особенно при ремонте двигателей с ограниченной доступностью оригинальных запасных частей. В тезисах предложены направления совершенствования технологического процесса восстановления поршневого пальца, включающие уточненную дефектацию, выбор рационального способа восстановления поверхности, стабилизацию качества финишной обработки и усиление контроля геометрии и структуры поверхностного слоя. Предложенный подход ориентирован на повышение ресурса восстановленных деталей и снижение доли повторных отказов.

Поршневой палец обеспечивает шарнирное соединение поршня и шатуна, воспринимая значительные инерционные и газовые нагрузки. Надежность узла определяется точностью геометрии пальца, качеством поверхностного слоя, состоянием кромок и стабильностью посадок в сопряжениях. Типовые дефекты поршневого пальца включают абразивный и адгезионный износ рабочей поверхности, задиры, овальность, конусность, микротрещины от перегрева или ударных нагрузок, а также повреждения кромок и каналов смазки (если они предусмотрены конструкцией) [1-3]. При значительном износе увеличивается динамическая нагрузка на сопряженные детали, ухудшается центровка и растет вероятность ускоренного разрушения втулки шатуна и бобышек поршня [2]. В этих условиях совершенствование процесса восстановления поршневых пальцев должно быть направлено не только на достижение номинального размера, но и на обеспечение требуемой микрогеометрии, твердости и остаточных напряжений поверхностного слоя, определяющих долговечность пары трения [4, 5].

На ремонтных предприятиях базовый процесс часто включает очистку, измерения, шлифование под ремонтный размер или под нанесение покрытия, восстановление размера (например, хромирование), последующее шлифование и контроль.

Предлагается ввод обязательной дефектации, включающей:

а) измерение диаметра по нескольким поясам и образующим для оценки овальности и конусности;

б) контроль биения относительно базовых поверхностей;

в) контроль состояния кромок и фасок;

г) неразрушающий контроль на трещины: магнитопорошковый контроль как наиболее доступный для сталей, либо капиллярный контроль по ситуации [6, 7].

Совершенствование технологического процесса восстановления поршневого пальца целесообразно реализовывать как комплекс мер: усиление дефектации и критериев браковки, рациональный выбор метода восстановления поверхности, обязательная финишная обработка для стабилизации микрогеометрии и расширенный контроль качества. Такой подход позволяет повысить ресурс восстановленных пальцев, снизить риск задиров и ускоренного износа сопряженных деталей, а также обеспечить повторяемость результата в условиях ремонтного предприятия.

Список литературы

1. Robert Bosch GmbH. Bosch automotive handbook. 10th ed. Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 2018.

2. Колчин А.И. Расчёт автомобильных и тракторных двигателей : учебное пособие для вузов / А.И. Колчин, В.П. Демидов. – Москва : Высшая школа, 2008.

3. Суслов А.Г. Инженерия поверхностей деталей машин: учебное пособие. – Москва : Машиностроение, 2018.

4. Руднев В.А. Трибология и износостойкость : учебное пособие / В.А. Руднев. – Москва : МГИУ, 2008. – 176 с.

5. ГОСТ 21105-87. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Общие требования. – Москва : Издательство стандартов, 1987.

6. Кубрин В.И. Технология нанесения гальванических и химических покрытий : учебное пособие / В.И. Кубрин, А.В. Луценко. 2024.

7. ГОСТ 18442-80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования. – Москва : Издательство стандартов, 1980.

УДК 631.3

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТЕХНИКИ ОТ КОРРОЗИИ

Шемякин А.Б., Терентьев О.В., Терентьев В.В.
ФГБОУ ВО Рязанский ГАТУ, г. Рязань, Россия

Сельскохозяйственная техника в нашей стране эксплуатируется в сложных условиях. Климат варьируется от влажных субтропических зон на юге до суровых континентальных условий в Сибири. Машины контактируют с почвой, удобрениями, пестицидами и атмосферной влагой. Эти факторы вызывают активную коррозию металлических деталей. Ежегодные убытки от коррозийных повреждений в российском сельском хозяйстве достигают миллиардов рублей. Защита металлических поверхностей стала приоритетной задачей для инженерной службы предприятий сельскохозяйственного сектора [1-3].

Металлические части сельскохозяйственных машин корродируют по нескольким причинам. Во-первых, сезонная эксплуатация приводит к длительным периодам простоя. Во время хранения незащищённые поверхности быстро накапливают влагу, и появляется ржавчина. Во-вторых, контакт с агрессивными средами ускоряет разрушение. Например, минеральные удобрения содержат соли, поражающие сталь, а пестициды создают кислые среды на металлических поверхностях. В-третьих, механические повреждения краски во время полевых работ обнажают основной металл. В-четвёртых, колебания температуры вызывают конденсат на поверхностях оборудования. В российских условиях эти факторы вместе создают особенно агрессивные коррозионные среды. Рассмотрим современные решения, направленные на предупреждение коррозионного разрушения техники.

Современные материалы имеют значительные преимущества по сравнению с традиционными методами защиты. Эпоксидные покрытия обеспечивают отличную адгезию к металлическим поверхностям. Они устойчивы к воздействию химикатов, влаги и механическим воздействиям. Эпоксидные грунты прочно сцепляются со сталью даже при минимальной подготовке поверхности. Полиуретановые покрытия дополняют эпоксидные грунты в качестве верхнего слоя. Эти покрытия выдерживают ультрафиолетовое излучение и изменения температуры. Сочетание эпоксидного грунта и полиуретанового покрытия обеспечивает прочную защиту от пяти до семи лет при нормальных условиях.

Материалы, наполненные цинком, представляют собой перспективное направление противокоррозионной защиты. Эти составы содержат высокие концентрации цинкового порошка. При нанесении на сталь частицы цинка контактируют с основным металлом. Если покрытие нарушается, то цинк жертвует собой ради защиты железа. Этот электрохимический механизм предотвращает ржавчину даже при повреждении покрытия. Данные материалы наносятся при положительной температуре окружающей среды без специального оборудования. Материалы, наполненные цинком, хорошо себя зарекомендовали при

защите на сельскохозяйственной технике, работающей в полевых условиях, где часто происходят механические повреждения.

Новые материалы требуют соответствующих методов нанесения. Безвоздушное распыление позволяет наносить толстые покрытия одним проходом. Это снижает трудозатраты и ускоряет процесс защиты. Современные материалы стоят дороже, чем традиционные краски, но общие затраты на защиту снижаются, т.к. более длительный срок службы покрытия не требует его повторного нанесения в течение длительного периода эксплуатации. Отсутствие необходимости в тщательной подготовке поверхности снижает трудоемкость работ.

Эксплуатационная надежность сельскохозяйственной техники значительно снижается из-за проблемы коррозионного разрушения. Современные защитные материалы обеспечивают эффективные решения. Эпоксидные и полиуретановые покрытия обеспечивают долгосрочную защиту открытых поверхностей. Грунты, богатые цинком, обеспечивают электрохимическую защиту от ржавчины. Внедрение этих современных материалов позволяет аграриям сохранять оборудование, снижать затраты и повышать сельскохозяйственную продуктивность. По мере того, как отечественные производители разрабатывают новые формулы, приспособленные к местным условиям, проблема коррозии в сельскохозяйственной технике становится все более управляемой.

Список литературы

1. Успенский И.А., Рембалович Г.К., Храпова Т.Е. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии и износа с применением нанотехнологий // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы национальной научно-практической конференции. – Рязань, 2023. – С. 205–209.

2. Рембалович Г.К. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVII Международной научно-производственной конференции. Том 4. – Майский, 2023. – С. 182–183.

3. Надежность технических систем : учебное пособие / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – 185 с.

4. Забара К.А., Терентьев В.В., Киселев В.А. Совершенствование технологического процесса подготовки техники к хранению // Вестник РГАТУ. 2024. Т. 16, № 1. – С. 101–113.– DOI 10.36508/RSATU.2024.62.60.014.

УДК 629.3.175:004.048

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ СПЕЦТЕХНИКИ

Коновалов А.С.
ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К.Е. Ворошилова», г. Луганск, Россия

Тормозная система спецтехники (экскаваторов, бульдозеров, самосвалов, погрузчиков и автомобилей в целом), используемой для перевозок строительства и других работ, – критически важный элемент безопасности труда работников. Её неисправности могут привести к авариям, простоям и значительным финансовым потерям на предприятии. Традиционные методы диагностики (визуальный осмотр, проверка давления) не всегда позволяют выявить скрытые дефекты на ранней стадии. В связи с этим актуальным направлением для повышения эффективности диагностики тормозной системы на начальном этапе обследования спецтехники является применение таких технологий, как компьютерная диагностика, тепловизионный контроль, ультразвуковые исследования и системы предиктивного обслуживания [1-4].

Цель настоящей работы – оценка эффективности современных методов диагностики тормозной системы спецтехники.

Для достижения поставленной в работе были решены следующие задачи:

– анализ современных методов такой диагностики;

– разработка рекомендации по выбору оптимального их сочетания.

Анализ условий работы современной спецтехники показал [1], что наиболее распространёнными неисправностями являются: загрязнение, износ, коррозия и заклинивание тормозных узлов; утечка тормозной жидкости или падение давления в пневматической системе; повреждение тормозных шлангов и магистралей; сбои в работе электронных систем управления (ABS, EBS). Для их диагностики разработаны различные методы [2].

Базовый метод – это визуальный и инструментальный осмотр, включающий: проверку уровня и состояния тормозной жидкости, осмотр тормозных дисков, колодок, шлангов на предмет износа и повреждений, контроль креплений и соединений, измерение остаточной толщины фрикционных накладок с помощью толщиномеров.

Для гидравлических и пневматических тормозов применяется диагностика давления в тормозной системе, которая состоит в измерении давления в контурах с помощью манометров, проверке герметичности системы, тестирования компрессора и осушителя воздуха (для пневматики) [1-3].

Для машин с ABS, EBS, ESP используется компьютерная диагностика электронных систем. При такой диагностике выявляются коды ошибок через OBD-II или фирменные интерфейсы, анализируются параметры работы датчиков (скорости вращения колёс, давления в контурах), алгоритмы срабатывания ABS/EBS в тестовых режимах [2].

Для оценки эффективности торможения в контролируемых условиях проводят динамические испытания на тормозных стендах, имитирующих движение машины [1-3]. При таких испытаниях измеряют тормозное усилие на каждом колесе, а при использовании площадочных стендов оценивают параметры, характеризующие экстренное торможение машины: равномерности тормозных усилий между колёсами, время срабатывания системы, эффективность торможения (в % от нормы).

Для анализа шумов и вибраций, которые могут возникать при работе тормозов, разработана акустическая и вибрационная диагностика. Акустические датчики выявляют скрипы, стуки, а вибродиагностика – регистрирует аномальные вибрации тормозных механизмов. Для фиксации температурных изменений и отклонений в тормозной системе спецтехники применяют термографию или тепловизионный контроль: перегрев отдельных колёс – признак заклинивания суппорта или неравномерного износа колодок, холодные участки – возможная утечка жидкости или воздуха [1-4].

Перспективным направлением развития диагностики тормозных систем спецтехники является создание их цифровых двойников на базе искусственного интеллекта (ИИ). За счет быстрого анализа данных с беспроводных датчиков (подключённых через интернет технологии – IoT) такой метод способствует ее автоматизации и организации удалённого мониторинга в реальном времени, а также высокоточному прогнозированию преждевременных отказов. С другой стороны, он упрощает установку и обслуживание системы за счёт отказа от сложных кабельных сетей и создаёт условия для перехода к предиктивной модели обслуживания, снижающей риски аварий и простоев.

Таким образом, современные методы диагностики тормозной системы спецтехники позволяют значительно повысить безопасность и эффективность эксплуатации машин. Комбинация традиционных и инновационных подходов обеспечивает: раннее выявление дефектов, сокращение простоев за счёт своевременного обслуживания, снижение затрат на ремонт. Перспективным направлением является развитие предиктивных систем на базе IoT и искусственного интеллекта, которые позволят перейти от планово-предупредительного обслуживания к прогнозируемому.

Список литературы

1. Стребков С.В. Технология ремонта машин : уч. пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 246 с.

2. Алехин А.В. Анализ методов диагностирования элементов тормозных систем транспортно-технологических машин / А.В. Алехин, М.А. Армашов // Наука и образование. 2024. Т. 7, № 3.

3. Доронкин В.Г. Диагностика автомобилей и теория распознавания образов / В.Г. Доронкин, Ю.П. Петин, Н.В. Колачева // Вестник НГИЭИ. 2016. № 4 (59). – С. 87–93.

4. Токарев А.В. Особенности диагностирования технического состояния тормозных систем транспортных средств при техническом осмотре / А.В. Токарев, Л.А. Бердников // Транспортные системы. 2017. № 3 (6). – С. 21–26. – DOI 10.46960/62045_2017_3_21. – EDN ZWOUAN.

УДК 62-235

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МУФТ СЦЕПЛЕНИЯ

Бельченко В.В.
Научный руководитель **Тимашов Е.П., Пастухов А.Г.**
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Муфта сцепления является узлом трансмиссии, обеспечивающим плавное соединение и разъединение двигателя с коробкой передач. Её исправная работа критична для надёжности, безопасности и экономичности эксплуатации трактора, комбайна или другой техники. Однако износ, перегрев, неправильная регулировка или дефекты изготовления приводят к таким последствиям, как пробуксовка, рывки при трогании, шум, вибрация и полный выход из строя механизма сцепления.

На современном этапе методы диагностики неисправностей сцепления преимущественно основаны на анализе внешних проявлений. Следует отметить, что одному внешнему признаку зачастую соответствует несколько возможных причин, что затрудняет однозначную интерпретацию без дополнительной проверки [1]. В результате точная идентификация дефекта обычно осуществляется лишь после разборки узла и детального осмотра. Основные внешние признаки неисправностей сцепления включают: неполное включение и выключение, рывки при работе сцепления, вибрация при включении сцепления и шум при выключении сцепления [2].

Современные методы технической диагностики муфт сцепления тракторов – в частности, бесконтактные измерения, вибрационный анализ и системы дистанционного мониторинга – демонстрируют значительную экономическую и эксплуатационную эффективность: снижение простоев на 30…50%, рост эффективной мощности на 6…10% и экономию топлива в диапазоне 5…8%. Интеграция встроенных диагностических модулей и цифровых решений позволяет сократить трудозатраты на техническое обслуживание и повысить коэффициент технической готовности техники на 15…20%. Согласно результатам последних исследований, наиболее перспективными направлениями являются вибрационная диагностика и импульсный метод контроля относительных угловых перемещений – они обеспечивают высокоточную оценку состояния сцепления и смежных узлов без необходимости их демонтажа, обеспечивая объективность и оперативность контроля [4, 5].

В Белгородском ГАУ уже имеются практические разработки технологии автоматической температурной диагностики таких узлов трансмиссии, как радиальные и радиально-упорные подшипники качения, шарниры неравных угловых скоростей, цепные передачи [6, 7]. Изучено влияние рабочих процессов диагностируемых узлов на их температурное состояние и обосновано использование характерных температур для автоматической диагностики при стендовых испытаниях и эксплуатационных наблюдениях. Результаты проведенных исследований показали достаточную сходимость теоретических и опытных данных, что

подтверждает возможность применения автоматической температурной диагностики [8, 9].

Современная диагностика муфт сцепления перешла от субъективной «оценки по ощущениям» к объективному, количественному и прогнозирующему подходу. Интеграция датчиков, цифровых платформ и методов машинного обучения позволяет не только выявлять текущие неисправности, но и предотвращать их появление. Применительно к муфтам сцепления наиболее перспективным методом автоматической диагностики является тепловой метод, а именно контроль температурного состояния диагностируемых узлов.

Направление дальнейших исследований заключается в разработке аналитической модели температуры механизмов муфты сцепления в зависимости от конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов. А также в обосновании характерных величин температур, пригодных для диагностирования.

Список литературы

1. Бельченко В.В. Способы диагностирования однодисковой фрикционной муфты сцепления // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК: Матер. VII Межд. студ. научн. конф. – Майский, 2025. – С. 156–157.

2. Антипенко Г.Л. Диагностика сцепления механической трансмиссии автомобиля // Вестник Белорусско-Российского университета. 2020. № 1 (66). – С. 4–15.

3. Уровень ремонтопригодности трактора МТЗ / П.А. Табаков, А.В. Агафонов, В.П. Табаков [и др.] // The Scientific Heritage. 2021. № 68-1 (68). – С. 58–62.

4. Антипенко Г.Л., Заровчатская Е.В. Компьютерная диагностика сцепления механической трансмиссии в эксплуатации // Грузовик. 2022. № 2. – С. 26–34.

5. Система дистанционного мониторинга и диагностики как инструмент повышения технической готовности тракторов / С.П. Прокопов, А.С. Союнов, Е.В. Демчук, А.Ю. Головин // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2024. № 4 (56). – С. 224–233.

6. Тимашов Е.П. Технические инновации сферы автомобильного сервиса: монография. 2013. – 103 с. – ISBN 978-5-8231-0246-9.

7. Pastukhov A., Timashov E., Stanojević D. Temperature Conditions and Diagnostics of Bearings // Applied Engineering Letters. 2023. Vol. 8, No. 2. – P. 45–51.

8. Патент № 2205377 Стенд для испытания карданных передач : заявл. 07.05.2002 : опубл. 27.05.2003 / А.Г. Пастухов, Е.П. Тимашов, А.И. Кошелев.

9. Тимашов Е.П., Тимашов А.П., Миненко А.А. Термометрическая диагностика карданного шарнира привода жатки CERIO 770 // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 2 (26). – С. 94–105.

УДК 631.3+62-78+620.179.16

СОВРЕМЕННЫЕ СЕРВИСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ТЕХНИКИ И ОБОРУДОВАНИЯ

Ирниденко В.А., Батырев Е.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Современные подходы к обслуживанию оборудования включают ряд специализированных технологий, повышающих его надёжность и снижающих трудозатраты. Ультразвуковая очистка дозирующих каналов позволяет удалять трудноудаляемые отложения без механического воздействия, сохраняя целостность деталей. Диагностика протечек с помощью флуоресцентных маркеров и УФ-излучения даёт возможность точно локализовать места утечек, даже если они не видны визуально. 3D-печать запасных частей позволяет оперативно изготавливать уникальные элементы – сопла, уплотнения – из химически стойких полимеров, сокращая время простоя при ремонте. Мониторинг состояния с помощью датчиков вибрации и температуры помогает прогнозировать отказы, выявляя аномалии до того, как они приведут к поломке. Автоматизированная промывка систем подачи предусматривает встроенные контуры для циркуляционной очистки, что упрощает обслуживание и снижает риск человеческого фактора [1]. Эти технологии не только повышают надёжность оборудования, но и делают процесс обслуживания более эффективным и экономичным.

Сезонное обслуживание играет ключевую роль в поддержании работоспособности оборудования для внесения мелиорантов. Перед началом сезона проводят полную ревизию узлов, заменяя изношенные детали и калибруя системы дозирования. Это позволяет убедиться, что техника готова к интенсивной эксплуатации и работает с заданной точностью. После завершения работ оборудование тщательно промывают, удаляя все остатки мелиорантов из бункеров и трубопроводов. Металлические поверхности обрабатывают антикоррозионными составами, а подвижные части хранят в смазанном состоянии, чтобы предотвратить ржавление и заклинивание. При переходе на другие виды мелиорантов обязательна промывка и дезинфекция бункеров и трубопроводов, чтобы исключить химические реакции между остатками разных составов. Несоблюдение сезонных регламентов приводит к накоплению повреждений, что повышает риск аварий и сокращает срок службы техники.

Систематическое техническое обслуживание оборудования приносит ощутимую экономическую выгоду. Благодаря точной дозировке удаётся снизить потери мелиорантов на 15…20%, что напрямую влияет на рентабельность мелиоративных работ. Увеличение межремонтного периода на 25…30% сокращает частоту замен деталей и уменьшает затраты на ремонт. Сокращение простоев на 35…40% достигается за счёт профилактики отказов, что особенно важно в пиковые периоды внесения мелиорантов [2]. Экономия на запчастях до 20% возможна благодаря своевременной замене изношенных элементов, что позволяет избежать более дорогостоящих поломок. Инвестиции в сервисные технологии –

такие как диагностика и автоматизированные системы очистки – окупаются за 1…1,5 года, делая их экономически обоснованными даже для небольших хозяйств.

При организации технического обслуживания оборудования для внесения мелиорантов необходимо учитывать действующие нормативные требования. ГОСТ 28723-2018 «Оборудование сельскохозяйственное. Требования к надёжности и безопасности» устанавливает базовые критерии, которым должна соответствовать техника [3]. Регламенты производителей содержат конкретные указания по эксплуатации в агрессивных средах, включая рекомендации по смазкам, фильтрам и периодичности ТО. СанПиН 1.2.3685-21 регулирует вопросы воздействия на почву и здоровье работников, определяя допустимые уровни загрязнения и требования к защите. Региональные рекомендации по мелиорации дополняют эти нормы, предлагая адаптированные методы работы с учётом местных почвенно-климатических условий и совместимости материалов. Соблюдение этих документов не только обеспечивает безопасность и эффективность эксплуатации, но и снижает риски юридических претензий.

Перспективные направления развития технического обслуживания связаны с внедрением инновационных технологий. Искусственный интеллект может использоваться для прогнозирования износа узлов на основе анализа химического состава мелиорантов и режимов работы, что позволит планировать ТО более точно. Самоочищающиеся покрытия для бункеров и шнеков способны снизить трудозатраты на ежедневную очистку и продлить срок службы поверхностей. Беспилотные системы для инспекции труднодоступных участков оборудования помогут выявлять дефекты без привлечения персонала, повышая безопасность и скорость диагностики. Цифровые двойники машин позволят моделировать нагрузки и оптимизировать графики технического обслуживания, учитывая реальные условия эксплуатации. Интеграция с платформами точного земледелия даст возможность адаптивно вносить мелиоранты по картам полей, корректируя дозировку в зависимости от локальных потребностей почвы. Эти решения открывают новые возможности для повышения эффективности.

Список литературы

1. Романченко М.И. Диагностика и техническое обслуживание машин : Курс лекций для студентов инженерного факультета специальности 110304.65 «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2010. – 95 с. – EDN UIIFBR.

2. Руднев И.А. Смазочно-заправочные работы при техническом обслуживании тракторов / И.А. Руднев, М.И. Романченко // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции. В 4-х томах, Майский, 18-19 марта 2020 года. Том 3. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 149. – EDN LWJPQE.

3. Тарасов С.А. Совершенствование технического обслуживания и ремонта МТП с модернизацией стенда для разборки и сборки узлов и агрегатов / С.А. Тарасов, М.И. Романченко // Молодёжный аграрный форум – 2018 : Материалы международной студенческой научной конференции, Белгород, 20-24 марта 2018 года. Том 2. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2018. – С. 121. – EDN YVDDSC.

УДК 621.797.(631.354.2)

СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Мирошниченко М.Д., Павлюк Р.В.
ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ, г. Ставрополь, Россия

Обеспечение высокого коэффициента технической готовности парка зерноуборочных комбайнов в период массовой уборки урожая является приоритетной задачей агропромышленного комплекса [1-3]. Наиболее уязвимым звеном в механических передачах с ременным приводом являются шпоночные соединения валов со шкивами. Знакопеременные ударные нагрузки, характерные для обмолота, приводят к смятию шпонки и посадочных поверхностей, что вызывает проворачивание шкива и полную потерю работоспособности узла [4].

Особую остроту проблема приобретает при эксплуатации импортной техники, для которой характерны высокая стоимость оригинальных запасных частей и длительные логистические задержки. В связи с этим возникает необходимость в системном анализе существующих ремонтных стратегий и поиске технологических резервов, позволяющих минимизировать время простоя.

Анализ эксплуатационной практики и литературных источников позволяет выделить три принципиально различающихся подхода к восстановлению шпоночного соединения.

Полная замена комплекта. Данный способ предусматривает демонтаж изношенного вала, шкива и шпонки с последующей установкой новых деталей заводского изготовления. Технологически этот вариант является наиболее надежным, однако требует значительных временных затрат на разборочно-сборочные работы. Его реализация экономически оправдана лишь при проведении планового ремонта в межсезонье или при наличии складского запаса необходимых компонентов.

Частичная замена (шкив + шпонка). Наиболее распространенный в полевых условиях метод. Применяется, если износ вала не превышает допустимых значений. Несмотря на оперативность, метод обладает существенным недостатком: сопряжение новой ступицы с изношенным валом происходит с увеличенным зазором. Это создает условия для ускоренного развития усталостных деформаций и повторного отказа в течение того же сезона работ.

Восстановление деталей. Ремонт вышедших из строя элементов. Данный способ является безальтернативным в условиях дефицита запасных частей. Однако он требует транспортировки поврежденной детали в стационарную мастерскую, что значительно увеличивает общее время простоя комбайна.

Для импортных комбайнов (на примере «New Holland CSX 7080») характерна ситуация, когда при отказе вал остается в пределах ремонтных размеров, а повреждению подвергается только ступица шкива и шпонка. В этом случае эффективным решением является использование разработанного нами ремонтного комплекта.

Комплект включает коническую втулку с продольным пазом, зажимную и фиксирующую гайки, а также стяжные болтовые соединения. Технология ремонта заключается в расточке изношенной ступицы шкива под коническое отверстие. Втулка устанавливается на вал и фиксируется натягом. Соединение втулки со шкивом осуществляется затяжкой гаек и стяжных болтов. Расположение стяжных болтовых соединений (под углом 90° друг к другу) обеспечивает самоцентрирование узла, исключая биение и эксцентриситет при работе.

Разработанная конструкция ремонтного комплекта с конической втулкой позволяет выполнять восстановление узла силами ремонтной мастерской хозяйства (заготовка втулок может производиться заблаговременно). Применение данного устройства исключает необходимость ожидания оригинальной запчасти, а восстановленное коническое соединение обладает высокой виброустойчивостью и долговечностью. Использование комплекта является экономически целесообразным альтернативным решением для импортной техники при сохранении исходного вала.

Список литературы

1. Стребков С.В., Слободюк А.П., Бондарев А.В. Оценка эффективности импортозамещения запасных частей сельскохозяйственной техники // Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий: Белгородский ГАУ. 2015. – С. 75–76.

2. Водолазская Н.В. Совершенствование автоматизированных систем для повышения эффективности сборочных операций / Н.В. Водолазская // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2025. № 8. – С. 352–356. – DOI 10.36652/0202-3350-2025-26-8-352-356.

3. Водолазская Н.В. Расширение диапазона нагружения элементов технологической сборочной системы / Н.В. Водолазская // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2023. № 1. – С. 7–11. – DOI 10.36652/0202-3350-2023-24-1-7-11.

4. Исследование ремонтопригодности шпоночных соединений сельскохозяйственной техники / М.А. Кобозев, А.В. Захарин, Р.А. Магомедов, Р.В. Павлюк, А.Т. Лебедев // Научная мысль. 2015. № 3. – С. 254–257.

УДК 621.892+62-78+621.643

СПОСОБЫ ПОДДЕРЖАНИЯ КАЧЕСТВА РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

Гончаров В.А., Титова И.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Чтобы сохранить эксплуатационные свойства рабочей жидкости, применяют комплекс профилактических и восстановительных мер. Регулярная замена жидкости согласно регламенту производителя техники (обычно каждые 1 000…2 000 моточасов или ежегодно) предотвращает накопление загрязнений и продуктов старения.

Фильтрация играет ключевую роль в поддержании чистоты [1, 2]. Используют фильтры тонкой очистки (3…10 мкм), магнитные уловители и центрифуги, которые эффективно удаляют механические частицы и продукты износа.

Осушение жидкости достигается за счёт воздухоосушителей на сапунах гидробаков и вакуумных дегидраторов. Эти устройства удаляют влагу, предотвращая коррозию и эмульгирование.

Контроль температуры обеспечивает оптимальные условия работы жидкости. Поддержание рабочей температуры в диапазоне +40…+70°С с помощью теплообменников и термостатов предотвращает перегрев и чрезмерное загущение.

Герметизация системы минимизирует попадание загрязнений и воздуха [3]. Для этого заменяют изношенные уплотнения, проверяют соединения и устанавливают пыльники.

Разделение жидкостей исключает смешивание разных типов масел и технических жидкостей, которое может привести к химическим реакциям и потере эксплуатационных свойств.

Промывка системы перед заменой масла, особенно при переходе на другой тип жидкости, удаляет остатки старой жидкости и отложения, обеспечивая чистоту новой.

Использование присадок – антиоксидантов, противоизносных и антикоррозионных составов – продлевает срок службы жидкости. Однако применять их следует строго по рекомендации производителя техники.

Обучение персонала правилам заправки, хранения масла и распознавания признаков ухудшения качества жидкости повышает культуру обслуживания и снижает риск ошибок.

Систематический контроль качества рабочей жидкости приносит ощутимую экономическую выгоду [4]. Прежде всего, он позволяет увеличить межремонтный ресурс гидросистемы на 30…50%. Это достигается за счёт снижения износа насосов, клапанов и уплотнений, что в свою очередь сокращает частоту ремонтов и затраты на запасные части.

Снижение простоев техники на 20…40% – ещё один важный результат. Уменьшение числа отказов гидросистемы позволяет соблюдать агротехнические сроки и повышать производительность хозяйства.

Экономия на ремонте становится существенной благодаря сокращению затрат на замену дорогостоящих компонентов – насосов, гидроцилиндров и распределителей.

Список литературы

1. Цыпкина И.В. Определение качества услуг по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей / И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 01 декабря 2022 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 57–60. – EDN JSIBRZ.

2. Совершенствование технологии обкатки и испытания масляных насосов / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, С.В. Стребков [и др.] // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 55–58. – EDN ACFWXG.

3. Порицкий В.М. Совершенствование технологии ремонта двигателей внутреннего сгорания / В.М. Порицкий, И.В. Цыпкина // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 292–293. – EDN KACGFD.

4. Масленников Р.А. Организация технического обслуживания и ремонта в условиях АО «Племзавод Заря» Вологодской области / Р.А. Масленников, И.В. Цыпкина // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 252–253. – EDN FVCOWI.

УДК 631.3:621.785:621.793

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРОЧНЕНИЯ ЗУБЬЕВ БОРОНЫ

Чеботаев А.А., Романченко М.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Зубья бороны в процессе эксплуатации испытывают интенсивный абразивный износ из-за постоянного контакта с почвой, в которой присутствуют твёрдые включения – камни, песок, растительные остатки. Это влечёт за собой ряд негативных последствий: ухудшается качество обработки почвы, возрастает тяговое сопротивление агрегата, увеличивается расход топлива, сокращаются межремонтные интервалы [1, 2]. В условиях роста себестоимости сельскохозяйственного производства особую значимость приобретает выбор экономически обоснованных методов упрочнения. Такие методы должны эффективно продлевать ресурс зубьев, не приводя к существенному удорожанию техники.

Для повышения износостойкости зубьев бороны применяют несколько технологических подходов. Закалка токами высокой частоты (ТВЧ) предполагает локальный нагрев поверхности до температуры аустенизации с последующим быстрым охлаждением, что приводит к формированию мартенситной структуры. Газотермическое напыление заключается в нанесении твёрдосплавных покрытий (например, WC-Co или Cr_3C_2) посредством плазменной или газопламенной струи [3]. Электродуговая наплавка предусматривает наложение износостойкого слоя с использованием сварочной проволоки или порошковой ленты. Химико-термическая обработка (ХТО) включает насыщение поверхности углеродом (цементация) или азотом (азотирование) с последующей закалкой. Лазерная наплавка обеспечивает точное нанесение твёрдого сплава при минимальном термическом воздействии на основную структуру материала. Каждый из этих методов формирует особую структуру поверхностного слоя, от которой зависят эксплуатационные свойства детали.

Эффективность методов упрочнения оценивают по комплексу параметров. Важнейшим показателем выступает достигаемая поверхностная твёрдость, измеряемая в единицах HRC. Существенное значение имеет толщина упрочнённого слоя в миллиметрах, а также прочность сцепления покрытия с основой [4]. Учитывают степень деформации детали после обработки, производительность процесса (время на одну деталь в минутах), стоимость оборудования и расходных материалов. Не менее важны экологическая безопасность технологии и возможность проведения локального ремонта. Комплексный анализ по этим критериям позволяет определить оптимальный метод упрочнения для конкретных условий эксплуатации.

Закалка ТВЧ обеспечивает поверхностную твёрдость в диапазоне 55…60 HRC при глубине закалённого слоя 1…3 мм. Этот метод отличается минимальными деформациями детали, однако требует однородного состава стали и не подходит для локального ремонта. Газотермическое напыление позволяет

достичь твёрдости 60..70 HRC при толщине покрытия 0,2…1 мм и демонстрирует отличную адгезию, но предъявляет высокие требования к качеству подготовки поверхности. Электродуговая наплавка формирует слой твёрдостью 45…55 HRC толщиной 2…5 мм, допускает локальный ремонт, однако сопровождается значительными термическими деформациями. Химико-термическая обработка (цементация или азотирование) даёт твёрдость 58…65 HRC при глубине насыщения 0,5…1,5 мм, обеспечивает высокую износостойкость, но требует сложного оборудования и длительных циклов обработки. Лазерная наплавка позволяет получить твёрдость до 70 HRC при толщине слоя 0,3…2 мм и минимальной деформации, однако характеризуется высокой стоимостью оборудования.

После проведения упрочнения отмечается существенное улучшение эксплуатационных характеристик зубьев [5]. Скорость износа снижается в 1,5…4 раза в зависимости от выбранного метода. Геометрия режущей кромки сохраняется на 30…60% дольше по сравнению с неупрочнёнными деталями. Тяговое сопротивление агрегата уменьшается на 10…20%, а межремонтный ресурс увеличивается на 40…150%. Наибольший положительный эффект наблюдается при эксплуатации на тяжёлых и каменистых почвах. Особенно результативным оказывается комбинированное применение методов, например, сочетание ТВЧ-закалки с газотермическим напылением, что позволяет объединить преимущества разных технологических подходов.

Список литературы

1. Электроискровая обработка – как новый способ восстановления и упрочнения изношенных деталей / А.С. Новицкий, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов, Е.С. Батырев // Агроинженерия в XXI веке: проблемы и перспективы : материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции, п. Майский, 28 октября 2019 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 333–336. – EDN VLJRBY.

2. Эксплуатационные испытания упрочненных стрельчатых культиваторных лап электроискровой обработкой / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 1 (21). – С. 71–80. – EDN DBNGML.

3. Об упрочнении рабочей кромки почвообрабатывающих орудий электроискровым легированием / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев // Труды ГОСНИТИ. 2018. Т. 130. – С. 142–150. – EDN SCFVXY.

4. Способы повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих орудий / А.В. Бондарев, А.В. Сахнов, М.И. Романченко, А.С. Новицкий // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 12–13. – EDN CIJLOH.

5. Разработка комбинированных технологий восстановления / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов, С.В. Ковалев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 37–38. – EDN AZBCQX.

6. Упрочнение стрельчатых культиваторных лап электроискровым легированием / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов // Вестник АПК Ставрополья. 2019. № 1 (33). – С. 21–26. – EDN DTMFYY.

УДК 658.382+620.197.7

СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ПРИ РАБОТЕ С ТСМ В АПК

Заседов Б.А., Цыпкина И.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В процессе эксплуатации сельхозтехники топливно-смазочные материалы (ТСМ) используются повсеместно, однако они несут серьёзные риски для здоровья работников. Контакт с маслами и топливом может вызывать дерматиты и химические ожоги, вдыхание паров – отравления и хронические заболевания дыхательных путей, а брызги – повреждения глаз. Поэтому грамотный подбор и систематическое применение средств индивидуальной защиты (СИЗ) становится важнейшим условием охраны труда, позволяющим минимизировать профессиональные риски и создать безопасные условия работы.

Работа с горюче-смазочными материалами сопряжена с комплексом угроз. Прямой контакт кожи с маслами и дизельным топливом провоцирует аллергические реакции и химические повреждения. Вдыхание паров бензина, растворителей и отработавших газов ведёт к интоксикации. Попадание брызг в глаза способно вызвать конъюнктивиты и травмы роговицы. Кроме того, существует опасность возгорания и термических ожогов при работе с легковоспламеняющимися жидкостями. Осознание этих рисков – основа для правильного выбора защитных мер.

Для полноценной защиты персонала необходим комплекс средств индивидуальной защиты. В него входят спецодежда из маслобензостойких материалов с герметичными застёжками, защитные перчатки из нитрила или неопрена с высокой химической стойкостью, закрытые защитные очки либо лицевой щиток, респиратор с фильтрами класса А или А1 для защиты от органических паров, а также обувь с маслобензостойкой подошвой и защитным подноском [2]. Такой набор обеспечивает многоуровневую защиту от основных видов воздействия ТСМ.

При подборе спецодежды важно учитывать ряд ключевых требований. Одежда должна иметь пропитку, отталкивающую нефтепродукты, закрывать запястья и шею для предотвращения попадания брызг, обеспечивать достаточную воздухопроницаемость, чтобы избежать перегрева, и точно соответствовать размеру работника для свободы движений. Оптимальным вариантом считаются комбинезоны с молниями и липучками, исключающими образование зазоров. Это позволяет минимизировать риски контакта кожи с опасными веществами.

Выбор средств защиты органов дыхания зависит от условий работы и концентрации вредных веществ. При умеренном уровне загрязнения применяют фильтрующие полумаски класса А1, защищающие от паров бензина и керосина. В условиях высокой концентрации паров используют полнолицевые маски с картриджами [3]. При работе в замкнутых пространствах, например, при ремонте топливных баков, необходимы автономные дыхательные аппараты. Критически важно регулярно проверять срок годности фильтров и обеспечивать плотное прилегание маски к лицу для максимальной эффективности защиты.

Для защиты глаз наиболее эффективны герметичные очки с антизапотевающим покрытием, а в случаях, когда существует риск разбрызгивания под давлением, применяют лицевые щитки. Перчатки следует выбирать с маркировкой «КЩС», подтверждающей устойчивость к кислотам, щелочам и нефтепродуктам, при этом длина манжета должна надёжно закрывать запястье. Дополнительную защиту кожи обеспечивают гидрофильные кремы, создающие барьер между кожей и агрессивными веществами.

Чтобы средства индивидуальной защиты оставались эффективными, необходимо соблюдать правила их эксплуатации и хранения. Регулярно проводят проверку целостности – выявляют проколы, трещины и признаки износа. После каждой рабочей смены СИЗ очищают от загрязнений и сушат в проветриваемом помещении без использования нагревательных приборов. Хранят средства защиты вдали от химикатов и прямых солнечных лучей. Повреждённые или изношенные СИЗ незамедлительно изымают из использования, чтобы исключить риск для здоровья работников.

Эффективное использование СИЗ требует систематического обучения персонала. Программа включает инструктаж по подбору размера и типа защитных средств, отработку навыков надевания и снятия без контакта с загрязнёнными поверхностями, тренировки по замене фильтров и проверке герметичности. Особое внимание уделяют разбору типичных ошибок,например, ношения очков поверх маски или задирания манжет. Обучение проводят не реже одного раза в полгода, что обеспечивает поддержание высокого уровня безопасности на производстве.

Оценка эффективности средств индивидуальной защиты проводится с помощью нескольких методов. Перед началом работы обязателен визуальный осмотр СИЗ. Для респираторов проводят замеры концентрации вредных веществ в зоне дыхания, чтобы убедиться в их надёжности. Работники регулярно заполняют анкеты о комфорте и удобстве использования защитных средств. Кроме того, анализируют статистику микротравм и профессиональных заболеваний. Все результаты фиксируют в журнале учёта СИЗ, что позволяет своевременно выявлять и устранять слабые места в системе защиты.

Список литературы

1. Цыпкина И.В. Влияние эффективности производственной деятельности автосервиса на формирование спроса потребителей услуг / И.В. Цыпкина, А.Ф. Холопов // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 75–78. – EDN XBBTYE.

2. Бондарев А.В. Способы защита от коррозии сельскохозяйственных машин / А.В. Бондарев, И.И. Титова, И.В. Цыпкина // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVII Международной научно-производственной конференции, Майский, 12 апреля 2023 года. Том 4. – Майский: Белгородский ГАУ, 2023. – С. 114–115. – EDN PQFGQH.

3. Цыпкина И.В. Определение качества услуг по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей / И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 01 декабря 2022 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 57–60. – EDN JSIBRZ.

УДК 629.3.018

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ

Вергун В.И.
Научные руководители **Тимашов Е.П., Пастухов А.Г.**
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Проблема надежности, технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники остается актуальной на сегодняшний день [1]. Отдельные агрегаты и узлы сельскохозяйственной техники требуют повышенного внимания к их техническому состоянию, что можно обеспечить эффективными методами диагностики [2].

Подшипниковый узлы механических трансмиссий играют важную роль в обеспечении надежности и долговечности работы сельскохозяйственной техники. Для того, чтобы обеспечить надежность и долговечность работы техники был получен патент на разработку стенда RU 229567 U1. Цель разработки – создать стенд для испытания и диагностики подшипниковых узлов с имитацией эксплуатационных нагрузок и контролем таких параметров как нагрузка и температура. Создание такого стенда позволит выявлять дефекты подшипниковых узлов еще на ранних стадиях появления и повысить их надежность [3].

Конструкция стенда будет включать в себя несущую раму, приводной механизм, специальный корпус для подшипника, систему терморегуляции (канал вокруг подшипника, циркуляционный насос, радиатор с вентилятором, регуляторы потока, жидкий теплоноситель), устройства для нагрузки, датчики температуры на корпусе подшипника и радиаторе.

Устройство для нагрузки будет состоять из устройств для радиального и осевого нагружения. Например, для подшипника 205 установленного на комбайне ДОН-1500 радиальная нагрузка составляет F_r = 558 Н, а осевая нагрузка составляет F_a = 9 Н.

На данный момент уже изготовлен специальный корпус с каналами для охлаждения подшипника и контролепригодный подшипниковый узел. На контролепригодный подшипниковый узел также был получен патент RU 221360 U1. В основе контролепригодного подшипникового узла используется датчик температуры TMP 36. Конструкция узла состоит из корпуса с внешней резьбой, пыльника, разъема для подключения, датчика температуры и термопасты для лучшей теплопроводности.

Таким образом, создание испытательного стенда дает нам возможность моделировать реальные условия эксплуатации, что в перспективе обеспечит более высокую надежность и долговечность работы сельскохозяйственной техники.

Список литературы

1. Ремонт алюминиевых радиаторов тракторов John Deere / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов // Научная жизнь. 2019. Т. 14, № 4 (92). – С. 490–499.

2. Романченко М.И., Новицкий А.С. Диагностирование дизеля по моменту начала нагнетания топлива // Сельский механизатор. 2019. № 12. – С. 40–42.

3. Пастухов А.Г., Тимашов Е.П., Вергун В.И. Совершенствование технологии диагностирования опорных узлов трансмиссии автомобиля КАМАЗ-55111 // Технический сервис машин. 2024. Т. 62, № 1. – С. 21–27.

УДК 631.6+631.3+62-78

К ВОПРОСУ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МАШИН

Коленченко Д.В., Романченко М.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Мелиорация остаётся одним из ключевых инструментов повышения плодородия почв и стабилизации урожайности в агропромышленном комплексе. Однако успех мелиоративных мероприятий во многом зависит от исправности специализированного оборудования, предназначенного для внесения мелиорантов – известняка, доломитовой муки, гипса, органических добавок и других веществ [1].

В процессе интенсивной эксплуатации техника сталкивается с агрессивными воздействиями: абразивными частицами, повышенной влажностью, химически активными соединениями. Эти факторы провоцируют ряд негативных последствий – от коррозии рабочих органов до нарушения точности дозирования. В результате снижается эффективность мелиорации, возрастает расход материалов, увеличивается нагрузка на тяговую технику.

Своевременное и грамотное техническое обслуживание позволяет избежать подобных проблем. Оно поддерживает заданную норму внесения мелиорантов, предотвращает их перерасход, снижает нагрузку на тракторы и существенно продлевает ресурс оборудования [2]. Таким образом, ТО становится не просто формальной процедурой, а важнейшим элементом экономически обоснованного ведения хозяйства.

На практике применяются различные типы оборудования для внесения мелиорантов, каждый из которых имеет свои конструктивные особенности и область применения.

Разбрасыватели твёрдых мелиорантов (например, модели РМГ-4, МВУ-6) оснащены бункером, дозирующим механизмом (шибер, каток) и распределительным диском. Для их надёжной работы критически важны герметичность бункера, точность регулировки дозы и состояние подшипников дисков. Любые отклонения приводят к неравномерному внесению материала и перерасходу.

Культиваторы-мелиораторы (такие как КМО-3, КМО-5) выполняют двойную функцию: вносят мелиорант и заделывают его в почву. В этих машинах наиболее подвержены износу рабочие органы – лапы и стойки, а также механизмы привода. Их состояние напрямую влияет на глубину заделки и равномерность распределения вещества.

Инъекторы жидких мелиорантов, предназначенные для внесения растворов гипса или кислот, требуют особого внимания к состоянию насосов, форсунок и шлангов. Система фильтрации должна работать безупречно, чтобы исключить засорения. Утечки в таких установках не только снижают эффективность работы, но и создают экологические риски.

Комбинированные агрегаты, позволяющие одновременно вносить известь и удобрения, отличаются сложной кинематикой. Это повышает требования к

качеству смазки и точности регулировок. Даже небольшие отклонения могут привести к дисбалансу в работе узлов и ускоренному износу.

Ключевыми рабочими органами всех типов оборудования являются: бункеры и цистерны, дозирующие устройства (шиберы, шнеки, поршни), распределительные системы (диски, лопатки, форсунки), а также приводные механизмы (редукторы, карданы, цепи). Их исправность определяет общую производительность и точность работы машины.

Практика эксплуатации показывает, что оборудование для внесения мелиорантов подвержено ряду характерных неисправностей. Одной из самых распространённых является коррозия бункеров и трубопроводов. Она возникает из-за постоянного контакта с кислыми или щелочными растворами, а также под воздействием атмосферной влаги. Коррозия ослабляет конструкции и может привести к образованию сквозных отверстий.

Износ дозирующих элементов – ещё одна частая проблема. Абразивное воздействие мелиорантов, особенно известковой муки, постепенно стирает поверхности шиберов, шнеков и поршней. Это нарушает точность дозировки и ведёт к перерасходу материалов.

Засорение форсунок и сопел происходит из-за попадания частиц нерастворённых примесей или образования осадков в растворе. В результате снижается пропускная способность системы, нарушается равномерность внесения.

Нарушение герметичности соединений – следствие повреждения уплотнений, сварных швов или фланцев. Это приводит к утечкам, потере давления и снижению эффективности работы [2].

Поломки приводов чаще всего вызваны перегрузками – например, из-за комков мелиоранта, застрявших в механизмах, или из-за отсутствия смазки. Такие отказы требуют срочного ремонта и ведут к простоям техники.

Сбои датчиков и автоматики возникают из-за воздействия влаги, вибрации или окисления контактов. Это особенно критично для машин с электронным управлением, где ошибка датчика может исказить весь процесс внесения.

Среди основных причин перечисленных неисправностей можно выделить: несоблюдение регламентов ТО, использование мелиорантов с посторонними включениями, работу в неблагоприятных погодных условиях (дождь, снег), превышение норм загрузки и хранение техники в неподходящих условиях.

Список литературы

1. Романченко М.И. Диагностика и техническое обслуживание машин : Курс лекций для студентов инженерного факультета специальности 110304.65 «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2010. – 95 с. – EDN UIIFBR.

2. Тарасов С.А. Совершенствование технического обслуживания и ремонта МТП с модернизацией стенда для разборки и сборки узлов и агрегатов / С.А. Тарасов, М.И. Романченко // Молодёжный аграрный форум – 2018 : Материалы международной студенческой научной конференции, Белгород, 20-24 марта 2018 года . Том 2. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2018. – С. 121. – EDN YVDDSC.

УДК 621.86

СТЕНДЫ ДЛЯ РАЗБОРОЧНО-СБОРОЧНЫХ РАБОТ

Назаров И.А., Переверзев Р.М., Букат М.Г., Сахнов А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Стенды для разборочно-сборочных работ – важное оборудование в машиностроении, автосервисе и смежных отраслях. Они предназначены для удобного и безопасного выполнения операций по разборке, ремонту и сборке различных агрегатов: двигателей, коробок передач, турбокомпрессоров и других узлов. Использование таких стендов позволяет повысить производительность, снизить трудоёмкость процессов и обеспечить высокое качество выполняемых работ.

Основное преимущество стендов заключается в том, что они существенно упрощают доступ к узлам агрегата: благодаря поворотным механизмам (например, червячным редукторам) изделие можно зафиксировать в нужном положении и получить удобный доступ даже к самым труднодоступным местам. Это не только сокращает время выполнения операций, но и снижает физическую нагрузку на персонал. Надёжная фиксация агрегата с помощью специальных кронштейнов, траверс и адаптеров предотвращает его случайное смещение, повышая безопасность работ. Многие модели оснащены ёмкостями для сбора эксплуатационных жидкостей – масла, топлива и прочих, что минимизирует загрязнение рабочего места. Механизированные и электромеханические приводы облегчают перемещение и поворот тяжёлых деталей, исключая необходимость вручную кантовать массивные узлы. Отдельные стенды отличаются универсальностью: с помощью адаптеров и регулируемых конструкций их можно применять для разных типов агрегатов. В итоге фиксация в оптимальном положении и продуманная эргономика снижают риск повреждения компонентов при разборке и сборке, что напрямую влияет на качество ремонта.

Вместе с тем у стендов есть и определённые недостатки. Некоторые модели узкоспециализированы и подходят только для конкретных марок или моделей агрегатов, что ограничивает их применение. Высокая стоимость, особенно у автоматизированных и роботизированных версий, а также затраты на обслуживание и ремонт могут оказаться существенной нагрузкой для бюджета предприятия. Крупногабаритные стенды требуют много места и прочного фундамента, а механизированные варианты зависят от электропитания или иных источников энергии. Кроме того, оборудование нуждается в регулярном техническом обслуживании – проверке редукторов, подшипников, креплений – и предполагает предварительное обучение персонала, чтобы исключить ошибки при настройке и эксплуатации.

В перспективе развитие стендов идёт в сторону автоматизации и роботизации: внедряются системы с компьютерным управлением и техническим зрением, позволяющие точно захватывать и перемещать детали без участия человека. Растёт спрос на гибкие переналаживаемые конструкции, которые быстро

адаптируются под разные типы агрегатов, а также на модульные решения, упрощающие расширение функциональности и ремонт. Всё чаще стенды интегрируют с цифровыми системами управления на базе ПЛК и специализированного ПО, повышают их энергоэффективность и экологичность, улучшают эргономику и безопасность. Параллельно разрабатываются компактные портативные версии для небольших мастерских и выездного обслуживания. Таким образом, современные стенды становятся более гибкими, умными и удобными, сохраняя при этом высокую надёжность и качество выполнения разборочно-сборочных операций.

Список литературы

1. Комарницкий Р.С. Разработка стенда для разборочно-сборочных работ двигателей внутреннего сгорания / Р.С. Комарницкий, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 224–225. – EDN BHBSJO.

2. Исаев И.У. Применение стендов кантователей в ремонтном производстве / И.У. Исаев, С.В. Ковалев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции. Тезисы докладов, п. Майский, 29-30 марта 2022 года. Том 4. – Майский : Белгородский ГАУ, 2022. – С. 237–238. – EDN PZWGRF.

УДК 502.681.3

СХЕМЫ ЗОН ДЛЯ ЗАРЯДКИ МТА С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ В АПК

Снятков Е.В., Хлистун В.Р., Кириченко И.А.
ФГБОУ ВО ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия

Аннотация

Внедрение МТА с электроприводом в АПК является частью соблюдения новых экологических стандартов и повышения КПД и функциональности машинно-тракторных агрегатов. Чтобы повысить удобство эксплуатации таких МТА, требуются специализированные зоны для их зарядки, рассчитанные сразу на несколько постов.

Ключевые слова: АПК, зона для зарядки, машинно-тракторный агрегат, МТА с электроприводом, зарядная станция.

Машинно-тракторные агрегаты с электроприводом в некоторых условиях уже зарекомендовали себя, как рабочее решение в реалиях новых экологических стандартов и используются для различных сельскохозяйственных операций, включая вспашку, посев, обработку почвы и транспортировку [3].

Однако подобному виду техники требуются зарядные станции и специально оборудованные места для зарядки. Зарядка электротранспорта имеет свои уникальные особенности, которые требуют индивидуального подхода.

При создании зон для зарядки МТА с электроприводом стоит учесть ряд факторов, влияющих на удобство и эффективность использования зарядных станций. Одно из важнейших требований – машиноместо для зарядки. Согласно ГОСТ 7751-85 [1] габариты парковочного места для крупной сельскохозяйственной техники составляют от 14000 × 5500 мм до 22000 × 1200 мм в зависимости от наличия дополнительного оборудования на тракторе. Такое парковочное место должно иметь твердое покрытие (асфальт или бетон), хорошее освещение и ограждение. Немаловажным фактором также следует считать проездную структуру, чтобы исключить движение задним ходом для МТА с установленным дополнительным оборудованием.

Зоны для зарядки МТА с электроприводом следует располагать таким образом, чтобы не нарушать уже существующую инфраструктуру. Так как зарядка подобной техники может длиться около двух часов, под зону зарядки более правильным будет оборудовать отдельную парковочную зону или сквозной проездной ангар.

При расчете общих габаритов зоны для зарядки МТА с электроприводом помимо габаритов машиноместа следует взять во внимание ширину разметки, размеры самой зарядной станции, расстояние между зарядной станцией и МТА, а также расстояние между постами зарядки.

При планировании новых зон для зарядки машинно-тракторных агрегатов с электроприводом следует обратить внимание на территориальный фактор, конкретную локацию для установки, количество зарядных станций на единицу площади, выбор оптимальной компоновки, наличие в месте установки зарядных станций уже существующей инфраструктуры и их взаимодействие с ней [2].

Список литературы

1. ГОСТ 7751-85. Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения [Текст] – Введ. 1987-01-01 – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 28 с.

2. Компоновочные схемы зон для зарядки электромобилей / Е.В. Снятков, С.В. Дорохин, В.Р. Хлистун, И.А. Кириченко // Современные системы и технологии на транспорте: проблемы и перспективы : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, Воронеж, 24-25 апреля 2025 года. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2025. – С. 229–233. – DOI 10.58168/MSTT2025_229-233. – EDN CCWMIY.

3. Хлистун В.Р. Перспективы использования МТА с электроприводом в АПК / В.Р. Хлистун, Е.В. Снятков // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VII Международной студенческой научной конференции, Майский, 25-27 февраля 2025 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – С. 66–67. – EDN HFHHIF.

УДК 631.3:004.9:528.4

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ GPS-НАВИГАЦИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Корешков В.С., Новицкий А.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Рост себестоимости сельхозпроизводства и ужесточение экологических требований делают внедрение GPS-навигационных систем экономически оправданным решением. Такие системы позволяют минимизировать непроизводительные затраты – устранять перекрытия и пропуски при обработке полей, сокращать расход ГСМ, соблюдать агротехнические сроки. В результате повышается рентабельность хозяйства и снижается антропогенная нагрузка на почву [1].

Современная GPS-система для сельхозтехники включает несколько ключевых элементов: GPS-приёмник с поддержкой ГЛОНАСС и BeiDou, блок обработки данных, дисплей для оператора, датчики движения и расхода топлива. Для достижения высокой точности применяют дифференциальные станции RTK или VBS. Интеграция с бортовыми компьютерами позволяет автоматизировать процессы и вести непрерывный сбор телеметрических данных.

Формирование эффективных траекторий движения базируется на комплексном анализе ряда параметров: геометрии полей (с учётом контуров и препятствий), ширины захвата агрегата, агротехнических требований к перекрытию (в пределах 0…15 см), особенностей рельефа [2]. Алгоритмы системы минимизируют холостые прогоны, оптимально рассчитывают точки разворота и зоны ожидания, что существенно повышает коэффициент полезного использования рабочего времени.

Погрешность определения координат зависит от нескольких факторов: типа приёмника (одночастотный даёт точность 30…50 см, многочастотный – 2…5 см), наличия дифференциальных поправок (RTK обеспечивает точность до 2 см, SBAS – 10…20 см), а также уровня помех (здания, линии электропередачи, густая растительность). Для посевных операций критична точность не более 5 см, тогда как при внесении удобрений допустима погрешность 10…15 см.

GPS-навигация служит технологической основой для целого ряда решений в рамках точного земледелия. Она позволяет реализовать дифференцированное внесение удобрений по картам плодородия, автоматически управлять секциями опрыскивателей, вести учёт урожайности в режиме реального времени, формировать электронные карты полей с историей обработок. В совокупности это создаёт цифровую экосистему управления агропроизводством, повышая его прозрачность и управляемость.

Использование GPS-систем приносит ощутимый экономический эффект. Расход топлива снижается на 7…12% благодаря сокращению перекрытий и холостых пробегов. Экономия агрохимикатов достигает 5…15% за счёт точного дозирования. Производительность техники возрастает на 15…25% – в том числе за счёт

возможности работы в ночное время и при ограниченной видимости [3]. Кроме того, сокращаются трудозатраты на планирование маршрутов. При площади обработки свыше 500 га оборудование окупается в срок от полутора до трёх лет.

Стартовые инвестиции включают приобретение навигационных комплектов (стоимостью 200…600 тыс. руб. за единицу), затраты на установку и калибровку оборудования, годовую подписку на дифференциальные поправки (30…80 тыс. руб.) и обучение персонала. Снизить первоначальные расходы помогают механизмы лизинга, государственные субсидии, а также кооперация хозяйств для совместного использования RTK-станций.

Навигационные системы вносят существенный вклад в оптимизацию технического обслуживания. Они фиксируют моточасы и нагрузку на агрегаты, сигнализируют о превышении допустимых скоростных режимов, помогают планировать ТО исходя из фактического пробега. В результате увеличивается ресурс машин, снижается вероятность аварийных ситуаций и простоев.

Среди основных сложностей – дефицит квалифицированных операторов, сопротивление персонала изменениям, отсутствие цифровых карт полей, несовместимость старого парка техники с современными системами. Преодолеть эти барьеры позволяет поэтапное внедрение технологий, проведение тренингов и запуск пилотных проектов на отдельных участках хозяйства. Такой подход снижает риски и обеспечивает плавный переход к новым рабочим процессам.

Оптимизация маршрутов оказывает положительное влияние на экологию и экономику. Уменьшается уплотнение почвы, что предотвращает снижение урожайности на 3…7%. Сокращаются выбросы CO_2 благодаря экономии топлива. Минимизируется химическая нагрузка на экосистемы за счёт точного внесения агрохимикатов. Всё это соответствует принципам устойчивого земледелия и укрепляет репутацию предприятия как экологически ответственного производителя.

В ближайшей перспективе ожидается внедрение ряда инновационных решений. Искусственный интеллект будет использоваться для прогнозирования оптимальных маршрутов с учётом погодных условий и влажности почвы. Усилится интеграция с беспилотными тракторами и дронами. Получат распространение облачные платформы для коллективного управления техникой. Разработаются бюджетные решения для малых хозяйств. Эти технологические тренды будут способствовать дальнейшему росту экономической эффективности и доступности GPS-навигации в аграрном секторе.

Список литературы

1. Стребков С.В. Надежность технических систем : учебное пособие / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – 185 с. – EDN ZWPMUI.

2. Скурятин Н.Ф. Сеялка технических культур очагового внесения минеральных удобрений / Н.Ф. Скурятин, П.Р. Курсенко, А.В. Сахнов // Бюллетень научных работ Белгородской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Я. Горина. 2006. № 6. – С. 81–83. – EDN WGCUEZ.

3. Сахнов А.В. Совершенствование процесса локального внесения минеральных удобрений при посеве сахарной свеклы : специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сахнов Андрей Васильевич. – Воронеж, 2009. – 19 с. – EDN NKQTZV.

УДК 621.643+62-78+621.892

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ГИДРОПРИВОДОВ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Ямпольский О.Е., Бондарев А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Совершенствование работы гидроприводов предполагает реализацию нескольких ключевых направлений. Повышение герметичности достигается за счёт применения уплотнений из износостойких материалов – таких как фторкаучук и полиуретан. Дополнительно устанавливают защитные кожухи на шланги, предотвращающие механические повреждения [1].

Улучшение фильтрации – ещё одно важное направление. Монтаж дополнительных фильтров с тонкостью очистки 3…5 мкм и автоматизация контроля их засоренности позволяют поддерживать высокое качество рабочей жидкости.

Термостабилизация системы обеспечивается установкой более мощных охладителей и использованием термостатических клапанов. Они поддерживают оптимальную температуру в диапазоне 40…60°С, что предотвращает перегрев и сохраняет вязкость масла.

Оптимизация гидравлических линий включает сокращение длины трубопроводов и исключение резких поворотов. Применение армированных шлангов повышает устойчивость системы к вибрациям и перепадам давления [2].

Автоматизация управления реализуется через внедрение электрогидравлических распределителей с ПИД-регулированием. Это обеспечивает точное позиционирование жатки и мотовила, повышая качество работы комбайна.

Использование гидроаккумуляторов снижает пиковые нагрузки на насос и уменьшает пульсации давления, что продлевает ресурс компонентов.

В целях экологической безопасности целесообразно применять биоразлагаемые масла. Они минимизируют риски при возможных утечках и упрощают утилизацию отработанных материалов [3].

Эффективная эксплуатация гидроприводов требует комплексного подхода к организации технического обслуживания. Регулярное ТО включает замену масла и фильтров согласно регламенту, проверку затяжки соединений и контроль уровня жидкости. Эти мероприятия предотвращают развитие многих типичных неисправностей.

Обучение операторов – важный элемент профилактики. Персонал должен знать правила запуска гидросистемы в холодную погоду, понимать недопустимость перегрузок и уметь распознавать признаки неисправностей на ранней стадии.

Ведение журнала наработки позволяет учитывать время работы ключевых компонентов – насоса, распределителей, гидроцилиндров. На основе этих данных планируют плановые замены, предотвращая критические отказы.

Сезонные подготовки включают промывку системы перед началом уборочной кампании и замену жидкости при переходе на зимний или летний режим

эксплуатации. Это поддерживает работоспособность гидропривода в меняющихся условиях.

Использование качественных ГСМ – обязательное требование. Применение масел, рекомендованных производителем комбайна, гарантирует совместимость и оптимальную работу системы.

Своевременный ремонт – залог долговечности гидропривода. Замена изношенных компонентов до возникновения критических поломок позволяет избежать дорогостоящих ремонтов и длительных простоев техники.

Внедрение мер по оптимизации гидроприводов приносит ощутимую экономическую выгоду. Прежде всего, снижается количество простоев – на 20…30% за счёт уменьшения числа отказов гидросистемы. Это напрямую влияет на производительность хозяйства, особенно в пиковые периоды уборки урожая.

Существенная экономия достигается за счёт сокращения расхода ГСМ. Уменьшение утечек и продление срока службы рабочей жидкости позволяют снизить затраты на масло на 15…25%.

Увеличение межремонтного ресурса на 25…40% становится возможным благодаря использованию качественных уплотнений и фильтров. Это снижает частоту плановых ремонтов и потребность в запасных частях [4].

Стабильная работа гидроприводов способствует росту производительности комбайна. Точная регулировка рабочих органов минимизирует потери урожая, повышая рентабельность хозяйства.

Предотвращение дорогостоящих поломок насоса и распределителей сокращает затраты на ремонт. Комплексный подход к оптимизации окупается в течение 1…2 сезона уборки, даже при существенных первоначальных вложениях в оборудование и обучение персонала.

Список литературы

1. Стребков С.В. Технология ремонта машин : учебно-методическое пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2022. – 181 с. – EDN GTLALV.

2. Основы организации технического сервиса в агропромышленном комплексе : Учебник / И.Н. Кравченко, Ю.А. Кузнецов, А.В. Коломейченко [и др.]. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «КноРус», 2022. – 452 с. – (Бакалавриат и магистратура). – ISBN 978-5-406-08940-8. – EDN WHVHKI.

3. Перспективы импортозамещения запасных частей зарубежной техники в Белгородской области / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев, Б.С. Зданович // Белгородский агромир. 2014. № 6 (87). – С. 19–21. – EDN UBBRBT.

4. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

УДК 631.6+631.3+62-78

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ АГРОМЕЛИОРАНТОВ

Демьяненко В.В., Батырев Е.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Исправность техники для внесения мелиорантов – извести, гипса, органических составов – напрямую определяет эффективность агрохимических мероприятий. Регулярное техническое обслуживание позволяет избежать простоев, сократить затраты на внеплановый ремонт и обеспечить равномерное распределение материалов [1]. Это критически важно для поддержания плодородия почв и соблюдения нормативов внесения мелиорантов.

В оборудовании для внесения мелиорантов особую роль играют дозирующие устройства, распределительные диски и шнеки, системы подачи, ходовая часть и гидравлика. Каждый из этих элементов испытывает специфические нагрузки: абразивный износ от гранулированных составов, коррозию при контакте с влажными смесями, перегрев при длительной эксплуатации. Техническое обслуживание должно учитывать эти особенности, чтобы предотвратить преждевременный выход узлов из строя.

Система ТО включает несколько уровней работ. Ежесменное обслуживание предполагает очистку оборудования, проверку креплений и уровня рабочих жидкостей. Плановое ТО-1 проводится каждые 50…100 часов работы и включает смазку, регулировку зазоров и замену фильтров. Сезонное ТО предусматривает консервацию или расконсервацию техники, а также замену изношенных деталей перед началом полевых работ. График обслуживания корректируется с учётом интенсивности эксплуатации и типа используемых мелиорантов.

Для оценки работоспособности применяют комплексный подход. Визуальный осмотр выявляет трещины, коррозию и деформации. Измерение зазоров и люфтов позволяет оценить степень износа механизмов. Проверка давления в гидравлической системе даёт представление о её герметичности и эффективности [2]. Анализ проб рабочих жидкостей показывает уровень загрязнения и наличие примесей. Для углублённой диагностики используют портативные анализаторы и эндоскопы, что повышает точность оценки.

Дозирующие устройства требуют особого внимания из-за высокой точности работы. Перед началом сезона проводят калибровку, добиваясь погрешности подачи не более ±5%. После каждой смены оборудование очищают от остатков мелиорантов, чтобы исключить засоры [3]. При обнаружении утечек заменяют уплотнения, а равномерность вращения дозирующих шнеков регулярно проверяют. Пренебрежение этими процедурами ведёт к перерасходу материалов и неравномерному внесению мелиорантов.

Диски и шнеки подвержены интенсивному абразивному износу, поэтому их состояние необходимо контролировать. Толщина рабочих поверхностей должна оставаться в пределах допустимых значений, а изношенные лопасти или ножи

подлежат замене. Балансировка вращающихся элементов предотвращает вибрации, которые ухудшают качество распределения. Подшипники смазывают не реже одного раза в 10 часов работы, что продлевает срок их службы и сохраняет производительность оборудования.

Основные проблемы гидравлических систем связаны с загрязнением масла и утечками. Для их предотвращения масло меняют каждые 500 часов, контролируют герметичность соединений и промывают фильтры при смене сезона. Диагностика насосов включает проверку на шумы и перепады давления, что позволяет выявить неисправности на ранней стадии. Использование некачественного масла ускоряет износ гидроцилиндров, поэтому важно соблюдать рекомендации производителя по выбору рабочих жидкостей.

Современные машины оснащены датчиками расхода, контроллерами дозирования и системами GPS-навигации, требующими регулярного ухода. Проверяют контакты и изоляцию проводов, чтобы избежать коротких замыканий. Программное обеспечение обновляют для корректной работы алгоритмов управления. Сенсоры, например датчики нагрузки на диски, калибруют для обеспечения точности измерений. При хранении оборудование защищают от влаги и пыли, что предотвращает коррозию и сбои электроники.

Консервация техники – важный этап, влияющий на её долговечность. Перед хранением оборудование полностью очищают от остатков мелиорантов, чтобы предотвратить коррозию. Металлические поверхности покрывают антикоррозионными составами. Чувствительные датчики снимают и хранят в сухом помещении, защищая от перепадов температуры и влажности. Шины и гидроаккумуляторы поддерживают под давлением, что предотвращает деформацию и потерю герметичности. Неправильное хранение увеличивает износ на 30-40% за сезон, поэтому соблюдение регламентов критично.

Регулярное обслуживание приносит ощутимую экономию. Затраты на внеплановые ремонты сокращаются до 40%, а потери от простоя техники – на 25-35%. Кроме того, точное дозирование мелиорантов снижает их перерасход, что экономит средства хозяйства. Вложения в ТО окупаются за 6-12 месяцев при интенсивной эксплуатации, что делает его экономически выгодным решением.

Список литературы

1. Романченко М.И. Диагностика и техническое обслуживание машин : лабораторный практикум / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2011. – 76 с. – EDN UIABVJ.

2. Руднев И.А. Смазочно-заправочные работы при техническом обслуживании тракторов / И.А. Руднев, М.И. Романченко // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции. В 4-х томах, Майский, 18-19 марта 2020 года. Том 3. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 149. – EDN LWJPQE.

3. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

УДК 629.3.083.4

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СМАЗОЧНОЙ СИСТЕМЫ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Ерзамаева К.М.
Самарский университет, г. Самара, Россия

Техническое обслуживание (ТО) смазочной системы – обязательная составляющая эксплуатации автомобиля. Его цель – поддержание работоспособности двигателя, предотвращение преждевременного износа и дорогостоящих поломок [1, 2].

Смазочная система – ключевой элемент двигателя внутреннего сгорания: она снижает трение деталей, отводит тепло, удаляет продукты износа и нагар, защищает от коррозии и участвует в управлении отдельными механизмами (фазами газораспределения, гидрокомпенсаторами и др.). Правильное и своевременное обслуживание этой системы – залог долговечности двигателя и беспроблемной эксплуатации автомобиля [3].

Системы смазки классифицируют по ряду признаков: типу смазочного материала (жидкий/густой), числу смазываемых пар трения (индивидуальные/централизованные), способу подключения к точке смазки (раздельные/нераздельные), использованию масла (циркуляционные/проточные), дозированию (объёмное/дроссельное), режиму подачи (непрерывный/периодический), типу привода (ручной, механический, электрический и др.) и способу управления (ручное, полуавтоматическое, автоматическое). Наиболее распространена комбинированная система смазки: детали с высокой нагрузкой смазываются под давлением, а остальные – самотёком.

Техническое обслуживание включает проверку уровня и давления масла, его замену, очистку и промывку фильтров и системы вентиляции картера, устранение течей. Виды обслуживания:

ЕТО – проверка уровня масла и герметичности системы, дозаправка;

ТО-1 – дополнение к ЕТО плюс слив отстоя, промывка фильтров, проверка креплений;

ТО-2 – дополнительно очистка центробежного фильтра и системы вентиляции картера;

СО – промывка масляной системы и смена масла с учётом сезона, отключение масляного радиатора перед зимой.

Для подбора масла нужно: изучить рекомендации автопроизводителя (допуски в сервисной книжке); проверить соответствие мировым стандартам (API, ILSAC, ACEA); выбрать вязкость по SAE в рекомендованном диапазоне; определить тип (синтетическое, минеральное, полусинтетическое). Можно также воспользоваться онлайн-сервисами подбора масла по модели и году выпуска автомобиля.

Регулярное обслуживание смазочной системы предотвращает преждевременный износ деталей, снижает риск поломок и затраты на ремонт, повышает топливную экономичность и уменьшает вредные выбросы. Таким образом, это инвестиция в надёжность и экономичность автомобиля.

Список литературы

1. Родичев А.Ю. и др. Принципы функционирования и характеристики подшипников скольжения осей балансиров задних мостов грузовых автомобилей // Мир транспорта и технологических машин. 2024. – С. 83.

2. Лапский С.Л., Савич Е.Л., Карасевич С.Н. Транспортные средства и их эксплуатационные качества. 2015. – 277 с.

3. Ерзамаев М.П. Основы эксплуатации машинно-тракторного парка : Практикум / М.П. Ерзамаев, Д.С. Сазонов, Н.А. Харыбина. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. – 102 с. – ISBN 978-5-88575-637-2.

УДК 631.33.024.3

ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТЬЮ ДИСКА СОШНИКА СЕЯЛКИ

Постников Е.В., Сахнов А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Стратегической задачей сельскохозяйственного производства является обеспечение продовольственной безопасности государства. Наращивание производства сельскохозяйственной продукции должно реализовываться как для внутреннего рынка, так направляться на экспорт. При этом ключевым фактором экспортной привлекательности будет являться ее себестоимость и глубина переработке, а не сырье [1].

Снижение себестоимости напрямую зависит от уменьшения затрат, связанных с эксплуатацией машинно-тракторного парка и оборудования перерабатывающих производств.

Выполнение функциональных задач сеялки зависит от технологических (настройки, агрегатирования, неровности поверхности поля, изменение твердости почвы и т.п.) и технических (конструкции узлов и агрегатов, сложных пространственных колебаний рамы, надежности системы и т.п.) факторов.

Современные конструкции сеялок реализуют комплекс решений, направленных на минимизацию влияния возмущающих факторов и стабилизацию работы сошника. Эти решения можно разделить на несколько групп [2].

1. Конструктивные особенности подвески и настройки. Параллелограммная подвеска с регулируемым давлением - позволяет каждому сошнику независимо копировать рельеф, обеспечивая постоянный контакт с почвой. Современные системы, такие как RoTeC-Control, предусматривают централизованную или даже дистанционную бесступенчатую регулировку давления на сошник (до 35…60 кг), что позволяет адаптировать его работу к конкретным почвенным условиям.

Применение опорных катков - установка самоочищающихся опорных катков (например, Control 10 или 25 мм) непосредственно за диском сошника является наиболее эффективным способом точного контроля глубины. Каток задает уровень, относительно которого формируется борозда, нивелируя остаточные колебания сошника.

Оптимизация геометрии рабочего органа – увеличение диаметра диска (до 320…340 мм) и специальный угол его наклона (7…10°) способствуют плавному ходу, лучшему заглублению и самоочищению [3, 4]. Использование дисков из высокопрочной бористой стали повышает износостойкость и сохраняет геометрию кромки в течение длительного срока эксплуатации.

2. Технологические и системные решения. Предварительная обработка почвы – использование турбодисков или культивационных лап перед сошником (как в сеялках Great Plains) для прорезания щели и измельчения растительных остатков предотвращает забивание и создает более однородную среду для работы основного сошника, повышая его устойчивость [5].

Системы мониторинга в реальном времени - электронные системы контроля высева, оснащенные датчиками на каждом сошнике, позволяют оперативно регистрировать сбои (просевы или забивание) и информировать оператора, что способствует своевременной корректировке работы агрегата.

Современные тенденции указывают на интеграцию нескольких решений в одной системе: независимая подвеска с демпфированием, обязательное использование стабилизирующего катка, оснащение твердосплавными элементами и подключение к системе телеметрии.

Наиболее перспективными направлениями развития являются:

1. Разработка адаптивных систем подвески с автоматической регулировкой давления в зависимости от текущего сопротивления почвы, определяемого онлайн.

2. Внедрение прямого контроля глубины в реальном времени на каждом сошнике с использованием ультразвуковых или лазерных датчиков и замкнутой системой управления.

3. Создание цифровых двойников сошников для прогнозного обслуживания и подбора оптимальных настроек под конкретные условия поля.

Таким образом, достижение максимальной устойчивости сошника – это прямой путь к ресурсосбережению, экономии семенного материала и реализации потенциала современных интенсивных технологий растениеводства.

Список литературы

1. Стребков С.В. Технология ремонта машин : Учебное пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2016. – 182 с.

2. Эксплуатационные испытания упрочненных стрельчатых культиваторных лап электроискровой обработкой / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 1 (21). – С. 71–80.

3. Strengthening of cultivator Paws with electrospark doping / S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev, A. Sakhnov // Engineering for Rural Development, Jelgava, 22-24 мая 2019 года. Vol. 18. – Jelgava : Без издательства, 2019. – P. 549–554. – DOI 10.22616/ERDev2019.18.N178.

4. Стребков С.В. Энергетическая теория применительно к трибологии / С.В. Стребков // Труды ГОСНИТИ. 2011. Т. 107, № 1. – С. 11–12.

5. Strebkov S. Restoration of the working body of the John Deere 512 disk ripperwith multilayer front surfacing / S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev // Engineering for Rural Development : 19, Jelgava, 20-22 мая 2020 года. – Jelgava, 2020. – P. 102–106. – DOI 10.22616/ERDev.2020.19.TF023.

УДК 621.643+62-78+621.793

ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЦИЛИНДРОВ

Соклаков А.А., Романченко М.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Выбор метода восстановления герметичности определяется типом дефекта и материалом компонентов цилиндра. При износе резиновых или полимерных колец стандартной операцией становится замена уплотнений – однако она требует точного подбора материала и размеров, чтобы обеспечить надёжную работу узла.

Если на штоке имеются царапины и риски, применяют шлифовку и полировку. Эти операции выполняются на токарном станке с последующей доводкой поверхности, что восстанавливает гладкость и предотвращает ускоренный износ новых уплотнений. Для защиты штока от коррозии и снижения трения используют хромирование – нанесение износостойкого покрытия толщиной 10…30 мкм.

Когда внутренняя поверхность гильзы теряет геометрию из-за задиров или овальности, прибегают к расточке и хонингованию. Эти операции возвращают гильзе правильную форму, обеспечивая плотное прилегание уплотнений. При наличии трещин и сколов на корпусе применяют наплавку с последующей механической обработкой [1]. После этого необходима термообработка для снятия остаточных напряжений.

Мелкие дефекты и износ посадочных мест можно устранить с помощью полимерных композитов – это быстрое и экономичное решение. Перед сборкой цилиндра важно провести ультразвуковую очистку полостей от отложений и продуктов износа. Для герметизации резьбовых и фланцевых стыков используют анаэробные составы, обеспечивающие надёжную фиксацию и защиту от утечек.

Однако при серьёзных повреждениях – например, при наличии трещин корпуса или критическом износе гильзы – экономически целесообразнее заменить цилиндр целиком, чем пытаться восстановить его работоспособность.

Успешное восстановление герметичности требует чёткой последовательности действий. На первом этапе проводится диагностика: с помощью визуального осмотра, измерений и специализированных методов (эндоскопии, тепловидения) выявляются все дефекты цилиндра.

Затем следует разборка – снимаются крышка, поршень, шток и уплотнения [2]. При этом важно зафиксировать состояние каждого компонента для дальнейшей оценки. После разборки детали очищают и промывают, удаляя загрязнения, остатки старой смазки и продукты износа.

На этапе дефектовки специалист оценивает степень износа каждого элемента и принимает решение о возможности восстановления или необходимости замены. Если ремонт возможен, переходят к механической обработке: шлифовке штока, расточке гильзы, восстановлению резьбовых соединений.

После обработки на компоненты наносят защитные покрытия – хромирование, фосфатирование или полимерные составы. Затем цилиндр собирают: устанавливают новые уплотнения, смазывают трущиеся поверхности, монтируют шток и крышку.

Следующий этап – гидравлические испытания. Цилиндр проверяют на герметичность под рабочим и повышенным давлением, чтобы убедиться в отсутствии утечек. После испытаний проводят обтачивание и регулировку: контролируют ход штока, проверяют отсутствие перекосов и плавность движения.

Завершается процесс документированием – все данные о проведённых работах вносят в сервисную карту. Это позволяет отслеживать историю обслуживания и прогнозировать дальнейший ресурс цилиндра.

Ключевыми факторами успеха являются строгое соблюдение технологических требований (чистота, точность обработки, подбор материалов) и тщательный контроль качества на каждом этапе ремонта.

Восстановление герметичности гидроцилиндров приносит ощутимую экономическую выгоду. Прежде всего, оно позволяет снизить затраты на ремонт на 40…60% по сравнению с приобретением нового цилиндра. Особенно это актуально для импортной техники, где стоимость оригинальных узлов остаётся высокой.

Кроме того, ремонт занимает существенно меньше времени, чем ожидание поставки нового цилиндра. Выполненный на месте эксплуатации или в сервисном центре, он длится от одного до трёх дней, тогда как доставка нового узла может затянуться на недели. Это сокращает простои техники и поддерживает производственный процесс.

Своевременное восстановление герметичности предотвращает критические поломки и снижает нагрузку на другие элементы гидросистемы. Таким образом, продлевается ресурс всей техники в целом.

Оптимизируются и складские запасы: необходимость держать большое количество запасных цилиндров снижается, поскольку большинство узлов можно отремонтировать.

Инвестиции в оборудование для ремонта – шлифовальные станки, компрессоры, дефектоскопы – окупаются за 6…12 месяцев при регулярном потоке заказов. Это делает организацию ремонтного участка экономически обоснованной.

Список литературы

1. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

2. Формирование эксплуатационной надежности узлов и агрегатов комбинацией присадок в пакете смазочных материалов / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.А. Добрицкий, С.В. Ковалев // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVIII Международной научно-производственной конференции, Майский, 10-11 июня 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 141–142. – EDN JTVEUI.

УДК 004.9+371.315+378.147

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СЕРВИСНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В АПК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Погореленко Т.Ю., Новицкий А.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Реализация VR-обучения требует комплексного подхода к выбору технологического оборудования и программного обеспечения. В качестве основного инструмента используются шлемы виртуальной реальности, такие как Oculus Rift, HTC Vive или Valve Index, которые обеспечивают высокое разрешение изображения и широкий угол обзора, необходимые для детальной визуализации технических узлов.

Для имитации рабочих процессов применяются контроллеры движения, воспроизводящие функционал реальных инструментов – гаечных ключей, мультиметров, паяльников. Это позволяет обучаемым отрабатывать моторные навыки, необходимые при выполнении реальных операций. Дополнительную реалистичность обеспечивают тактильные перчатки, передающие ощущения от контакта с деталями – сопротивление материалов, текстуру поверхностей, что критически важно для формирования точных двигательных стереотипов.

Программная составляющая представлена специализированными симуляторами – цифровыми моделями техники с реалистичной физикой взаимодействия. Например, гидравлические системы в VR-тренажёре реагируют на действия пользователя так же, как в реальных условиях, что позволяет отрабатывать сложные процедуры настройки и ремонта. Для обеспечения доступности обучения и хранения данных об успеваемости используются облачные платформы, позволяющие подключаться к тренингам через интернет и анализировать результаты обучения в единой системе.

При выборе оборудования необходимо учитывать ряд технических требований. Прежде всего, графическая производительность системы должна обеспечивать не менее 90 FPS для плавности изображения и минимизации эффекта укачивания [1]. Точность трекинга движений должна быть высокой – с погрешностью не более 1 мм, чтобы гарантировать корректное распознавание действий обучаемого. Кроме того, важно обеспечить совместимость VR-систем с промышленными стандартами передачи данных, такими как CAN-шина, что необходимо для реалистичной симуляции работы бортовых систем сельхозтехники.

Процесс внедрения VR-технологий в систему подготовки специалистов представляет собой последовательность взаимосвязанных этапов. На начальном этапе проводится анализ потребностей: определяются ключевые навыки, требующие отработки в VR-среде, например, диагностика электронных систем или ремонт трансмиссии. Это позволяет сфокусировать разработку контента на наиболее востребованных компетенциях.

Далее осуществляется выбор оборудования – шлемов виртуальной реальности, контроллеров и программного обеспечения с учётом бюджета и конкретных задач

обучения. Этот этап требует тщательного технико-экономического обоснования, чтобы обеспечить оптимальное соотношение цены и функциональности системы [2].

Следующий этап – разработка контента: создание детализированных 3D-моделей техники, сценариев выполнения типовых операций, тестовых заданий для проверки усвоенных навыков. Качество этого компонента напрямую влияет на эффективность обучения, поэтому важно привлекать к работе как IT-специалистов, так и опытных сервисных инженеров, знающих особенности реальной эксплуатации техники.

После подготовки контента проводится пилотное тестирование системы на группе специалистов. Это позволяет оценить удобство интерфейса, реалистичность симуляции, выявить возможные недочёты и собрать обратную связь от будущих пользователей. На основе полученных данных вносятся необходимые корректировки в программу обучения.

Затем осуществляется интеграция VR-модулей в существующие программы повышения квалификации. Это включает разработку методических рекомендаций для преподавателей, составление расписания занятий, определение критериев оценки результатов обучения. Важно обеспечить плавный переход от традиционных методов к VR-обучению, сохранив преемственность образовательных подходов.

На следующем этапе организуется мониторинг результатов: анализируется динамика успеваемости обучаемых, фиксируется сокращение ошибок при работе с реальной техникой, оценивается эффективность усвоения материала. Эти данные позволяют корректировать программы обучения и совершенствовать VR-контент.

Заключительный этап – масштабирование решения. По мере накопления положительного опыта расширяется перечень тренажёров для различных типов техники, увеличивается охват обучающихся, внедряются новые сценарии обучения. Это позволяет постепенно трансформировать всю систему подготовки специалистов на основе VR-технологий.

Ключевым элементом алгоритма является механизм обратной связи. VR-система адаптирует сложность заданий в зависимости от успехов обучаемого: при стабильном выполнении упражнений уровень сложности повышается, а при затруднениях – снижается. Преподаватели получают детальную аналитику по каждому обучаемому, что позволяет персонализировать программы обучения и фокусироваться на проблемных зонах.

Список литературы

1. Снижение трудоемкости ТОиР колесных тракторов / А.С. Новицкий, А.В. Бондарев, М.И. Романченко, Е.С. Батырев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 26–27. – EDN GLSOPL.

2. Шишкунов В.В. Качество топливо-смазочных материалов и методы его проверки / В.В. Шишкунов, С.В. Ковалев, А.В. Бондарев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 174. – EDN MHGAWK.

УДК 621.791:621.793

ТЕХНОЛОГИИ НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В АПК

Баянов Д.В., Романченко М.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Интенсивная эксплуатация сельскохозяйственной техники неизбежно приводит к износу рабочих поверхностей ключевых деталей – валов, осей, корпусов и режущих элементов. Замена таких компонентов сопряжена с существенными финансовыми затратами: стоимость новых запчастей нередко достигает 30…50% от цены всего агрегата. В этой связи особую актуальность приобретает восстановление деталей с помощью технологий наплавки и напыления. Эти методы позволяют снизить себестоимость ремонта в 2…4 раза, сохраняя при этом эксплуатационные характеристики оборудования.

Основу технологий восстановления поверхностей составляет нанесение защитного слоя материала на изношенную основу [1]. Среди них выделяют две ключевые группы: наплавку и напыление.

Наплавка представляет собой процесс нанесения расплавленного металла на предварительно подогретую поверхность детали. В зависимости от способа нагрева различают электродуговую (ручную и механизированную), плазменную, лазерную и газопорошковую наплавку [2]. Этот метод особенно эффективен при износе от 2 до 10 мм, поскольку обеспечивает прочное соединение с основой и позволяет легировать наносимый слой для улучшения свойств.

Напыление заключается в осаждении разогретых частиц материала на поверхность детали. К этой группе относятся газотермическое (включая газопламенное и сверхзвуковое), плазменное, детонационное и холодное газодинамическое напыление. Напыление оптимально при износе до 2 мм, так как минимизирует термическое воздействие на основу и позволяет получать покрытия с высокой плотностью и адгезией.

Выбор конкретной технологии восстановления определяется совокупностью факторов [3]. Прежде всего, учитывается материал основы – сталь, чугун или цветные сплавы, поскольку каждый из них требует особого подхода к термическому воздействию. Важна величина износа: при значениях до 2 мм предпочтительно напыление, а при 2…10 мм – наплавка. Также принимаются во внимание требуемая твёрдость покрытия (в диапазоне HRC 40-65) и допустимость термического воздействия на основу, что особенно критично для тонкостенных деталей. Не менее значимы производительность процесса и доступность оборудования.

Современные технологии восстановления демонстрируют ряд существенных преимуществ. Лазерная наплавка выделяется минимальной зоной термического влияния (не более 1 мм) и высокой точностью нанесения (до 0,1 мм) [4]. Она позволяет создавать композитные покрытия с заданными свойствами, что особенно ценно при восстановлении высоконагруженных узлов.

Сверхзвуковое напыление (HVOF) формирует покрытия с плотностью свыше 98 % и адгезией не менее 70 МПа. Износостойкость таких слоёв в 3…5 раз превышает показатели стали 45, что делает метод незаменимым для упрочнения режущих элементов почвообрабатывающих машин.

Холодное газодинамическое напыление принципиально отличается отсутствием нагрева основы (температура не превышает 150°C). Это позволяет сохранить исходную структуру материала и исключить деформацию деталей, что особенно важно при работе с термочувствительными сплавами.

В агропромышленном комплексе технологии наплавки и напыления широко применяются для ремонта и упрочнения критически важных узлов техники. Например, шейки коленчатых валов тракторов восстанавливают плазменной наплавкой с последующим шлифованием, что позволяет вернуть детали исходные геометрические параметры.

Для ремонта корпусов редукторов используют электродуговую наплавку с легирующими добавками – никелем и молибденом, что обеспечивает высокую прочность и устойчивость к ударным нагрузкам. Посадочные места под подшипники восстанавливают лазерной наплавкой порошковыми сплавами на основе железа и никеля, добиваясь идеальной геометрии и повышенной твёрдости поверхности.

Внедрение технологий восстановления приносит ощутимый экономический эффект. Затраты на ремонт снижаются на 40…60% по сравнению с приобретением новых деталей, а ресурс восстановленной детали увеличивается на 20…30% благодаря упрочняющим покрытиям. Существенно сокращается и простой техники – на 25…40%, поскольку многие операции выполняются локально, без демонтажа агрегата. Кроме того, экономия материалов достигает значительных величин: расход на восстановление в 25…45 раз ниже, чем на изготовление новой детали.

Список литературы

1. 320Эксплуатационные испытания упрочненных стрельчатых культиваторных лап электроискровой обработкой / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 1 (21). – С. 71–80. – EDN DBNGML.

2. Восстановление работоспособности радиатора трактора «холодным» газодинамическим напылением / Ю.А. Кузнецов, В.В. Гончаренко, С.А. Денисьев [и др.] // Техника и оборудование для села. 2016. № 3. – С. 33–36. – EDN VPWKCT.

3. Способы повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих орудий / А.В. Бондарев, А.В. Сахнов, М.И. Романченко, А.С. Новицкий // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 12–13. – EDN CIJLOH.

4. Бондарев А.В. К вопросу увеличения ресурса рабочих органов посевных и почвообрабатывающих машин / А.В. Бондарев, М.И. Романченко, А.С. Новицкий // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 10–11. – EDN ETSLGN.

УДК 631.3(075.8)

УПРАВЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТЬЮ МАШИН ПОСРЕДСТВОМ ОБСЛУЖИВАЮЩИХ И РЕМОНТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Масленников Р.А., Емелина Е.Н., Сахнов А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Эксплуатация машин, работающих в сельском хозяйстве, сопровождается интенсивным изнашиванием их деталей. Следствием этого процесса является ухудшение технических показателей и отказа машин. Для поддержания эксплуатационных характеристик машин в установленных приделах необходимо управлять их техническим состоянием. Управление техническим состоянием машин осуществляется путем реализации следующих мероприятий: эксплуатационной обработки; рационального использования машин (недопущения перегрузок); технического обслуживания; ремонта; хранения.

При грамотном выполнении названных мероприятий сельскохозяйственная техника, принадлежащая предприятию, будет в состоянии постоянной готовности, затраты на ее эксплуатацию будут минимальными [1].

Управление техническим состоянием конкретной машины включает измерение параметров с предельными значениями, установленными технической документацией. Таким образом, происходит определение остаточного ресурса обследуемых агрегатов, назначение вида и объема ремонтно-обслуживающих воздействий, а также планируется наработка машины на будущее [2, 3].

Для измерения параметров состояния машины используют средства и методы диагностирования. Назначение ремонтно-обслуживающего воздействия в зависимости от вида машины, конструкции и функции её составных частей могут иметь характер планового сезонного мероприятия с постоянным или изменяющимся составом работ [4]. В то же время они могут выполняться по заявкам пользователя без ограничений какими-либо сроками.

Названные особенности характерны для технических обслуживаний сложной техники, в основном тракторов и автомобилей: выполнение одних операций на этих объектах носят строго регламентированный характер (плановые работы), другие операции выполняются по необходимости, после достижения элементами машины определенного технического состояния.

Основные операции технического обслуживания и текущего ремонта, которые могут проводиться в условиях проектируемой мастерской следующие. Техническое обслуживание включает в себя очистные, контрольные, диагностические, смазочные, заправочные и крепежные работы, а также работы по консервации и расконсервации машин, используемых периодически, а также их составных частей [5, 6].

Кроме основной функции – восстановления работоспособности – техническое обслуживание выполняет и другую функцию – функцию контроля за техническим состоянием, предупреждения отказов машин.

Текущий ремонт выполняется, главным образом, по потребности, для устранения неисправностей аварийного характера, или неисправностей, выявленных в процессе диагностирования. Основные операции текущего ремонта, которые могут быть выполнены в условиях мастерской следующие: очистка машины, подразборка, мойка узлов и агрегатов; замена одного или нескольких агрегатов на машине; замена отдельных составных частей и агрегатов или машин; обработка и окраска агрегатов и машин в целом.

При ремонтных воздействиях важную роль играют технологии, позволяющие использовать остаточный ресурс деталей (соединений). Это возможно в случае проектно-конструкторском планировании их ремонтопригодности и при разработке технологий управляемого регулирования надежности при изготовлении деталей.

Безотказность и долговечность определяют потребительский спрос деталей – запасных частей. В основе обеспечения этих двух свойств надежности лежат прочность, жесткость, устойчивость и износостойкость. Они являются совокупностью двух основных факторов - физико-механических свойств конструкционного материала детали и ее пространственной геометрии.

Список литературы

1. Ремонт крышки коллектора КПП трактора John Deere 7830 / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев, Б.С. Зданович // Сельский механизатор. 2014. № 12. – С. 34–35. – EDN TGPSCJ.

2. Strengthening of cultivator Paws with electrospark doping / S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev, A. Sakhnov // Engineering for Rural Development, Jelgava, 22-24 мая 2019 года. Vol. 18. – Jelgava : Без издательства, 2019. – P. 549–554. – DOI 10.22616/ERDev2019.18.N178.

3. Об упрочнении рабочей кромки почвообрабатывающих орудий электроискровым легированием / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев // Труды ГОСНИТИ. 2018. Т. 130. – С. 142–150.

4. Эксплуатационные испытания упрочненных стрельчатых культиваторных лап электроискровой обработкой / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 1 (21). – С. 71–80.

5. Strebkov S. Restoration of the working body of the John Deere 512 disk ripperwith multilayer front surfacing / S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev // Engineering for Rural Development : 19, Jelgava, 20-22 мая 2020 года. – Jelgava, 2020. – P. 102–106. – DOI 10.22616/ERDev.2020.19.TF023.

6. Восстановление работоспособности радиатора трактора «холодным» газодинамическим напылением / Ю.А. Кузнецов, В.В. Гончаренко, С.А. Денисьев [и др.] // Техника и оборудование для села. 2016. № 3. – С. 33–36.

УДК 621.787.4

УПРОЧНЕНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ГИЛЬЗ ДВИГАТЕЛЕЙ

Шульга С.А., Кадыров М.Р.
ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, г. Краснодар, Россия

В ходе эксплуатации гильза подвергается значительным нагрузкам, в результате чего ее внутренние стенки изнашиваются. Основными причинами такого износа являются трение поршневых колец, абразивное воздействие частиц с поверхности цилиндров и коррозионные процессы [3].

Соответственно, у механизмов начинают изменяться эксплуатационные характеристики, обычно в сторону ухудшения, что является причиной снижения параметров надежности самой машины. При текущих или аварийных ремонтах детали с критическим износом заменяют на новые. У подавляющего большинства деталей изношенные поверхности можно восстановить, а для сложных деталей это будет и экономически выгодно, особенно при достаточно большой программе [1].

Методы восстановления цилиндров и гильз во многом определяются их конструктивными особенностями. Чаще всего цилиндры ремонтируют путем растачивания до ремонтного размера с последующим хонингованием. Существуют и менее распространенные способы восстановления внутренней поверхности, такие как установка дополнительной ремонтной втулки, термопластическое деформирование или гальваническое наращивание [1-4].

Для продления срока службы внутренней поверхности новой или восстановленной гильзы может применяться поверхностное упрочнение методом наклепа с использованием электромеханической обработки (ЭМО).

Электромеханическое упрочнение базируется на одновременном термическом и силовом воздействии на поверхностный слой детали. В процессе обработки через контакт инструмента с изделием пропускается ток высокой силы и низкого напряжения. Это приводит к интенсивному нагреву выступающих неровностей поверхности, их пластической деформации под действием инструмента и сглаживанию. В результате упрочняется поверхностный слой металла. С точки зрения металловедения, ЭМО можно классифицировать как специфический вид поверхностной термической обработки. Вместе с тем, в отличие от термомеханической обработки, ЭМО обычно относится к упрочняюще-отделочным процессам. Это обусловливает формирование мелкозернистой и твердой структуры поверхностного слоя, отличающейся высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками. К преимуществам метода относится возможность восстановления деталей с износом до 0,2 мм за счет перераспределения материала самой детали, изготовленной из различных сплавов с твердостью рабочей поверхности до 60 HRC. Также возможна регенерация упругости деталей. После обработки достигается шероховатость поверхности Ra = 0,2…0,63 мкм. Глубина упрочненного слоя при упрочнении составляет 0,2…0,35 мм, при сглаживании – 0,02…0,08 мм.

Процесс восстановления изношенной поверхности методом электромеханической обработки включает следующие этапы:

1. Очистка восстанавливаемой поверхности от загрязнений и продуктов износа.

2. Нанесение металла на внутреннюю поверхность или применение других методов уменьшения внутреннего диаметра гильзы.

3. Обработка внутренней поверхности до требуемого размера.

4. Выполнение ЭМО гильзы до необходимого размера.

5. Контроль размеров восстановленной детали.

Электромеханическую обработку внутренней поверхности гильзы можно проводить на токарно-винторезном станке, к патрону которого дополнительно крепится щеточное токопроводящее устройство [6]. К нему подводится один из полюсов источника питания. Другой полюс подсоединяют к корпусу инструмента, который закрепляется в резцедержателе станка. Источником питания электричества могут служить низковольтные трансформаторы от машин контактной сварки. Продольная подача обеспечивается механизмом перемещения суппорта станка.

Включение в технологический процесс дополнительной операции – электромеханической обработки – увеличивает стоимость восстановления детали. Однако это компенсируется существенным продлением срока ее службы.

Список литературы

1. Способ восстановления внутренней поверхности гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания / М.Р. Кадыров // в сб. : Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам 72-й науч.-практ. конф. преподавателей по итогам НИР за 2016 г. – Краснодар : КубГАУ, 2017. – С. 295–296.

2. Центрирование гильз автотракторных двигателей при хонинговании / Е.А.Угрюмов, М.Р.Кадыров // в сб. : Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам 75-й науч.-практ. конф. студентов по итогам НИР за 2019 год. Отв. за выпуск А.Г. Кощаев. – Краснодар : КубГАУ, 2020. – С. 385–387.

3. Технология восстановления гильз блока цилиндров двигателя внутреннего сгорания / В.С. Тяжлов, С.В. Стребков // в книге: Материалы международной студ. науч. конф. – Майский : БелГАУ, 2015. – С. 52.

4. О проверке гильз цилиндров / У.А. Бакало, С.В. Стребков / в кн. : Горинские чтения. Инновационные решения для АПК. Материалы VII Международной студ. науч. конф. – Майский : БелГАУ, 2025. – С. 146–147.

5. Разработка устройства для расточки гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания / А.В. Сахнов, С.В. Стребков, А.В. Бондарев // в кн. : Вызовы и инновационные решения в аграрной науке. Материалы XXIX Международной науч.-производ. конф. – Майский : БелГАУ, 2025. – С. 79–80.

6. Кадыров М.Р. Способ восстановления внутренней поверхности гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания / М.Р. Кадыров // Пат. на изобретение РФ RU 2633864, 18.10.2017. Заявка № 2016112809 от 04.04.2016.

УДК 631.33.024.3

УСТОЙЧИВОСТЬ РАБОТЫ ДИСКОВОДА СОШНИКА СЕЯЛКИ

Постников Е.В., Сахнов А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Стратегической задачей сельскохозяйственного производства является обеспечение продовольственной безопасности государства. Наращивание производства сельскохозяйственной продукции должно реализовываться как для внутреннего рынка, так направляться на экспорт. При этом ключевым фактором экспортной привлекательности будет являться ее себестоимость и глубина переработки, а не сырье.

Снижение себестоимости напрямую зависит от уменьшения затрат, связанных с эксплуатацией машинно-тракторного парка и оборудования перерабатывающих производств. Научно-технологические решения, закладываемые в производственные возможности и надежность техники являются залогом технического прогресса и повышения качества машин и орудий.

Сев является основной комбинированной технологической операцией в растениеводстве, определяющий возможность получения гарантированно высокого урожая. Ключевой момент – это раздвигание почвы, укладка семени и порции удобрений, заделка [1]. Он определяется агротехническими требованиями по характеру формирования посева и нормам высева и внесения удобрений. Сеялка спроектирована таким образом, что позволяет выполнять эти операции. Основным ее рабочими органами являются сошник различной конструкции.

Дисковый сошник является основным наиболее распространенным рабочим органом, формирующим семенное ложе и обеспечивающим точную заделку семян на заданную глубину для зерновых культур [2, 3]. Его устойчивая работа в условиях постоянно изменяющегося микрорельефа поля и почвенных сопротивлений – фундаментальное требование для достижения высокой равномерности всходов и реализации генетического потенциала сельскохозяйственных культур [4]. Нарушения в работе сошника, такие как забивание растительными остатками, неконтролируемые колебания, выглубление или чрезмерное заглубление, приводят к просевам, появлению «двойников» и, как следствие, к существенным потерям урожая. В связи с этим исследование факторов, влияющих на устойчивость сошника, и разработка методов ее обеспечения представляют собой актуальную научно-техническую задачу в области сельскохозяйственного машиностроения.

Во время движения посевного агрегата сошник подвергается комплексному воздействию стохастических (случайных) и детерминированных факторов, которые можно классифицировать следующим образом:

1. Неровности поверхности поля (микрорельеф) – случайные отклонения высоты почвы, остающиеся после предыдущих обработок, являются первичным источником колебаний сошника.

2. Изменение твердости (сопротивления) почвы – неоднородность почвы по глубине и вдоль рядка приводит к переменным силам сопротивления, действующим на диск сошника.

3. Колебания рамы сеялки – сложные пространственные колебания рамы, передаваемые через крепежные элементы, выступают в качестве внешнего возмущения для каждого сошника.

4. Антропогенный фактор (управление) – непрямолинейное движение агрегата, резкие изменения скорости или несогласованная работа гидросистемы заглубления также вызывают нарушения в работе сошника.

Перечисленное выше приводит к отклонениям выходных параметров работы сошника – угла колебаний, удельного сопротивления, геометрических параметров посевной борозды и, что наиболее важно, глубины заделки семян. Кроме этого, постоянная работа в абразивной среде почвы изнашивает их, что приводит к необходимой частой замене [5].

Таким образом, создание безотказных и долговечных сошников обеспечивает снижение эксплуатационных затрат и повышает производительность труда. Для этого вносят изменения в их конструкцию и совершенствуют технологию изготовления с применением упрочняющих технологий на основе трибологических законов.

Список литературы

1. Эксплуатационные испытания упрочненных стрельчатых культиваторных лап электроискровой обработкой / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 1 (21). – С. 71–80.

2. Об упрочнении рабочей кромки почвообрабатывающих орудий электроискровым легированием / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев // Труды ГОСНИТИ. 2018. Т. 130. – С. 142–150.

3. Strengthening of cultivator Paws with electrospark doping / S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev, A. Sakhnov // Engineering for Rural Development, Jelgava, 22-24 мая 2019 года. Vol. 18. – Jelgava : Без издательства, 2019. – P. 549–554. – DOI 10.22616/ERDev2019.18.N178.

4. Стребков С.В. Энергетическая теория применительно к трибологии / С.В. Стребков // Труды ГОСНИТИ. 2011. Т. 107, № 1. – С. 11–12.

5. Strebkov S. Restoration of the working body of the John Deere 512 disk ripperwith multilayer front surfacing / S. Strebkov, A. Slobodyuk, A. Bondarev // Engineering for Rural Development : 19, Jelgava, 20-22 мая 2020 года. – Jelgava, 2020. – P. 102–106. – DOI 10.22616/ERDev.2020.19.TF023.

УДК 628.4.03

УТИЛИЗАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ И АККУМУЛЯТОРОВ В АПК

Балтин Р.В., Бондарев А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Отработанные масла и аккумуляторы представляют серьёзную угрозу для окружающей среды из-за содержания тяжёлых металлов, нефтепродуктов и агрессивных электролитов. Неконтролируемый сброс этих отходов приводит к необратимому загрязнению почв, водоёмов и подземных вод, наносит ущерб экосистемам и создаёт риски для здоровья людей [1]. Грамотная утилизация – необходимое условие экологической безопасности сельхозпредприятий и соблюдения природоохранного законодательства.

В процессе эксплуатации масла накапливают механические примеси, продукты окисления, асфальто-смолистые соединения, кислоты, частицы металлов и присадок. Попадая в природу, они образуют устойчивую плёнку на поверхности воды, нарушая газообмен, проникают в почву, снижая её плодородие, и оказывают токсичное воздействие на микроорганизмы, растения и животных [2]. Даже малые концентрации вредных веществ способны накапливаться в пищевой цепи, создавая долгосрочные экологические последствия.

Списанные свинцово-кислотные АКБ содержат опасные компоненты: свинцовые пластины, серную кислоту и электролитические растворы. Свинец токсичен для нервной системы и почек, серная кислота вызывает химические ожоги и закисление почв, а электролиты нарушают экологический баланс. Неправильная разборка или хранение аккумуляторов чревата утечками, коррозией корпусов и риском возгорания, что усиливает экологическую угрозу.

В Российской Федерации утилизация опасных отходов регламентируется Федеральным законом № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», санитарно-эпидемиологическими правилами (СанПиН) и государственными стандартами (ГОСТ) по обращению с опасными отходами, а также требованиями Ростехнадзора и Росприроднадзора. Нарушение установленных норм влечёт административные штрафы, приостановление деятельности и иные меры ответственности, что делает соблюдение регламентов обязательным для сельхозпредприятий.

Эффективная система обращения с отходами включает раздельный сбор масел по типам (моторные, гидравлические, трансмиссионные), использование герметичных ёмкостей с маркировкой, обустройство изолированных площадок с водонепроницаемым покрытием и учёт объёмов накопления. Ключевое требование – полное исключение контакта отходов с почвой и атмосферными осадками, что предотвращает распространение загрязнения.

Современные методы позволяют восстанавливать до 80% исходного качества масла. Отстаивание и центрифугирование удаляют механические примеси, микрофильтрация очищает от частиц размером до 0,1 мкм, вакуумная дегазация устраняет воду и лёгкие фракции, а химическая нейтрализация восстанавливает

кислотно-щелочной баланс и свойства присадок. Регенерированные масла находят применение в менее нагруженных узлах техники или служат компонентом для приготовления смазочных составов, что снижает потребность в свежих материалах.

Процесс утилизации включает несколько этапов: слив электролита с последующей нейтрализацией серной кислоты, разборка корпуса и сортировка компонентов, плавка свинцовых пластин для вторичного использования, переработка пластика и резиновых элементов. Грамотно организованный процесс позволяет вернуть до 95% материалов в производственный цикл, сокращая потребность в первичном сырье и снижая экологическую нагрузку.

Затраты на сбор и транспортировку отходов компенсируются снижением экологических платежей и штрафов, доходами от продажи вторичного сырья (свинец, масло, пластик) и сокращением закупок свежих смазочных материалов за счёт регенерации. Для малых хозяйств экономически выгодна кооперация с региональными утилизирующими предприятиями, позволяющая распределить издержки и повысить эффективность процесса.

Сельхозпредприятия заключают договоры с лицензированными организациями, которые предоставляют тару и контейнеры для накопления отходов, организуют регулярный вывоз и выдают акты об утилизации для отчётности. При выборе партнёра критически важно проверять наличие лицензии и сертификатов соответствия, чтобы избежать юридических рисков и гарантировать экологическую безопасность.

Специалисты по техническому сервису играют ключевую роль в построении системы утилизации: разрабатывают внутренние регламенты сбора отходов, контролируют герметичность ёмкостей и состояние площадок хранения, обучают персонал правилам обращения с опасными материалами, ведут учёт и отчётность по объёмам утилизированных отходов. Эти меры снижают риски нарушений и способствуют формированию культуры ответственного производства.

Основные барьеры связаны с дефицитом специализированных контейнеров и площадок на отдалённых фермах, высокой стоимостью транспортировки малых партий отходов, недостаточной информированностью персонала о правилах сбора и отсутствием перерабатывающей инфраструктуры в сельских районах. Преодолеть эти трудности позволяют государственные субсидии, создание региональных центров сбора и просветительские программы для работников АПК.

Список литературы

1. Стребков С.В. Свойства бензина и эксплуатационная надежность двигателя / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 169 с. – ISBN 978-5-605-01367-9. – EDN HZLKMS.

2. Шишкунов В.В. Качество топливо-смазочных материалов и методы его проверки / В.В. Шишкунов, С.В. Ковалев, А.В. Бондарев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 174. – EDN MHGAWK.

УДК 631.3(075.8)

ФИНИШНАЯ АНТИФРИКЦИОННАЯ БЕЗАБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ

Сеитумерова В.И., Коленченко Д.В., Титова И.И.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Для обеспечения высокой несущей способности контактирующих поверхностей трения все большее распространение находит финишная антифрикционная безобразившая обработка поверхностей трения деталей. Этот метод разработан Д.Н. Гаркуновым и В.Н. Лозовским [1, 2].

ФАБО обеспечивает повышение износостойкости деталей в 1,5…2,0 раза, антифрикционных и противозадирных свойств трущихся поверхностей, сокращение времени приработки. ФАБО гильз цилиндров позволяет повысить ресурс двигателей до 30%.

Сущность ФАБО состоит в том, что поверхности трения деталей покрывают тонким слоем (1…5 мкм) меди, латуни, бронзы или другими антифрикционными твердосмазочными материалами, вследствие чего они приобретают высокие антифрикционные свойства и контактную жесткость [3].

Поверхности деталей обрабатывают прутком, бруском или диском из антифрикционных сплавов с использованием поверхностно-активных веществ, содержащихся в специальных рабочих средах.

Методом ФАБО можно уменьшить шероховатость грубых поверхностей с Ra>0,63 мкм, а шероховатость поверхностей с величиной Ra = 0,63…0,16 мкм остается без изменений. Структура образующейся после ФАБО пленки пористая, поэтому она хорошо впитывает смазку.

Перед ФАБО поверхность обезжиривают и обрабатывают специальным раствором (глицерин, смесь двух частей глицерина и одной части 10%-го раствора соляной кислоты и др.), который в процессе трения разрыхляет окисную пленку на стальной поверхности, пластифицирует поверхность медного сплава и создает условия для схватывания его со сталью. Предварительно детали можно шлифовать, точить, развертывать или хонинговать [4]. Шероховатость поверхности перед ФАБО должна быть не более Ra = 2,5 мкм. ФАБО можно проводить на токарных, сверлильных, хонинговальных, суперфинишных и других металлорежущих станках.

Из трех основных параметров при натирании покрытий на хонинговальных станках (окружной скорости, скорости возвратно-поступательного движения и давления) наибольшее влияние на производительность и точность оказывает давление брусков [5]. Величина давления зависит от конструкции хонголовки, количества и размера брусков, диаметра пневмоцилиндра для разжима брусков и других факторов. Поэтому для используемой оснастки установлена, зависимость давления брусков на деталь от давления в пневмосистеме станка.

В качестве технической рабочей среды при нанесении покрытий используем следующую смесь. Состав, содержащий хлорид меди, эмульсол НГЛ-205,

глицерин и воду, подобран с целью улучшения антифрикционных свойств покрытия и технологичности его нанесения на поверхность деталей на хонинговальных станках. Медное антифрикционное покрытие формируется за счет восстановления, содержащегося в рабочей среде галогенида наносимого металла – хлорида меди. Восстановителем меди является глицерин. Процесс осуществляется на хонинговальном станке при механической активации обрабатываемой поверхности с небольшой удельной нагрузкой на инструмент. В качестве инструмента используем резиновые бруски.

Предлагаемый для ФАБО состав представляет собой высококонцентрированную водную эмульсию с добавками хлорида меди и глицерина для формирования медной антифрикционной пленки. Весьма ценные свойства имеет композиционное покрытие медью и дисульфидом молибдена MoS_2. Дисульфид молибдена, находящийся в металлической основе, облагораживает медь, резко снижает сопротивление сдвигу на площадках контактирования поверхностей.

Таким образом, использование ФАБО в металлоплакирующих средах позволяет получить на обрабатываемой поверхности твердосмазочное покрытие из меди и полимеров трения.

Список литературы

1. Стребков С.В. Технология ремонта машин : Учебное пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2016. – 182 с.

2. К выбору технологии восстановления внутренней поверхности цилиндра двигателя внутреннего сгорания / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, С.В. Стребков [и др.] // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 59–62.

3. Формирование эксплуатационной надежности узлов и агрегатов комбинацией присадок в пакете смазочных материалов / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.А. Добрицкий, С.В. Ковалев // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVIII Международной научно-производственной конференции, Майский, 10-11 июня 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 141–142.

4. Стребков С.В. Энергетическая теория применительно к трибологии / С.В. Стребков // Труды ГОСНИТИ. 2011. Т. 107, № 1. – С. 11–12.

5. Tribological compensation for reduced properties of parts during operation / S. Strebkov, A. Bondarev, A.P. Slobodyuk, E. Vasilenko // Engineering for Rural Development : 20, Virtual, Jelgava, 26-28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 227–233. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF047.

УДК 621.785:631.31

ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

Соколов А.С., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Режущие рабочие органы почвообрабатывающих машин – лемехи, диски, лапы, культиваторные ножи – в процессе эксплуатации подвергаются интенсивному абразивному износу. На их состояние негативно влияют высокая влажность почвы, наличие твёрдых включений и коррозионно-активных веществ. Следствием этого становится ухудшение качества обработки почвы, рост тягового сопротивления агрегатов и увеличение расхода топлива. Традиционные способы повышения износостойкости, такие как закалка или наплавка, зачастую не обеспечивают требуемый ресурс работы деталей. В этой связи химико-термическая обработка (ХТО) представляет собой перспективное решение: она позволяет комплексно модифицировать поверхностный слой за счёт диффузионного насыщения элементами и структурных превращений в металле.

Химико-термическая обработка объединяет процессы нагрева деталей в активных средах, в ходе которых поверхность насыщается определёнными химическими элементами с последующей закалкой [1]. Для режущих элементов почвообрабатывающих машин применяют несколько разновидностей ХТО. Цементация предполагает насыщение поверхности углеродом, нитроцементация – одновременное насыщение углеродом и азотом, азотирование – насыщение азотом. Также используются борирование (насыщение бором) и диффузионное хромирование. Каждый из этих методов формирует специфическую структуру поверхностного слоя, обеспечивая заданные эксплуатационные свойства: высокую твёрдость, износостойкость и коррозионную стойкость. Выбор конкретного способа зависит от материала детали, условий её работы и экономической целесообразности.

В процессе химико-термической обработки происходят сложные физико-химические явления. Сначала осуществляется адсорбция и диффузия насыщающих элементов в кристаллическую решётку железа. Затем формируются высокотвёрдые фазы – карбиды, нитриды, бориды. Одновременно происходит изменение фазового состава металла: образуется мартенсит и остаточный аустенит [2]. В результате создаётся градиентное распределение твёрдости – от высокой на поверхности до более низкой в сердцевине детали. Такое строение обеспечивает оптимальное сочетание свойств: поверхностная твёрдость достигает 60…70 HRC, а вязкая сердцевина предотвращает хрупкое разрушение при ударных нагрузках.

Результат химико-термической обработки определяется рядом ключевых параметров. Важнейшим является температура нагрева, которая варьируется от 850 до 1050°С в зависимости от выбранного метода обработки. Существенное значение имеет длительность выдержки – обычно от 2 до 10 часов. Состав

насыщающей среды (пасты, порошки или газовые атмосферы) подбирается исходя из требуемых свойств поверхностного слоя. Скорость охлаждения (на воздухе, в масле или полимерных закалочных средах) также влияет на конечные характеристики детали. Для проведения ХТО применяют различное оборудование: шахтные, камерные и муфельные печи с контролируемой атмосферой, а также специализированные установки для газового насыщения. Внедрение автоматизированных систем управления процессами позволяет существенно повысить стабильность и воспроизводимость результатов обработки.

После проведения химико-термической обработки режущие элементы демонстрируют значительное улучшение эксплуатационных характеристик [3]. Износостойкость повышается в 2…4 раза по сравнению с необработанными аналогами, а срок службы деталей увеличивается на 50…150%. Благодаря сохранению остроты режущей кромки снижается тяговое сопротивление агрегатов на 10…20%, что ведёт к экономии топлива. Кроме того, обработанные детали приобретают повышенную стойкость к коррозии в условиях влажной почвы. Особенно заметный эффект наблюдается при эксплуатации в тяжёлых почвенных условиях – на суглинках и чернозёмах с каменистыми включениями.

Различные методы химико-термической обработки обладают специфическими преимуществами и ограничениями. Цементация обеспечивает высокую твёрдость поверхности (58…62 HRC), однако требует последующей закалки, что может приводить к деформациям. Нитроцементация отличается лучшей износостойкостью при меньших деформациях деталей. Азотирование формирует слой с твёрдостью 60…65 HRC и высокой коррозионной стойкостью, что ценно для работы во влажных условиях. Борирование создаёт сверхтвёрдый поверхностный слой (1600…2000 HV), но сопровождается повышением хрупкости, что ограничивает сферу применения. Диффузионное хромирование сочетает жаростойкость и надёжную защиту от коррозии.

Список литературы

1. Стребков С.В. Восстановление деталей трибологическими активными комбинированными покрытиями / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов // Аграрная наука в обеспечении продовольственной безопасности и развитии сельских территорий : Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции:, Луганск, 21 января – 06 2025 года. – Луганск : Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Луганский государственный аграрный университет имени К.Е. Ворошилова», 2025. – С. 251–254. – EDN PBQIVH.

2. Бондарев А.В. Способы восстановления лемехов / А.В. Бондарев, В.М. Порицкий, М.Г. Букат // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 12 ноября 2025 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – С. 5–6. – EDN DZAQXK.

3. Бондарев А.В. К вопросу восстановления лемехов / А.В. Бондарев, И.В. Цыпкина, И.И. Титова // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 12 ноября 2025 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – С. 7–8. – EDN MAVWAH.

УДК 631.172:614.8

ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВКА ОПАСНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ В АПК

Демьяненко В.В., Цыпкина И.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В агропромышленном комплексе активно используются горюче-смазочные материалы, гидравлические масла, антифризы, пестицидные растворы и иные опасные жидкости. Их ненадлежащее хранение и транспортировка создают серьёзные риски: загрязнение почвы и водоёмов, вероятность возгораний, угроза отравления персонала [1]. Поэтому грамотная организация этих процессов – обязательное условие для обеспечения безопасности, соблюдения природоохранного законодательства и устойчивого функционирования сельхозпредприятий.

В зависимости от физико-химических свойств и уровня опасности выделяют несколько групп: легковоспламеняющиеся (бензин, дизельное топливо, растворители), токсичные (пестициды, ингибиторы коррозии), агрессивные (кислоты, щёлочи, электролиты) и биопоражающие вещества (концентрированные биоциды) [2]. Для каждой группы требуются особые условия хранения и транспортировки, учитывающие специфику воздействия на окружающую среду и человека.

Складские зоны должны размещаться вдали от жилых территорий и водоисточников, иметь водонепроницаемое покрытие и обваловку для локализации возможных утечек. Обязательна эффективная вентиляция и оснащение средствами пожаротушения. Все зоны маркируются знаками опасности и информационными табличками. При этом необходимо вести раздельный учёт жидкостей по классам опасности и обеспечивать их совместимость при совместном хранении.

При перекачке и розливе соблюдаются строгие меры безопасности: применяются насосы с защитой от искрообразования, обеспечивается заземление ёмкостей для снятия статического заряда, контролируется герметичность соединений. Для сбора возможных утечек используют поддоны с сорбентами [3]. Весь персонал обязан работать в средствах индивидуальной защиты: перчатках, очках, респираторах и защитной одежде, что минимизирует риски химических ожогов и отравлений.

Перевозки осуществляются специализированным автотранспортом с маркировкой «Опасные грузы», оборудованным герметичными цистернами с предохранительными клапанами. Каждая перевозка сопровождается полным пакетом документов: паспортом безопасности и разрешением на перевозку. Маршрут тщательно планируют, избегая населённых пунктов, водоёмов и зон отдыха. Обязательным является наличие аварийных комплектов для оперативной ликвидации возможных разливов.

Перед началом операций проводится тщательная проверка: целостности тары и запорной арматуры, исправности подъёмных механизмов, наличия у

персонала средств индивидуальной защиты. Запрещается проводить работы во время грозы или при сильном ветре, оставлять ёмкости без надзора, использовать открытый огонь вблизи мест погрузки. Эти меры направлены на предотвращение аварийных ситуаций и обеспечение безопасности персонала.

Ключевыми мероприятиями являются регулярный осмотр резервуаров и трубопроводов, установка датчиков уровня и давления, обучение персонала действиям при разливах, а также создание запасов сорбентов и нейтрализующих составов. Плановые проверки проводятся не реже одного раза в квартал с обязательным составлением актов, что позволяет своевременно выявлять и устранять потенциальные угрозы.

При возникновении разлива реализуется чёткий алгоритм действий: сначала локализуют пятно с помощью обваловки и сорбирующих барьеров, затем нейтрализуют химически активные вещества [4]. После этого собирают загрязнённый грунт и сорбенты, а отходы передают на утилизацию лицензированным организациям. По завершении работ проводят экологический мониторинг почвы и воды, чтобы убедиться в полном устранении последствий инцидента.

На предприятии ведётся детальный учёт всех операций с опасными жидкостями: журналы приёма и выдачи, паспорта безопасности на каждое вещество, акты о списании и передаче на утилизацию, отчёты о проведённых инструктажах. Внедрение электронных систем учёта позволяет снизить вероятность ошибок, упростить аудит и обеспечить прозрачность всех процессов.

Современные тенденции направлены на внедрение инновационных решений: IoT-датчиков для мониторинга состояния резервуаров, биоразлагаемых технических жидкостей, автоматизации учёта с применением блокчейн-технологий, а также на развитие сети региональных центров сбора и переработки отходов. Эти подходы способствуют повышению экологической безопасности и экономической эффективности обращения с опасными жидкостями в АПК, обеспечивая устойчивое развитие отрасли.

Список литературы

1. Стребков С.В. Топливо и смазочные материалы : Лабораторный практикум / С.В. Стребков, А.В. Бондарев. – Майский : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2015. – 214 с. – ISBN 978-5-905686-36-8. – EDN VSPBTP.

2. Шишкунов В.В. Качество топливо-смазочных материалов и методы его проверки / В.В. Шишкунов, С.В. Ковалев, А.В. Бондарев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 174. – EDN MHGAWK.

3. Стребков С.В. Свойства бензина и эксплуатационная надежность двигателя / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 169 с. – ISBN 978-5-605-01367-9. – EDN HZLKMS.

4. Совершенствование технологии обкатки и испытания масляных насосов / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, С.В. Стребков [и др.] // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Майский, 20 ноября 2023 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2023. – С. 55–58. – EDN ACFWXG.

УДК 631.3:681.518

ЦИФРОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ УДАЛЁННОГО МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОМБАЙНОВ

Шокуров Н.А., Цыпкина И.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Современные вызовы агропромышленного комплекса требуют принципиально новых подходов к эксплуатации сельскохозяйственной техники. Рост парка высокопроизводительных комбайнов сопровождается необходимостью непрерывного контроля их состояния. Ключевая задача – минимизировать внеплановые остановки из-за поломок и сократить издержки на техническое обслуживание [1, 2]. В этом контексте цифровизация АПК становится не просто трендом, а экономической необходимостью. Внедрение цифровых платформ для удалённого мониторинга позволяет реализовать принципы «умного земледелия» через интеграцию технологий IoT, Big Data и предиктивной аналитики.

Основная цель систем удалённого мониторинга – обеспечить бесперебойную работу комбайнов за счёт своевременного выявления отклонений и прогнозирования потенциальных отказов. Для достижения этой цели решаются несколько взаимосвязанных задач. Во-первых, осуществляется непрерывный сбор данных с бортовых датчиков. Во-вторых, проводится анализ параметров в режиме реального времени. В-третьих, реализуется раннее обнаружение аномалий и предкризисных состояний. Кроме того, системы позволяют планировать техническое обслуживание исходя из фактического состояния техники, а не по жёсткому регламенту, что существенно снижает затраты на ремонт и минимизирует простои.

Современная цифровая платформа для мониторинга комбайнов представляет собой комплекс взаимосвязанных элементов. На первом уровне располагаются бортовые устройства сбора данных – контроллеры и датчики, фиксирующие температуру, вибрацию, давление, расход топлива и другие параметры. Данные передаются по каналам связи, включая GSM/4G/5G, спутниковую связь и технологии типа LoRaWAN, адаптированные для зон с нестабильным покрытием [3]. На втором уровне находится облачная платформа, обеспечивающая хранение, обработку и визуализацию информации. Важнейшую роль играют аналитические модули, включающие алгоритмы предиктивной аналитики на базе машинного обучения, системы правил и пороговых значений аварийности, а также инструменты формирования отчётов и интерактивных дашбордов. Завершающий элемент – мобильные приложения для операторов и сервисных специалистов, позволяющие получать уведомления, следовать инструкциям и формировать заявки на обслуживание.

Эффективность мониторинга определяется перечнем отслеживаемых показателей. Для двигателя критически важны температура охлаждающей жидкости и масла, обороты, расход топлива, а также ошибки, регистрируемые электронным блоком управления. В трансмиссии анализируются температура масел,

уровень вибраций и нагрузки. Гидравлическая система контролируется по параметрам давления, температуры и наличия утечек. Навесное оборудование требует отслеживания нагрузок на жатку, износа ножей и забивания соломоизмельчителя [4]. Электросистема мониторится через напряжение, токи и состояние аккумуляторных батарей. Дополнительно фиксируется геопозиция и маршрут движения, что позволяет анализировать зоны работы и выявлять простои.

Обработка данных осуществляется с применением разноплановых методов. Пороговый контроль обеспечивает мгновенное срабатывание аварийных сигналов при выходе параметров за допустимые границы. Трендовый анализ выявляет медленную деградацию узлов, позволяя прогнозировать износ. Машинное обучение используется для классификации состояний (норма, пред отказ, отказ), расчёта остаточного ресурса (RUL – Remaining Useful Life) и обнаружения аномалий на основе исторических данных. Корреляционный анализ устанавливает взаимосвязи между параметрами, что особенно ценно для диагностики скрытых дефектов, не фиксируемых стандартными методами.

Список литературы

1. Романченко М.И. Диагностика и техническое обслуживание машин : Курс лекций для студентов инженерного факультета специальности 110304.65 «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2010. – 95 с. – EDN UIIFBR.

2. Pastukhov A.G. Analytical model of temperature condition elementary interface of the cardan joint / A.G. Pastukhov, E.P. Timashov // Traktori i Pogonske Mašine. 2018. Vol. 23, No. 1-2. – P. 43–50. – EDN VNXWZA.

3. Руднев И.А. Смазочно-заправочные работы при техническом обслуживании тракторов / И.А. Руднев, М.И. Романченко // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции. В 4-х томах, Майский, 18-19 марта 2020 года. Том 3. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 149. – EDN LWJPQE.

4. Тарасов С.А. Совершенствование технического обслуживания и ремонта МТП с модернизацией стенда для разборки и сборки узлов и агрегатов / С.А. Тарасов, М.И. Романченко // Молодёжный аграрный форум – 2018 : Материалы международной студенческой научной конференции, Белгород, 20-24 марта 2018 года. Том 2. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2018. – С. 121. – EDN YVDDSC.

УДК 665.73

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К АВТОМОБИЛЬНОМУ БЕНЗИНУ

Осокин В.А., Гужин И.Н.
ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, г. Кинель, Россия

Одной из основных задач России в сфере энергетики является поиск и внедрение новых технологий производства экологичного топлива. При этом важно учитывать, как экологические, так и экономические аспекты данного процесса. Инвестирование в производство и использование экологичного топлива поможет снизить зависимость от нефтепродуктов, уменьшить выбросы парниковых газов и сократить риск возникновения экологических катастроф.

В России доступны несколько разновидностей бензина, которые отличаются характеристиками и составом. Определение типа бензина основано на его октановом числе, которое играет важную роль. Количество примесей также имеет значительное значение.

Технический регламент Таможенного союза установил маркировку автомобильных бензинов и дизельного топлива. Экологический класс бензина в России обозначают буквой К и цифрой, а по европейским стандартам – ЕВРО. Реализуемое топливо уже в своем названии содержит данные о стандарте – например, АИ-95 ЕВРО, а с учетом российских стандартов АИ-95-К5. Они характеризуют состав бензина и уровень наличия серы, ароматических углеводородов и иных вредных химических веществ, влияющих на выхлоп. Фракционный состав бензина главный показатель его испаряемости, важнейшая характеристика качества топлива.

В ГОСТ 32513-2013 прописаны требования к бензинам по факту содержания вредных веществ. Самые жесткие требования предъявляют к содержанию серы и октаноповышающей присадки монометиланилина (ММА). Чем выше стандарт, тем более жесткие требования к составу топлива. При этом норма оксида углерода не изменяется, а содержание сложных веществ снижается. При этом в настоящее время для производства разрешено топливо класса К5 и выше.

Основные экологические показатели бензина К5:

- Содержание серы: не более 10 мг/кг; К4 – до 50 мг/кг. Снижение серы предотвращает быстрое отравление каталитических нейтрализаторов;
- Содержание бензола: не более 1% от общего объема, так как он высокотоксичен;
- Ароматические углеводороды: ограничение общего содержания (макс. 35%) для уменьшения выбросов сажи и токсичных смол;
- Монометиланилин (ММА): запрещен;
- Свинец: полное отсутствие (этилированный бензин запрещен).

Бензин класса К6 производят только на некоторых заводах.

Уровень выбросов вредных веществ в атмосферу, а также возможность образования отложений внутри двигателя зависит от наличия в автобензине серы,

железа, свинца, оксида азота и других веществ. Кроме того, наличие перечисленных веществ влияет на надежную и долговечную работу катализатора, при наличии серы, железа и других вредных веществ он быстро выходит из строя. При сгорании топлива происходит окисление серы, что приводит к образованию серной и сернистой кислот. Эти кислоты негативно влияют на работу двигателя автомобиля, что в итоге приводит к снижению его ресурса. Для повышения экологичности выхлопа двигателей постоянно улучшается качество топлива. Некачественное топливо – это не только проблема для автомобилей, оно также оказывает негативное воздействие на наше здоровье и окружающую среду. Когда мы используем низкокачественное топливо, мы сталкиваемся с повышенным выбросом вредных веществ в атмосферу, что может привести к загрязнению воздуха и ухудшению экологической ситуации. Этот выброс вредных веществ, таких как угарный газ, сера и тяжелые металлы, может привести к различным заболеваниям дыхательной системы, аллергиям и другим заболеваниям.

Бензин класса К3 был запрещен в России с 2015 г., а топливо класса К4 запрещено к выпуску с начала 2016 г. Эти запреты на производство были введены слишком быстро, поэтому старое низкокачественное топливо иногда можно встретить в хранилищах, что повышает риск его контрафактной продажи. С 2020 г. в России принят новый экологический класс К6, который многие называют Евро-6. Такой бензин создан специально для новых турбированных моторов, у которых выбросы углекислоты на 1 км пробега не должны превышать 130 г. О сроках ограничений продаж бензина класса К5 пока ничего не сообщается. Однако многие нефтеперерабатывающие заводы уже перешли на производство бензина только Евро-6.

Развитие экологически чистого топлива способствует сокращению затрат на медицинское обслуживание, связанное с загрязнением воздуха и воды, а также способствует сохранению биоразнообразия и экосистем. Таким образом, использование бензинов с высоким экологическим классом в России не только содействует экологической безопасности, но и способствует устойчивому экономическому развитию и повышению качества жизни граждан.

Список литературы

1. Романченко М.И. Показатель топливно-энергетической эффективности транспортных средств / М.И. Романченко // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке: Материалы XXVIII Международной научно-производственной конференции, Майский, 10-11 июня 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 130–131.

2. Романченко М.И., Пастухов А.Г. Научно-прикладные основы оценки эксплуатационного расхода топлива транспортных средств: монография. – Майский : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2013. – 122 с.

3. Гужин И.Н. Исследование фракционного состава автомобильного бензина / И.Н. Гужин, М.С. Приказчиков // Самара АгроВектор. 2022. Т. 2, № 3. – С. 29–34. – DOI 10.55170/29493536_2022_2_3_29.

УДК 620.92:631.3

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ВНЕДРЕНИЯ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА

Балтин Р.В., Стребков С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Применение водородных технологий приносит ощутимые экологические и энергетические преимущества. Главным из них является полное отсутствие выбросов CO_2 – в процессе работы топливных элементов образуется исключительно водяной пар [1]. Это полностью соответствует глобальным целям декарбонизации и позволяет сельхозпредприятиям снизить углеродный след своей деятельности.

Существенным плюсом является снижение шумового воздействия. Электромоторы и топливные элементы работают значительно тише дизельных двигателей, что создаёт более комфортные условия труда для операторов техники и уменьшает шумовое загрязнение окружающей среды.

Важным преимуществом выступает возможность достижения энергонезависимости хозяйств. Водород может производиться непосредственно на ферме с помощью электролиза воды, используя энергию возобновляемых источников – солнечных панелей или ветрогенераторов [2]. Это снижает зависимость от внешних поставщиков топлива и стабилизирует затраты на энергоресурсы.

С точки зрения энергоэффективности водородные топливные элементы демонстрируют превосходные показатели. Их КПД выше, чем у дизельных двигателей, особенно при работе на частичных нагрузках, что типично для сельскохозяйственной техники.

Вместе с тем существуют и определённые ограничения. Производство и сжатие водорода требуют значительных энергозатрат. Потери энергии также возникают при хранении и транспортировке. Кроме того, необходимо учитывать вопросы утилизации отработанных топливных элементов, содержащих драгоценные металлы, такие как платина.

Переход на водородные технологии сопряжён со значительными начальными инвестициями. Стоимость водородного трактора превышает цену дизельного аналога в 1,5…2 раза. Помимо этого, требуются существенные вложения в инфраструктуру: электролизёры для производства водорода, компрессоры для его сжатия и заправочные станции [3]. Для малого хозяйства такие затраты могут достигать 5 млн рублей.

Однако долгосрочная перспектива демонстрирует экономическую целесообразность внедрения. Прежде всего, снижается стоимость топлива при условии локального производства водорода из возобновляемых источников энергии. Кроме того, водородные системы требуют меньшего объёма обслуживания благодаря меньшему количеству движущихся частей в топливных элементах по сравнению с традиционными двигателями. Дополнительным стимулом

выступают государственные льготы и субсидии, предоставляемые для реализации «зелёных» проектов.

Срок окупаемости инвестиций составляет 7…10 лет при условии стабильного использования техники. Для крупных агрохолдингов экономическая эффективность повышается за счёт масштаба: централизованное производство водорода и оптимизация логистических процессов позволяют существенно снизить удельные затраты.

Внедрение водородных технологий требует создания развитой инфраструктуры, включающей несколько ключевых компонентов. Первым элементом является производство водорода. Наиболее экологичный вариант – использование электролизёров, подключённых к возобновляемым источникам энергии [4]. Менее экологичная, но более доступная альтернатива – паровая конверсия метана.

Второй компонент – системы хранения водорода. В зависимости от выбранного способа хранения используются либо резервуары высокого давления, либо криосистемы с эффективной теплоизоляцией для жидкого водорода. Оба варианта предъявляют особые требования к безопасности и техническому обслуживанию.

Третий элемент – заправочная инфраструктура. Она может быть представлена как мобильными, так и стационарными станциями, оснащёнными компрессорами и специальными колонками для заправки техники.

Наконец, необходима организация специализированных сервисных центров для технического обслуживания водородных систем. Специалисты таких центров должны обладать компетенциями по диагностике топливных элементов и обслуживанию систем безопасности.

Критически важным фактором является доступность электроэнергии для процесса электролиза. В регионах с избыточными мощностями возобновляемых источников энергии (например, в южных степных районах или прибрежных зонах) экономическая эффективность проектов по внедрению водородных технологий существенно выше.

Список литературы

1. Стребков С.В. Свойства бензина и эксплуатационная надежность двигателя / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 169 с. – ISBN 978-5-605-01367-9. – EDN HZLKMS.

2. Ашурбеков Р.Ш. Проект мобильного комплекса технического обслуживания / Р.Ш. Ашурбеков, А.В. Бондарев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VII Международной студенческой научной конференции, Майский, 25-27 февраля 2025 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – С. 136–137. – EDN ZNKVAY.

3. Шишкунов В.В. Качество топливо-смазочных материалов и методы его проверки / В.В. Шишкунов, С.В. Ковалев, А.В. Бондарев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, 15 ноября 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 174. – EDN MHGAWK.

4. Еремин Н.А. Базовые основы моторных масел для обеспечения эксплуатационной надежности двигателей / Н.А. Еремин, А.В. Бондарев // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. – Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 210–211. – EDN CWCJTJ.

УДК 631.3:620.9

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РЕЦИКЛИНГА ЗАПЧАСТЕЙ

Волчков В.А., Батырев Е.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Рециклинг запчастей в агропромышленном комплексе – перспективное направление, позволяющее снизить затраты на техническое обслуживание и ремонт сельхозтехники, сократить объёмы промышленных отходов и повысить ресурсоэффективность хозяйств.

Сельхозтехника имеет длительный срок службы, но отдельные узлы и детали выходят из строя раньше времени. При списании машин значительная часть компонентов сохраняет остаточный ресурс [1, 2]. Их повторное использование или восстановление экономически выгоднее, чем закупка новых запчастей.

Актуальность рециклинга обусловлена несколькими ключевыми факторами. Растущая стоимость новых комплектующих заставляет хозяйства искать альтернативные решения. Необходимость снижения себестоимости сельхозпродукции требует оптимизации расходов на ремонт и обслуживание техники. Ужесточение экологических требований к утилизации техники стимулирует развитие технологий переработки [3]. Развитие концепции циркулярной экономики и государственная поддержка «зелёных» технологий дополнительно способствуют внедрению практик рециклинга в АПК.

В практике АПК применяются несколько моделей организации рециклинга, которые различаются по масштабу, структуре затрат и источникам финансирования.

Модель самостоятельного рециклинга предполагает, что агропредприятие организует переработку и восстановление запчастей своими силами. Для этого требуются инвестиции в оборудование – сварочные аппараты, станки, дефектоскопы, – а также обучение персонала и создание складских помещений [4]. Окупаемость достигается за счёт снижения затрат на закупку новых деталей, что особенно выгодно для крупных хозяйств с большим объёмом ремонтных работ.

Кооперативная модель основана на объединении нескольких хозяйств для создания общего центра рециклинга. Совместные закупки оборудования и разделение затрат на персонал снижают финансовую нагрузку на каждое предприятие. Такая модель особенно эффективна для регионов с высокой плотностью агрохозяйств, где можно оптимизировать логистику и распределить обязанности между участниками.

Контрактная модель подразумевает передачу функций рециклинга специализированным сервисным компаниям. Агропредприятие платит за услуги восстановления деталей, не неся капитальных затрат на оборудование [5]. Этот подход подходит для малых хозяйств с ограниченным объёмом ремонтных работ, которым невыгодно создавать собственную инфраструктуру рециклинга.

Франчайзинговая модель предусматривает создание сети сертифицированных центров рециклинга под единым брендом. Головная компания

предоставляет технологии, стандарты качества и маркетинговую поддержку, а франчайзи обеспечивают локальное выполнение работ. Это позволяет масштабировать лучшие практики и гарантировать единый уровень качества услуг в разных регионах.

Гибридная модель комбинирует элементы разных подходов. Часть деталей восстанавливают на месте, сложные компоненты передают на аутсорсинг, а излишки металлолома продают переработчикам. Такой гибкий подход позволяет адаптировать процессы под конкретные потребности хозяйства и рыночные условия.

Эффективность рециклинга зависит от комплекса взаимосвязанных факторов. Стоимость первичного сырья и новых запчастей на рынке напрямую влияет на целесообразность восстановления деталей. Затраты на сбор, транспортировку и сортировку компонентов могут существенно изменить итоговую экономику проекта. Технологическая возможность восстановления конкретных узлов определяет, какие детали стоит включать в программу рециклинга.

Критический показатель – соотношение затрат на восстановление детали и цены новой запчасти. Если стоимость ремонта превышает 60…70% от цены аналога, рециклинг становится нецелесообразным. В таких случаях выгоднее приобретать новые компоненты или использовать альтернативные решения.

Экономические модели рециклинга запчастей открывают агропредприятиям возможности для снижения затрат, повышения экологической ответственности и создания новых источников дохода. Выбор оптимальной модели зависит от масштаба хозяйства, технической оснащённости и региональной инфраструктуры. Внедрение современных технологий и поддержка со стороны государства позволят сделать рециклинг неотъемлемой частью технического сервиса в АПК, способствуя устойчивому развитию агропромышленного комплекса.

Список литературы

1. Технология сельскохозяйственного машиностроения / С.В. Стребков, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов [и др.]. – Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – 339 с. – EDN HBEQZC.

2. Пастухов А.Г. Экспериментальные исследования режимов электромеханического упрочнения детали типа «плунжер» / А.Г. Пастухов, О.А. Шарая, И.Ш. Бережная // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 129. – С. 148–157. – EDN ZTMFAX.

3. Стребков С.В. Технология ремонта машин : учебно-методическое пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 181 с. – EDN GTLALV.

4. К обоснованию приспособления для ремонта агрегатов и узлов техники / А.В. Сахнов, А.В. Бондарев, А.С. Новицкий [и др.] // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», посвященной 40-летию Белгородского ГАУ, Майский, 28 ноября 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2019. – С. 239–242. – EDN ZHCENV.

5. Основы организации технического сервиса в агропромышленном комплексе : Учебник / И.Н. Кравченко, Ю.А. Кузнецов, А.В. Коломейченко [и др.]. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «КноРус», 2022. – 452 с. – (Бакалавриат и магистратура). – ISBN 978-5-406-08940-8. – EDN WHVHKI.

УДК 629.3.083

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ

Ерзамаева К.М.
Самарский университет, г. Самара, Россия

Особые условия эксплуатации – это климатические, ландшафтные и средовые факторы, существенно влияющие на работоспособность техники: экстремальные температуры, высокая запылённость или влажность, бездорожье, высокогорье, агрессивные среды (соль, химикаты), длительные простои или непрерывная работа в напряжённом режиме [1, 2].

Ключевые вызовы при эксплуатации зависят от типа условий. В холодную погоду возрастает вязкость масел, снижается эластичность шин, появляется риск обледенения систем – требуется предпусковой подогрев и зимние ГСМ. В жару растёт вероятность перегрева двигателя и ускоренного старения резиновых деталей. На бездорожье повышаются нагрузки на ходовую часть и трансмиссию, возрастает риск механических повреждений. В пыльных и агрессивных средах быстрее загрязняются фильтры и системы впуска, усиливается коррозия узлов. В высокогорье из-за разрежённого воздуха падает мощность двигателя, что требует корректировки смесеобразования [3].

Техническое обслуживание в особых условиях отличается от стандартного расширенным перечнем операций и сокращёнными интервалами. Обязательны: предпусковая подготовка (проверка АКБ, плотности электролита, систем подогрева, замена на зимние сорта масел и ОЖ); регулярная очистка радиаторов, воздухозаборников и дренажных отверстий; частая замена воздушных и салонных фильтров; усиленная смазка шарниров, петель, замков и клемм АКБ антикоррозионными составами; контроль давления и износа шин, состояния амортизаторов и сайлентблоков; проверка герметичности патрубков, сальников и разъёмов; мониторинг уровня и состояния тормозной жидкости, состояния шлангов и колодок [3].

Диагностика и мониторинг играют особую роль: необходимо регулярно считывать коды ошибок, контролировать давление масла и температуру, проверять работу датчиков и бортовых систем. Это позволяет выявлять отклонения на ранней стадии и предотвращать серьёзные поломки. Для оперативного реагирования полезно иметь комплект инвентаря: лопату, трос, цепи противоскольжения, паяльную лампу, огнетушитель, запас топлива и воды, средства связи.

Меры безопасности и подготовка водителя не менее важны. Водителю необходимо: знать приёмы вождения в сложных условиях (преодоление заносов, спусков, бродов); планировать маршрут с учётом метеоусловий и наличия пунктов техобслуживания; иметь при себе средства индивидуальной защиты и аварийный комплект; регулярно проверять состояние ключевых узлов перед выездом. Предрейсовый осмотр должен включать проверку стеклоочистителей, световых приборов, шин, уровней жидкостей, герметичности систем и исправности тормозов.

Таким образом, надёжная эксплуатация в особых условиях требует комплексного подхода: адаптации техники (подбор ГСМ, шин, защитных элементов), усиленного ТО с дополнительными операциями, постоянного мониторинга состояния узлов и тщательной подготовки водителя. Соблюдение этих принципов снижает риски поломок, повышает безопасность движения и продлевает ресурс автомобиля.

Список литературы

1. Агеев Е.В., Севостьянов А.Л., Родионов Ю.В. Проблемы и перспективы развития технической эксплуатации автомобилей. Монография. 2014.

2. Обшивалкин М.Ю., Епифанов В.В., Генералова К.А. К вопросу удовлетворенности пассажиров качеством перевозок на межмуниципальном транспорте//Актуальные вопросы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта. Сборник научных трудов по материалам 83-й международной научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ. – Москва. 2025. Т. 28. – С. 24–29.

3. Ерзамаев М.П. Основы эксплуатации машинно-тракторного парка : Практикум / М.П. Ерзамаев, Д.С. Сазонов, Н.А. Харыбина. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. – 102 с. – ISBN 978-5-88575-637-2.

УДК 631.3:621.3.027.2

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ РЕМОНТЕ БОРТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Литвин Д.В., Ковалев С.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Ремонт бортовой электроники сельскохозяйственной техники связан с повышенными рисками поражения электрическим током. Современные машины оснащены сложными электронными системами управления, аккумуляторами большой ёмкости, высоковольтными цепями и цифровыми интерфейсами.

Бортовая электроника агромашин обладает рядом особенностей, которые напрямую влияют на требования к электробезопасности [1]. В стартерных цепях наблюдаются высокие пусковые токи – до 800…1000 А. Аккумуляторы большой ёмкости (100…200 А·ч) способны поддерживать опасные токи короткого замыкания. В бензиновых двигателях используются высоковольтные системы зажигания с напряжением до 25…30 кВ. Электронные блоки управления содержат чувствительные микросхемы, уязвимые к статическому электричеству. Кроме того, машины оснащаются CAN-шинами и цифровыми интерфейсами, требующими аккуратного обращения при диагностике, а крупная техника нередко имеет комбинированные системы питания на 12 В и 24 В.

При ремонте бортовой электроники возникает целый ряд опасных ситуаций. Поражение электрическим током возможно при работе с неисправной проводкой или повреждёнными компонентами. Искрение и дуговые разряды при коротком замыкании могут привести к ожогам, а перегрузка или плохой контакт – вызвать возгорание электропроводки [2]. Статическое электричество способно повредить дорогостоящую электронику, а неконтролируемое срабатывание исполнительных механизмов (электроприводов и клапанов) – стать причиной травм. Особую опасность представляют взрывы аккумуляторных газов при искрообразовании вблизи клемм.

Перед началом ремонта необходимо выполнить ряд обязательных действий. Сначала полностью отключают аккумулятор, причём начинают с минусовой клеммы. Затем ждут разряда конденсаторов в цепях питания электронных блоков управления и других модулей. На органы управления вывешивают предупреждающие таблички. С помощью измерительных приборов проверяют отсутствие напряжения на токоведущих частях. При работе с высоковольтным оборудованием обеспечивают заземление корпуса машины. Наконец, организуют рабочее место с учётом требований пожарной безопасности.

Снижение рисков при ремонте достигается за счёт применения специализированных технических средств. Используют изолированный инструмент с маркировкой CAT III или CAT IV, а также мультиметры и диагностические приборы с защитой от перегрузок. При работе с микросхемами применяют антистатические браслеты и коврики. В ремонтных цепях устанавливают предохранители и автоматические выключатели, а в сети питания рабочего места – устройства

защитного отключения (УЗО). Средства индивидуальной защиты включают диэлектрические перчатки, защитные очки и обувь с изоляционной подошвой.

В процессе работ строго соблюдают правила электробезопасности. Все подключения и отключения выполняют только при отключённом питании [3]. Для диагностики используют исключительно сертифицированное оборудование. Проверку цепей проводят с помощью контрольных ламп с ограничительными резисторами либо мультиметров. Замену компонентов производят лишь после полной остановки всех процессов в системе. При работе с CAN-шинами избегают «горячего подключения» модулей. Пайку выполняют с антистатическим заземлением паяльника, а после завершения ремонта обязательно проверяют целостность изоляции и правильность соединений.

Аккумуляторы сельхозтехники требуют особого подхода. Отключение всегда начинают с минусовой клеммы – это снижает риск короткого замыкания. Клеммы очищают аккуратно, без применения силы, чтобы не повредить выводы. Зарядку проводят в проветриваемом помещении, строго соблюдая полярность. Для свинцово-кислотных батарей контролируют уровень и плотность электролита. При замене используют батарею с аналогичными характеристиками. Отработавшие аккумуляторы утилизируют согласно экологическим нормам.

К ремонту бортовой электроники допускают только квалифицированный персонал. Работники должны пройти инструктаж по электробезопасности и иметь соответствующую группу допуска (не ниже III для работ до 1000 В). Они обязаны быть обучены работе с диагностическим оборудованием, знать особенности электронных систем конкретной техники и уметь оказывать первую помощь при поражении током. Регулярное повышение квалификации и практические тренировки помогают снизить вероятность ошибок и повысить уровень безопасности.

Обеспечение электробезопасности при ремонте бортовой электроники – комплексная задача, которая требует строгого соблюдения нормативных требований, использования современных средств защиты и постоянного обучения персонала. Перспективные направления развития включают внедрение беспроводных технологий диагностики и интеллектуальных систем мониторинга состояния электрооборудования, что позволит ещё больше повысить безопасность и эффективность технического сервиса в АПК.

Список литературы

1. Стребков С.В. Технология ремонта машин : учебно-методическое пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 181 с. – EDN GTLALV.

2. Технологические процессы ремонтного производства : учебно-методическое пособие по профессиональному модулю ПМ 03 Техническое обслуживание и диагностирование неисправностей сельскохозяйственных машин и механизмов / Е.С. Батырев, А.С. Новицкий, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2022. – 166 с. – EDN OJCROC.

3. Затраты времени на обслуживание и ремонт колёсных тракторов будут снижены / Н.Ф. Скурятин, А.В. Бондарев, В.М. Порицкий, И.В. Васильченко // Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы : Материалы XXII международной научно-производственной конференции, Майский, 28-29 мая 2018 года. Том 1. – Майский : Белгородский ГАУ, 2018. – С. 216–218. – EDN XSYEDB.

УДК 621.9.048.6:631.3

ЭЛЕКТРОИСКРОВОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

Кондрат В.И., Батырев Е.С.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

Интенсивная эксплуатация сельскохозяйственной техники предъявляет высокие требования к ресурсу высоконагруженных деталей – режущего инструмента, рабочих органов почвообрабатывающих машин, элементов трансмиссий. Традиционные методы упрочнения, такие как закалка, гальванические покрытия и азотирование, зачастую связаны с существенными затратами, риском деформации деталей или экологическими ограничениями [1]. В этом контексте электроискровое легирование (ЭИЛ) представляет собой перспективную альтернативу. Метод позволяет локально модифицировать поверхностный слой, значительно повышая износостойкость при минимальных энерго- и ресурсозатратах, что особенно ценно для предприятий АПК.

Процесс электроискрового легирования базируется на полярном переносе материала анода (электрода) на катод (обрабатываемую деталь) посредством энергии импульсных разрядов в газовой среде. В зоне контакта происходят ключевые явления: расплавление присадочного материала, диффузия атомов азота и углерода из воздуха в поверхностный слой детали, а также образование нитридов, карбонитридов и твёрдых растворов с основой детали [2]. В результате формируется так называемый «белый слой» – зона с повышенной микротвёрдостью (до 230 МПа) и износостойкостью. При этом объём детали остаётся практически неизменным: нагрев не превышает 150°С, что исключает термические деформации.

Электроискровое легирование обладает рядом существенных достоинств, определяющих его конкурентоспособность. Метод обеспечивает локальность воздействия – возможна обработка участков радиусом от долей миллиметра. Покрытие демонстрирует высокую адгезию к основе, а сама технология не требует предварительной подготовки поверхности. Оборудование для ЭИЛ отличается простотой конструкции и мобильностью, что расширяет возможности его применения. Коэффициент переноса материала достигает 60…80%, что свидетельствует об эффективности процесса. Особую ценность представляет возможность восстановления размеров деталей (до 0,3 мм) и нанесения как однослойных, так и многослойных покрытий с заданными эксплуатационными свойствами.

Для электродов при ЭИЛ используют широкий спектр материалов: твёрдые сплавы (например, ВК8), тугоплавкие металлы, жаропрочные высоколегированные стали. Выбор материала определяется требуемыми характеристиками покрытия и условиями эксплуатации детали. Режимы обработки варьируются в зависимости от поставленной задачи: регулируется энергия импульса (порядка 10^{-8} Дж), частота разрядов и скорость перемещения электрода. Эти параметры позволяют точно контролировать толщину формируемого слоя (в диапазоне

0,003…0,2 мм), шероховатость поверхности (до Ra 0,32 мкм) и микротвердость покрытия, обеспечивая оптимальное сочетание свойств для конкретных условий работы детали.

В практике электроискрового легирования выделяют два основных метода нанесения покрытия: контактный, при котором электрод непосредственно касается детали, и бесконтактный, предполагающий наличие заданного зазора между электродом и поверхностью. Кроме того, различают «чистовой» и «грубый» режимы легирования [3]. Чистовой режим ориентирован на достижение малой шероховатости и формирование тонких покрытий, что актуально для финишной обработки. Грубый режим обеспечивает большую толщину покрытия, но сопровождается повышенной шероховатостью. На практике чаще применяют чистовой вариант, поскольку он позволяет получать поверхности с высокой точностью геометрических параметров и требуемым качеством.

Применение электроискрового легирования приводит к существенному улучшению ключевых эксплуатационных характеристик деталей [4]. Микротвердость поверхности возрастает на 200…300%, износостойкость увеличивается в 2…4 раза, усталостная прочность повышается на 20…30%. Кроме того, отмечается значительное улучшение жаро- и коррозионной стойкости – до 600%. Такие показатели особенно важны для деталей, эксплуатируемых в условиях абразивного износа, высоких температур и воздействия агрессивных сред.

Технология электроискрового легирования находит широкое применение в агропромышленном комплексе. Она эффективно используется для упрочнения режущих кромок плугов, культиваторов и дисковых борон, что позволяет продлить срок их службы при интенсивной работе с почвой. Метод также применим для восстановления шеек валов и зубчатых передач трансмиссий, обеспечивая сохранение их функциональных характеристик. Нанесение антифрикционных покрытий на трущиеся поверхности снижает износ и улучшает условия работы узлов.

Список литературы

1. Упрочнение рабочей кромки почвообрабатывающих орудий электроискровым легированием / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию кафедры технической механики конструирования машин, Майский, 24 января 2018 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2018. – С. 399–403. – EDN YPEVSJ.

2. Электроискровая обработка – как новый способ восстановления и упрочнения изношенных деталей / А.С. Новицкий, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов, Е.С. Батырев // Агроинженерия в XXI веке: проблемы и перспективы : материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции с международным участием, п. Майский, 28 октября 2019 года. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 333–336. – EDN VLJRBY.

3. Эксплуатационные испытания упрочненных стрельчатых культиваторных лап электроискровой обработкой / С. В. Стребков, А. П. Слободюк, А. В. Бондарев [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – № 1(21). – С. 71-80. – EDN DBNGML.

4. Об упрочнении рабочей кромки почвообрабатывающих орудий электроискровым легированием / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Сахнов, А.В. Бондарев // Труды ГОСНИТИ. 2018. Т. 130. – С. 142–150. – EDN SCFVXY.

УДК 621.794.5

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ ХРОМИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СЕГМЕНТОВ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Журавлев Н.В.
ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, г. Кинель, Россия

Режущие кромки сегментов сельскохозяйственных уборочных машин, упрочнённые методом закалки ТВЧ, обладают низким ресурсом эксплуатации [1]. Это приводит к ряду негативных последствий [2, 3]:

- нарушению агротехнических норм;
- росту потерь урожая в ходе уборочных работ;
- увеличению энергозатрат на выполнение операций.

Кроме того, необходимость регулярной замены или заточки изношенных элементов влечёт значительные трудозатраты, провоцирует простои техники в ремонте и в итоге снижает общую производительность труда [1].

В работе проведено априорное ранжирование факторов, влияющих на износостойкость хромовых покрытий, оценено воздействие условий электролитического хромирования на свойства покрытия и выполнены расчёты скорости затупления стандартных и хромированных деталей. Для сокращения объёма опытов и подбора значимых факторов с определением степени их влияния на износ был проведён «психологический эксперимент»; для ранжирования использован коэффициент конкордации (по методике С.В. Мельникова).

По итогам ранжирования установлено, что ключевое влияние на износостойкость сегментов оказывают термообработка до и после хромирования, а также её продолжительность; прочие факторы оказались несущественными. Расчёты показали, что скорость затупления хромированных лезвий в 1,83 раза ниже, чем у незащищённых покрытий.

Представлен алгоритм исследований, включающий крутое восхождение по поверхности отклика для выявления влияния факторов на износостойкость и поиска оптимальных режимов хромирования. Исследования проводятся на машине трения 77-МТ1 с образцами из сегментов режущего аппарата комбайна ДОН-1500Б (3×8×25 мм): на детали наносят хром с варьированием факторов по плану эксперимента, затем образцы испытывают (1000 циклов трения о абразивный брусок), взвешивают и замеряют их высоту; данные усредняют и вносят в матрицу плана. Для оценки износостойкости сравнивают образцы без покрытия и хромированные при оптимальных параметрах, рассчитывая коэффициент относительной износостойкости как отношение изменений параметров (масса, высота) необработанных и упрочнённых образцов.

Исследования износостойкости сегментов жатки комбайна ACROS 585 показали, что температура и продолжительность термообработки одинаково влияют на стойкость покрытий: с ростом этих параметров износостойкость повышается. При этом наибольшее воздействие оказывает продолжительность термооб-

работки, а влияние постобработки (после хромирования) существеннее, чем предварительной (до нанесения покрытия). Однако чрезмерное увеличение температуры и длительности термообработки может снижать износостойкость из-за роста усталостной прочности стали.

В ходе оптимизации выявлены наилучшие параметры упрочнения: термообработка до хромирования – 20°С, после хромирования – 210°С, продолжительность термообработки – 2,6 часа. Эксперименты подтвердили, что хромированные при этих условиях сегменты превосходят по износостойкости необработанные в среднем в 1,78 раза.

Список литературы

1. Еремин А.Ю., Пасин А.В. Повышение эксплуатационных свойств тонколезвийных режущих деталей сельскохозяйственного назначения с эффектом самозатачивания // Инновационные разработки молодых ученых в сфере АПК. 2016. – С. 140–144.

2. Пасин А.В., Еремин М.А., Еремин А.Ю. Сверхтвердое хромирование как метод упрочнения тонколезвийных режущих деталей сельскохозяйственного назначения // Труды ГОСНИТИ. 2012. Т. 110. №. 2. – С. 49–52.

3. Крупин А.Е., Матвеев В.Ю., Миронов Е.Б. Рациональные режимы гальванического хромирования ножей ротационных косилок // Вестник НГИЭИ. 2016. № 6 (61). – С. 44–52.

УДК 631.3:658.562

ЭЛЕКТРОННЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПО НЕИСПРАВНОСТЯМ ТЕХНИКИ

Бородин И.В., Сахнов А.В.
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия

В агропромышленном комплексе надёжность и бесперебойность работы техники напрямую влияют на сроки и качество выполнения сельхозработ. Частые простои из-за неисправностей приводят к значительным финансовым потерям [1]. Электронные базы данных по неисправностям техники позволяют систематизировать информацию о типичных поломках, способах их устранения и затраченном времени.

Современные агропредприятия эксплуатируют разнообразную технику – тракторы, комбайны, посевные комплексы, опрыскиватели и т.д. Каждая единица оборудования имеет свои особенности эксплуатации и типичные неисправности. Ручной учёт поломок и способов их устранения неэффективен: информация теряется, дублируется или становится недоступной для новых сотрудников.

Электронные базы данных решают эту проблему, обеспечивая централизованное хранение и быстрый доступ к информации. С их помощью можно фиксировать случаи неисправностей с указанием модели техники, условий эксплуатации и симптомов, хранить проверенные алгоритмы диагностики и ремонта, анализировать частоту и причины поломок для прогнозирования рисков [2]. Такие базы формируют статистику по надёжности разных моделей техники и ускоряют обучение новых специалистов за счёт доступа к накопленному опыту.

Эффективная база данных по неисправностям должна включать несколько ключевых разделов. В первую очередь – каталог техники с указанием моделей, годов выпуска и особенностей конструкции. Для каждой единицы фиксируются условия эксплуатации: наработка в моточасах, виды выполняемых работ, климатические условия.

Раздел неисправностей содержит описание симптомов, вероятных причин и методов диагностики. Для каждой поломки приводятся пошаговые инструкции по ремонту, перечень необходимых запчастей и инструментов, а также оценка временных затрат. Важный элемент – история обслуживания: даты ремонтов, заменённые детали, фамилии исполнителей.

Дополнительно база может содержать фото- и видеоматериалы по сложным операциям, ссылки на нормативные документы и руководства производителя, статистику по частоте возникновения конкретных неисправностей и рекомендации по профилактике типовых поломок. Такая структура обеспечивает комплексный подход к анализу и устранению неисправностей, позволяя использовать накопленные данные для улучшения качества технического сервиса.

Создание электронных баз данных возможно на разных платформах. Простейшие варианты – таблицы в Excel или Google Sheets – подходят для небольших хозяйств, но не обеспечивают должной масштабируемости и защиты данных. Более продвинутые решения базируются на реляционных базах данных

(MySQL, PostgreSQL) с веб-интерфейсом, что позволяет организовать многопользовательский доступ и гибко настраивать права пользователей.

Специализированные системы управления техническим обслуживанием и ремонтами (CMMS – Computerized Maintenance Management System) предлагают готовые модули для учёта неисправностей. Они интегрируются с ERP-системами предприятия, системами GPS-мониторинга и датчиками IoT, что даёт возможность автоматически фиксировать параметры работы техники и предупреждать о потенциальных проблемах.

Мобильные приложения дополняют стационарные системы, позволяя механикам вносить данные прямо в поле: фотографировать неисправности, отмечать выполненные работы и получать рекомендации как в онлайн-, так и в офлайн-режиме. Это особенно важно для агропредприятий, где техника часто работает вдали от офисов и центров обслуживания.

Электронные базы данных находят применение на всех этапах технического сервиса. На стадии диагностики они помогают быстро сопоставить симптомы с известными случаями и выбрать оптимальный алгоритм проверки. При планировании ремонтов база предоставляет точные нормативы времени и перечень необходимых запчастей, что сокращает простои техники и оптимизирует закупки.

В процессе обучения новый персонал изучает типичные неисправности и способы их устранения на реальных примерах из базы. Руководители используют статистику для анализа надёжности техники, выявления «узких мест» в обслуживании и обоснования закупок новых машин или модернизации парка. Например, сравнение частоты поломок одинаковых моделей техники в разных хозяйствах помогает принимать обоснованные решения о выборе оборудования.

База данных также позволяет прогнозировать потребность в запчастях на основе анализа типовых неисправностей, оптимизировать графики планово-предупредительных ремонтов с учётом реальной наработки и формировать отчёты для производителей о конструктивных недостатках оборудования. Это создаёт обратную связь между агропредприятиями и изготовителями, способствуя улучшению качества сельхозтехники.

Список литературы

1. Романченко М.И. Диагностика и техническое обслуживание машин : лабораторный практикум / М.И. Романченко. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2011. – 76 с. – EDN UIABVJ.

2. Руднев И.А. Смазочно-заправочные работы при техническом обслуживании тракторов / И.А. Руднев, М.И. Романченко // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции. В 4-х томах, Майский, 18-19 марта 2020 года. Том 3. – Майский : Белгородский ГАУ, 2020. – С. 149. – EDN LWJPQE.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК

Бородин И.В., Новицкий А.С.
3D ПЕЧАТЬ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ НА БАЗЕ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ……...3
Заседов Б.А., Бондарев А.В.
AR ОЧКИ ДЛЯ УДАЛЁННОЙ КОНСУЛЬТАЦИИ ПРИ РЕМОНТЕ…….5
Литвин Д.В., Стребков С.В.
IOT ДАТЧИКИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В АПК….7
Бережная М.О., Бережная С.О., Бережная И.Ш.
АВТОМАТИЗАЦИЯ ДЕФЕКТОВКИ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОБЛАКОВ ТОЧЕК……...9
Баянов Д.В., Цыпкина И.В.
АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЁТА РАБОТ ПО ТО ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ:
ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ……...11
Лещенко Д.С., Бахарев Д.Н.
АВТОМОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА ЗВУКОВОГО ОПОВЕЩЕНИЯ
И ИНФОРМАЦИОННОЙ ТРАНСЛЯЦИИ……..13
Рыбенцев Г.Ю., Романченко М.И.
АДАПТАЦИЯ ТЕХНИКИ К ПОЧВЕННО КЛИМАТИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ
БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ……...15
Анкунда Д.С., Ковалев С.В.
АКТУАЛЬНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ХОДОВОЙ ЧАСТИ АВТОТРАКТОРНОЙ
И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ…….17
Косьяненко Р.И., Сахнов А.В.
АЛГОРИТМ РАБОТЫ ИИ СИСТЕМЫ ПРИ ПОИСКЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТЕХНИКИ В АПК….19
Леонтьев А.С., Терентьев В.В.
АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ТЕХНИКИ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ……21
Давыдова Х.Ю., Гужин И.Н.
АНАЛИЗ СПОСОБОВ УЛУЧШЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ
ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА……23
Михайлов Ю.В, Бережная И.Ш.
АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УСАДКУ ПЛАСТИКОВ ПРИ FDM-ПЕЧАТИ……...25
Дудников В.Е., Бахарев Д.Н.
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕЗВОЗДУШНЫХ ШИН ДЛЯ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ…….27
Корешков В.С., Стребков С.В.
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРТАТИВНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
ДЛЯ ТРАКТОРОВ И КОМБАЙНОВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ……29
Волчков В.А., Титова И.И.
БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ РАБОТЕ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ:
АНАЛИЗ РИСКОВ……31
Сидельников Е.Г., Новицкий А.С.
БЕСПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В АПК……...33
Кондрат В.И., Ковалев С.В.
БИЗНЕС-МОДЕЛИ МОБИЛЬНЫХ СЕРВИСНЫХ ЦЕНТРОВ ДЛЯ ФЕРМЕРОВ……35
Легкодым Д.А., Батырев Е.С.
ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СЕРВИСНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В АПК……..37
Кривенко В.О., Цыпкина И.В.
ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ЖИДКОСТИ НА ИЗНОС КОМПОНЕНТОВ ГИДРОСИСТЕМЫ……..39
Носков Н.Д., Стребков С.В.
ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ГИДРОСИСТЕМЫ……..41
Погореленко Т.Ю., Сахнов А.В.
ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ТСМ НА МЕЖСЕРВИСНЫЕ ИНТЕРВАЛЫ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ……43

Демьяненко В.В., Титова И.И.
ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ТСМ НА ПЕРИОДИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ…….45
Демьяненко В.В., Стребков С.В.
ВЛИЯНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА НА КАЧЕСТВО ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК…47
Шокуров Н.А., Цыпкина И.В.
ВЛИЯНИЕ ТВЁРДОСПЛАВНЫХ ПОКРЫТИЙ НА РАБОЧИХ ОРГАНАХ
НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КУЛЬТИВАТОРОВ…….49
Ямпольский О.Е., Стребков С.В.
ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА НАДЁЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ
УПРАВЛЕНИЯ ТРАКТОРАМИ……51
Чеботаев А.А., Ковалев С.В.
ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ 5S НА РЕМОНТНЫХ УЧАСТКАХ……53
Масленников Р.А., Батырев Е.С.
ВНЕДРЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕМОНТНЫХ МАСТЕРСКИХ АПК…..55
Хайченко А.В., Титова И.И.
ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ТРАНСПОРТЕ: ПЕРВЫЕ ШАГИ….57
Петрушовец Д.С., Стребков С.В.
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЦИЛИНДРОВ…….59
Асыка А.В, Бережная И.Ш.
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ
С 3D-СКАНИРОВАНИЕМ……61
Гамочкин К.А., Бондарев А.В.
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ВАЛОВ И ОСЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ….63
Колесников А.Ю., Сахнов А.В.
ВОССТАНОВЛЕНИЕ МОЛОТКОВ МОЛОТКОВЫХ КОРМОДРОБИЛОК……..65
Литвин Д.В., Ковалев С.В.
ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ ОПОРНОГО КАТКА……..67
Яковлев С.Н., Бондарев А.В.
ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ ВАЛА
КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРА……...69
Бутримов А.Н., Сахнов А.В.
ВОССТАНОВЛЕНИЕ СТРЕЛЬЧАТЫХ КУЛЬТИВАТОРНЫХ ЛАП
ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКОЙ……71
Барышников В.О., Соколов А.С., Порицкий В.М.
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ: МЕТОДЫ
И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ……...73
Бабанин Р.А., Романченко М.И.
ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ХОЗЯЙСТВЕ……75
Постников Е.В., Сахнов А.В.
ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ СЕЯЛКИ – СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ……...77
Ерзамаева К.М.
ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ……..79
Базаров А.В., Коркин Д.Н., Батырев Е.С.
ДЕФЕКТОВКА ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ:
МЕТОДЫ, ТЕНДЕНЦИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ……...81
Стрижов Д.С., Стребков С.В.
ДИАГНОСТИКА УТЕЧЕК В ГИДРОСИСТЕМАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН……83
Еремин Н.А., Новицкий А.С.
ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРАКТОРАМИ……85
Кузубов А.А., Емелина Е.Н., Постников Е.В., Стребков С.В.
ЗАВИСИМОСТЬ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ОТ ТВЕРДОСТИ……...87
Самойлов М.В., Бондарев А.В.
ЗАЩИТА БОРТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ОТ ПЫЛИ И ВЛАГИ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ……89
Ерзамаева К.М.
ИЗМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ
СРЕДСТВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ……..91

Прытков А.А. Блинова М.В. Бущуева В.В., Бухтояров В.Н., Иванников В.А.
ИМПУЛЬСНАЯ МОДУЛЯЦИЯ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА
ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ……...92
Погореленко Т.Ю., Филатов М.А., Ковалев С.В.
ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ВОССТАНОВЛЕНИЮ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ:
ОТ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ ДО ИНДУКЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ……94
Лаптев Е.В., Романченко М.И.
ИННОВАЦИОННЫЕ СЕРВИСНЫЕ ПРАКТИКИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ТЕХНИКИ В АПК…….96
Попов Д.Г., Стребков С.В.
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ДИАГНОСТИКЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В АПК……98
Соловьёв Д.А., Цыпкина И.В.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIG DATA ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ УЗЛОВ
В ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ АПК……..100
Хрыстюк А.С., Ковалев С.В.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНИКОВ ДЛЯ ИНСПЕКЦИИ
СОСТОЯНИЯ ТЕХНИКИ В АПК.....102
Зайцев С.Р., Стребков С.В.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПНЕВМАТИКИ В ПОСЕВНЫХ КОМПЛЕКСАХ:
НАДЁЖНОСТЬ И ОБСЛУЖИВАНИЕ……..104
Польшиков И.М., Бондарев А.В.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМОГРАФИИ ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ
ДЕФЕКТОВ УЗЛОВ ТРАКТОРОВ……106
Васильев Д.Ю., Бондарев А.В.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА……108
Терентьев О.В., Шемякин А.Б., Терентьев В.В.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ……...110
Будько Е.И., Сахнов А.В.
ИСПЫТАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ УПЛОТНЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ ВЛАЖНОСТИ……..112
Назаров И.А., Романченко М.И.
КОРРОЗИОННО СТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ
В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ……..114
Растрогин В.Г., Стребков С.В.
ЛАЗЕРНАЯ НАПЛАВКА ДЛЯ РЕМОНТА ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ В АПК…….116
Беляев А.В., Цыпкина И.В.
ЛОГИСТИКА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ: ОПТИМИЗАЦИЯ СКЛАДСКИХ ЗАПАСОВ…….118
Савин Ю.В., Титова И.И.
ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЗАПЧАСТЕЙ ДЛЯ ИМПОРТНЫХ МАШИН
В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ……120
Куцыков Е.А., Стребков С.В.
ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ИМПОРТНОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ……...122
Лежепеков М.В., Бондарев А.В.
МАТЕРИАЛЬНО ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА
МЕТОДАМ СОВРЕМЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ……..124
Куликов Я.Д., Вернигора Е.Р., Иванников В.А., Винс Л.Е., Первых М.Р.
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ГИДРОПРИВОДА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ…...126
Кутинец С.Н., Ковалев С.В.
МЕТОДЫ ВИБРОДИАГНОСТИКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН:
ПРАКТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ……128
Машкин С.И., Романченко М.И.
МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОСЕВНЫХ КОМПЛЕКСОВ……..130
Грушин Д.С., Титова И.И.
МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ УТЕЧЕК В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН……132

Ерзамаева К.М.
МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ……134
Пасечников А.Н., Батырев Е.С.
МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ
УПРАВЛЕНИЯ ТРАКТОРАМИ……..136
Кутинец С.Н., Титова И.И.
МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭБУ МАШИН…….138
Масленников Р.А., Кузубов А.А., Ковалев С.В.
МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН…….140
Говорушко А.С., Цыпкина И.В.
МОБИЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО УЧЁТА ЗАПЧАСТЕЙ И РАБОТ
В ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ АПК……..142
Бородин И.В., Бережная И.Ш.
МОБИЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЁТА НОРМ ВРЕМЕНИ ЭЁНА ОПЕРАЦИИ……..144
Водолазская Н.В., Кочиев Н.С.
МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДСИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА
ПРОЦЕССА СОРТИРОВКИ И УКЛАДКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ХВОЙНЫХ ПОРОД……...146
Власов Ю.А.
МОДЕРНИЗАЦИЯ В АПК И ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ
НА ЕГО РАЗВИТИЕ…….148
Старосельцев В.А., Бондарев А.В.
МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС ДЛЯ СНИЖЕНИЯ
РАСХОДА ТОПЛИВА В АПК……150
Слюняев А.А., Кусмарцев С.Ю., Тюрин И.Ю., Комаров Ю.В.
МОДЕРНИЗАЦИЯ УЧАСТКА СБОРА И ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ…….152
Барышников К.О., Рыбенцев Г.Ю., Новицкий А.С.
МОЙКА С ПОМОЩЬЮ ЛЕДНО-КАВИТАЦИОННЫХ СТРУЙ……...154
Рыжакин Н.С., Водолазская Н.В.
МОНИТОРИНГ ДЕФЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА….156
Емелина Е.Н., Бондарев А.В.
НАНЕСЕНИЕ ТВЁРДОСПЛАВНЫХ ПОКРЫТИЙ НА РАБОЧИЕ ОРГАНЫ КУЛЬТИВАТОРОВ….158
Лысенко А.В., Ковалев С.В.
НАНОПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДЕТАЛЕЙ ОТ АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА В АПК…….160
Баянов Д.В., Коротенко М.А, Титова И.И.
НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОСНАЩЕНИЮ АЗС……162
Крамской А.Г., Титова И.И.
ОБУЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА МЕТОДАМ СОВРЕМЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ……..164
Снятков Е.В., Чухлебов В.А.
ОБЩИЕ ОСОБЕННОСТИ БЕСПИЛОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ В МТА И АВТОМОБИЛЯХ…….166
Шаповал Е.А., Стребков С.В.
ОГРАНИЧЕНИЯ И ВЫЗОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ
КОМПЛЕКСОВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ…….168
Усанкин В.К.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПЛОТНЯЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛОЖЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СОШНИКА…….170
Козлов И.А., Батырев Е.С.
ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТО ДВИГАТЕЛЕЙ ТРАКТОРОВ С УЧЁТОМ
КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ……172
Денежко А.А., Стребков С.В.
ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ГИДРОПРИВОДОВ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ……173
Бондаренко И.А., Ковалев С.В.
ОРГАНИЗАЦИЯ ВЕНТИЛЯЦИИ В ПОКРАСОЧНЫХ КАМЕРАХ……...175
Гребцов А.В., Стребков С.В.
ОРГАНИЗАЦИЯ МОБИЛЬНЫХ РЕМОНТНЫХ БРИГАД: ОПЫТ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ……...177
Бессонов М.С., Цыпкина И.В.
ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ НА БАЗЕ
ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА……..179

Селютин А.А., Романченко М.И.
ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ РЕГЛАМЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ИМПОРТНОЙ ТЕХНИКИ……181
Бондаренко И.А., Батырев Е.С.
ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРА В УСЛОВИЯХ АГРОПРЕДПРИЯТИЯ……...183
Куликов Н.В., Стребков С.В.
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ХИМИКО ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН……...185
Григоров И.С., Ковалев С.В.
ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗЕРНОУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХИ….187
Рыбенцев Г.Ю., Цыпкина И.В.
ОЦЕНКА РЕНТАБЕЛЬНОСТИ АУТСОРСИНГА РЕМОНТНЫХ РАБОТ В АПК……...189
Бекмамбетов Р.Э., Новицкий А.С.
ПЕРЕРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ……191
Атанов Д.И., Бондарев А.В.
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ВИБРОДИАГНОСТИКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ……...193
Бабаев Д.А., Ковалев С.В.
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ……..195
Постников Е.В., Сахнов А.В.
ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ К СЕЯЛКЕ ТОЧНОГО ВЫСЕВА……197
Старосельцев В.А., Новицкий А.С.
ПОДДЕРЖАНИЕ В РАБОТОСПОСОБНОМ СОСТОЯНИИ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЯ НА ПРИМЕРЕ ТНВД……...198
Башков А.В., Стребков С.В.
ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА АГРЕГАТОВ ПО ПАРАМЕТРАМ МАСЛА……..200
Звягинцев В.С., Бережная И.Ш.
ПРИМЕНЕНИЕ FDM-ПЕЧАТИ В РЕМОНТЕ ПОЛИМЕРНЫХ УЗЛОВ СЕЛЬХОЗМАШИН……...202
Песоцкий Я.С., Романченко М.И.
ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ ПРИ РЕМОНТЕ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ В АПК……...204
Богданов А.П., Новицкий А.С.
ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ПИТАНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В АПК……...206
Терентьев О.В., Терентьев В.В.
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРООКРАШИВАНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ…..208
Каменский А.Д., Бондарев А.В.
ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ТЕХНИКИ……...210
Поляков И.Ю., Стребков С.В.
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА АГРЕГАТОВ ПО ПАРАМЕТРАМ МАСЛА…..212
Сидельников Е.Г., Титова И.И.
ПРОФИЛАКТИКА ТРАВМАТИЗМА ПРИ ДЕМОНТАЖЕ КРУПНОГАБАРИТНЫХ УЗЛОВ В АПК……...214
Кузубов А.А., Емелина Е.Н., Постников Е.В., Стребков С.В.
ПРОЧНОСТЬ, ЖЁСТКОСТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ, ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ КАК ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ НАДЁЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ……...216
Никитенко З.А., Сахнов А.В.
РАЗБОРКА СПИСАННЫХ МАШИН С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ……...218
Походенко Е.А., Стребков С.В.
РАЗРАБОТКА ЗАМКНУТЫХ ЦИКЛОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ В АПК……220
Носков Н.Д., Романченко М.И.
РАЗРАБОТКА РЕГЛАМЕНТОВ ТО ДЛЯ ИМПОРТНОЙ СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ……222

Бутримов А.Н., Сахнов А.В.
РАЗРАБОТКА СПОСОБА РЕМОНТА МОЛОТКОВ МОЛОТКОВЫХ ДРОБИЛОК……...224
Сидельников Е.Г., Новицкий А.С.
РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И РЕМОНТА
ЭНЕРГОАККУМУЛЯТОРОВ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ……...226
Шокуров Н.А., Новицкий А.С.
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МАХОВИКОВ ДВИГАТЕЛЕЙ
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ…….228
Рогов А.Ю., Батырев Е.С.
РАЗРАБОТКА ЧЕК ЛИСТОВ ДЛЯ ЕЖЕСМЕННОГО ТО ТРАКТОРОВ МТЗ 82……230
Коленченко Д.В., Бондарев А.В.
РЕАЛИЗАЦИЯ ЭФФЕКТА БЕЗЫЗНОСНОСТИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО
К СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКЕ……232
Косьяненко Р.И., Сахнов А.В.
РЕМОНТ ДИСКОВЫХ СОШНИКОВ СЕЯЛОК ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР…….234
Косьяненко Р.И., Сахнов А.В.
РЕМОНТ СТРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП КУЛЬТИВАТОРОВ…….236
Коленченко Д.В., Стребков С.В.
РОЛЬ СОВРЕМЕННЫХ ПРИСАДОК В ПОВЫШЕНИИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ (API, ACEA)……238
Кривенко В.О., Ковалев С.В.
СЕРВИСНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МАШИН, РАБОТАЮЩИХ
НА ТИПИЧНЫХ ЧЕРНОЗЁМАХ….....240
Сорокин А.А., Бондарев А.В.
СИСТЕМЫ GPS НАВИГАЦИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТОВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ……...242
Стельмах М.С., Ковалев С.В.
СНИЖЕНИЕ ПРОСТОЕВ ТЕХНИКИ ЗА СЧЁТ ПРЕДИКТИВНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ……244
Колесников А.Ю., Сахнов А.В.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МОЛОТКОВ
МОЛОТКОВЫХ ДРОБИЛОК…….246
Ильинов Н.Д., Новицкий А.С.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ПЕРВИЧНОГО ВАЛА КПП ТРАКТОРА……...248
Федосеенко Р.А., Новицкий А.С.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО
МЕХАНИЗМА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ……...250
Трифонов В.А.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА ШАТУНОВ
ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ……..252
Письменный Д.А., Новицкий А.С.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ЗОЛОТНИКА ГИДРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКОЙ……..254
Лежанский Д.С., Новицкий А.С.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ПОРШНЕВОГО ПАЛЬЦА……...256
Шемякин А.Б., Терентьев О.В., Терентьев В.В.
СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТЕХНИКИ ОТ КОРРОЗИИ……258
Коновалов А.С.
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ СПЕЦТЕХНИКИ……...260
Бельченко В.В.
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МУФТ СЦЕПЛЕНИЯ……262
Ирниденко В.А., Батырев Е.С.
СОВРЕМЕННЫЕ СЕРВИСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ТЕХНИКИ
И ОБОРУДОВАНИЯ……264
Мирошниченко М.Д., Павлюк Р.В.
СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ…….266

Гончаров В.А., Титова И.И.
СПОСОБЫ ПОДДЕРЖАНИЯ КАЧЕСТВА РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ……268
Чеботаев А.А., Романченко М.И.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРОЧНЕНИЯ ЗУБЬЕВ БОРОНЫ……..270
Заседов Б.А., Цыпкина И.В.
СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ПРИ РАБОТЕ С ТСМ В АПК……..272
Вергун В.И.
СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ……274
Коленченко Д.В., Романченко М.И.
К ВОПРОСУ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МАШИН……275
Назаров И.А., Переверзев Р.М., Букат М.Г., Сахнов А.В.
СТЕНДЫ ДЛЯ РАЗБОРОЧНО-СБОРОЧНЫХ РАБОТ……277
Снятков Е.В., Хлистун В.Р., Кириченко И.А.
СХЕМЫ ЗОН ДЛЯ ЗАРЯДКИ МТА С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ В АПК……279
Корешков В.С., Новицкий А.С.
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ GPS НАВИГАЦИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ……...280
Ямпольский О.Е., Бондарев А.В.
ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ГИДРОПРИВОДОВ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ……282
Демьяненко В.В., Батырев Е.С.
ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ АГРОМЕЛИОРАНТОВ……284
Ерзамаева К.М.
ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СМАЗОЧНОЙ СИСТЕМЫ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ……..286
Постников Е.В., Сахнов А.В.
ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТЬЮ ДИСКА СОШНИКА СЕЯЛКИ……287
Соклаков А.А., Романченко М.И.
ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЦИЛИНДРОВ……289
Погореленко Т.Ю., Новицкий А.С.
ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СЕРВИСНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В АПК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ……...291
Баянов Д.В., Романченко М.И.
ТЕХНОЛОГИИ НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В АПК……293
Масленников Р.А., Емелина Е.Н., Сахнов А.В.
УПРАВЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТЬЮ МАШИН ПОСРЕДСТВОМ ОБСЛУЖИВАЮЩИХ И РЕМОНТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ……295
Шульга С.А., Кадыров М.Р.
УПРОЧНЕНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ГИЛЬЗ ДВИГАТЕЛЕЙ……...297
Постников Е.В., Сахнов А.В.
УСТОЙЧИВОСТЬ РАБОТЫ ДИСКОВОДА СОШНИКА СЕЯЛКИ……..299
Балтин Р.В., Бондарев А.В.
УТИЛИЗАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ И АККУМУЛЯТОРОВ В АПК……..301
Сеитумерова В.И., Коленченко Д.В., Титова И.И.
ФИНИШНАЯ АНТИФРИКЦИОННАЯ БЕЗАБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ.....303
Соколов А.С., Стребков С.В.
ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН……305
Демьяненко В.В., Цыпкина И.В.
ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВКА ОПАСНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ В АПК……...307
Шокуров Н.А., Цыпкина И.В.
ЦИФРОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ УДАЛЁННОГО МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОМБАЙНОВ……309

Осокин В.А., Гужин И.Н.
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ
К АВТОМОБИЛЬНОМУ БЕНЗИНУ……..311
Балтин Р.В., Стребков С.В.
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ВНЕДРЕНИЯ
ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА……..313
Волчков В.А., Батырев Е.С.
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РЕЦИКЛИНГА ЗАПЧАСТЕЙ……..315
Ерзамаева К.М.
ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АВТОТРАНСПОРТНЫХ
СРЕДСТВ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ……..317
Литвин Д.В., Ковалев С.В.
ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ РЕМОНТЕ БОРТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ……..318
Кондрат В.И., Батырев Е.С.
ЭЛЕКТРОИСКРОВОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ КАК МЕТОД
ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ……....320
Журавлев Н.В.
ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ ХРОМИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ
ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СЕГМЕНТОВ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА
ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ…….322
Бородин И.В., Сахнов А.В.
ЭЛЕКТРОННЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПО НЕИСПРАВНОСТЯМ ТЕХНИКИ……..324

СОДЕРЖАНИЕ……..….326

Работы публикуются в авторской редакции.
Редакционная коллегия не несёт ответственности
за достоверность публикуемой информации.

Компьютерная вёрстка: Манохин А.А., Строева О.М.

Подписано в печать Уч.- изд.л.
Усл.печ.л. Тираж экз. Заказ №
308503, Белгородская область, Белгородский район, пос. Майский
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ