

ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА ИМЕНИ К. А. ТИМИРЯЗЕВА
ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ ИМЕНИ В. П. ГОРЯЧКИНА
КАФЕДРА ТРАКТОРОВ И АВТОМОБИЛЕЙ

**ЧТЕНИЯ
АКАДЕМИКА
В. Н. БОЛТИНСКОГО**

Сборник статей
Том 2

Москва
ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева
2026

УДК 378.4:001:63(092)

ББК 74.48

Ч 77

Под редакцией:

Дидманидзе Отари Назировича – академика Российской академии наук, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой тракторов и автомобилей Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»;

Пуляева Николая Николаевича – кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры тракторов и автомобилей Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

Ч 77

Чтения академика В. Н. Болтинского:

сборник статей / Семинар (Москва, 28-29 января 2026 года); под ред. О. Н. Дидманидзе, Н. Н. Пуляева. – М. : ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2026. – 552 с.

ISBN 978-5-00227-402-4

В сборнике представлены результаты актуальных научных исследований ученых, докторантов, преподавателей и аспирантов по результатам проведенного постоянно действующего Международного научно-практического семинара «**Чтения академика В. Н. Болтинского**», который состоялся 28-29 января 2026 года.

Сборник предназначен для научных сотрудников и преподавателей высших учебных заведений. Может использоваться в учебном процессе, в том числе в процессе обучения аспирантов, подготовки магистров и бакалавров в целях углубленного рассмотрения соответствующих проблем.

Все статьи сборника прошли рецензирование, сохраняют авторскую редакцию, всю ответственность за содержание несут авторы.

УДК 378.4:001:63(092)

ББК 74.48

ISBN 978-5-00227-402-4

© ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА
имени К. А. Тимирязева, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Л. И. Хоружий, Р. С. Федоткин, Н. Н. Пуляев

Оценка эффективности применения гибридного сельскохозяйственного трактора малого тягового класса..... 12

В. Н. Кузьмин, А. П. Королькова, А. В. Горячева

Государственная поддержка технического обновления сельского хозяйства 20

Ал-Жавхар Али Еззат Махди, В. В. Егоров

Адаптация и опыт применения комплекса ИМДЦ-2 для дизеля Д-144..... 28

Ф. М. Амархил, Н. В. Перевозчикова

Водородное топливо для карьерных самосвалов 32

А. А. Андреев, А. С. Апатенко

Феномен некачественного восстановленного моторного масла: технологии фальсификации, методы выявления и последствия для двигателя..... 38

О. П. Андреев, В. Л. Пильщиков

Система перевозки опасных грузов в России, изменения в 2024-2025 годах 44

Л. И. Андрющенко, Р. Н. Егоров (научный руководитель)

Совершенствование логистики в условиях ООО «ГОТЭК-ЦПУ» г. Железногорск..... 50

Л. И. Андрющенко, Д. А. Москвичев

Цифровые двойники мультимодальных транспортных узлов для предиктивного управления и устойчивого развития 54

Т. И. Ашмарина

Основные тенденции развития растениеводства в новых регионах..... 60

Д. А. Бахин, А. В. Чепурин (научный руководитель)

Перспективы развития беспилотных летательных аппаратов в аграрном секторе Российской Федерации..... 63

Т. В. Бирюкова

Мировой рынок баранины: основные тенденции и перспективы развития 73

Б. Бубакар, А. Г. Левшин (научный руководитель)

Внедрение и рентабельность мелкомасштабной механизации на хлопковых фермах в Мали..... 76

<i>М. Д. Бурова, Н. Ж. Шкаруба (научный руководитель)</i> Моделирование процесса межлабораторных сличительных испытаний колесных транспортных средств	81
<i>С. И. Ванчуров, И. А. Чернова, Н. С. Севрюгина (научный руководитель)</i> Консервация тракторов и обслуживание систем освещения	86
<i>К. Я. Вергазова, О. А. Леонов (научный руководитель)</i> Модернизация приспособления для контроля отклонений от параллельности шек коленчатого вала	93
<i>С. М. Гайдар, А. М. Пикина, Я. О. Терновая</i> Определение свойств охлаждающих жидкостей	98
<i>С. М. Гайдар, А. М. Пикина, Я. О. Терновая</i> Оценка защитной эффективности охлаждающих жидкостей.....	102
<i>О. А. Глазова, Г. Е. Митягин</i> Улучшение условий труда оператора тракторно-машинного комплекса.....	106
<i>Е. С. Глущенко, Д. А. Москвичев (научный руководитель)</i> Оптимизация мультимодальных перевозок с помощью гибридных моделей искусственного интеллекта и интернета вещей	110
<i>П. В. Голиницкий</i> Оценка влияние цифровых технологий на точность соединения с зазором	116
<i>С. С. Голубев, Д. А. Москвичев</i> Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта парка автотранспортного предприятия на основе внедрения интеллектуальных систем управления	120
<i>Д. Д. Грицай, Д. А. Москвичев</i> Архитектура и протоколы децентрализованного доверия в мультимодальных коридорах на основе блокчейн и смарт-контрактов	124
<i>Д. О. Гукин, Д. А. Москвичев</i> Совершенствование технического обслуживания автомобильного транспорта на автотранспортных предприятиях с использованием Python	129
<i>В. Л. Дедюлин, Н. С. Севрюгина (научный руководитель)</i> Повышение отказоустойчивости стрел автокранов на основе интеллектуальных ремонтных систем	133

<i>А. А. Дунак, Н. С. Севрюгина (научный руководитель)</i> Внедрение беспилотных летательных аппаратов в работу малых предприятий.....	138
<i>С. А. Дутова, О. П. Андреев (научный руководитель)</i> Оптимизация производственно-технической базы пассажирского автотранспортного предприятия (на примере ПАТП «Урюпинское»)	143
<i>С. А. Дутова</i> Автотракторное машиностроение на современном этапе: от индустриальной эпохи к эпохе конвергенции технологий	148
<i>Д. В. Ежов, Р. Н. Егоров (научный руководитель)</i> Совершенствование системы автобусных перевозок в городе Ульяновске	152
<i>П. В. Ермакова, Д. А. Москвичев</i> Методология оценки киберустойчивости цифровых платформ мультимодальной логистики	155
<i>К. Р. Зайцев, Д. А. Москвичев (научный руководитель)</i> Интеграция автономных транспортных систем в мультимодальные перевозки «последней мили»: экономико-технологическая модель	161
<i>В. К. Зимогорский, Я. К. Зимогорский, В. О. Леонов</i> Особенности влияния ошибок контроля на качество ремонта двигателей	167
<i>Я. К. Зимогорский, Г. Н. Темасова (научный руководитель)</i> Современные проблемы оценки внутреннего брака на ремонтных предприятиях АПК	172
<i>И. А. Зиновьев, Д. А. Москвичев (научный руководитель)</i> Совершенствование технического обслуживания и текущего ремонта грузовых автомобилей в условиях логистической компании	177
<i>Г. О. Иванов, А. В. Бижаев (научный руководитель)</i> Применение суперконденсаторов в системе электростартерного пуска ДВС мобильных машин	181
<i>В. Л. Косачева, А. С. Барчукова (научный руководитель)</i> Экологически безопасные ингибиторы для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии	187
<i>В. Л. Косачева, С. М. Ветрова (научный руководитель)</i> Противоизносные и антикоррозионные присадки для тракторной техники.....	191

С. В. Косогорова, Р. Н. Егоров (научный руководитель) Логистика в строительстве атомной электростанции в арктических условиях....	195
Н. С. Кривых, Я. Д. Павлов Обоснование места установки электродвигателя в гибридной силовой установке МТЗ 82.1	201
М. Д. Крышмар, П. В. Голиницкий (научный руководитель) Снижение ошибок при контроле валов применением цифровых средств измерений.....	207
В. О. Леонов, Л. А. Гринченко (научный руководитель) Анализ рассеяния размеров манжеты выходного конца вала КПП двигателя ЯМЗ.....	212
А. В. Логачев, Д. А. Москвичев Совершенствование технического обслуживания и текущего ремонта грузовых автомобилей в условиях предприятий автосервиса	217
В. О. Лымарь, Р. Н. Дидманидзе (научный руководитель) Применение гибридных энергетических средств по показателям экологических и экономических аспектов	222
Н. А. Майстренко, Ч. Тембо Использование автопилотов при выращивании кукурузы в Замбии.....	228
В. Д. Малышев, В. М. Корнеев (научный руководитель) Способ интенсификации гидродинамической очистки	232
П. О. Мельников, Н. С. Севрюгина Формирование дополнительных технологических карт обслуживания тракторов с гибридными силовыми установками.....	236
Т. В. Меркелова Причины снижения ЭДС литий-ионного аккумулятора при его разряде.....	241
М. В. Меркелов Анализ влияния различных вариантов расположения программных рецепторов в слое модуля имитации сетчатки на способность нейронной сети распознавать образы на изображениях в сфере сельского хозяйства	247
А. Б. Мустаяпова, А. И. Полевой, Д. О. Горяченко, Г. Е. Митягин Преимущества электрифицированных транспортно-технологических машин в технической эксплуатации	253

<i>В. А. Нарышкин, А. С. Апатенко (научный руководитель)</i>	
Системы автоуправления на основе ГНСС- и RTK-сигналов	259
<i>Р. Н. Егоров, А. И. Насырова</i>	
Автомобильные дороги, проблематика и развитие	264
<i>Г. И. Нестеров, У. Ю. Антонова</i>	
Организация процесса контроля гильз цилиндров при ремонте	269
<i>М. С. Нефедова, Ю. Г. Вергазова (научный руководитель)</i>	
Выбор тормозного стенда для испытаний малотоннажных грузовых автомобилей по метрологическим критериям	273
<i>М. Ю. Нефедова</i>	
Развитие материально-технической базы как основа устойчивого и эффективного производства продукции птицеводства	278
<i>А. А. Новиков, Н. В. Перевозчикова (научный руководитель)</i>	
Актуальность применения электропривода навесного оборудования в сельском хозяйстве	284
<i>Я. Д. Павлов, Н. С. Кривых</i>	
Применение электропривода навесной системы трактора и особенности системы его управления	289
<i>М. Г. Парфенов, Е. А. Улюкина (научный руководитель)</i>	
Применение биотоплива в сельскохозяйственном производстве	293
<i>Н. В. Перевозчикова, А. Е. Малько</i>	
Актуализация использования баз данных на автотранспортных предприятиях в целях увеличения оборота и оптимизации перевозок	297
<i>Н. В. Перевозчикова, Д. А. Поддубный</i>	
Проблема обеспечения пожарной безопасности в ГАУ МО «Мособллес»	302
<i>Н. В. Перевозчикова, А. А. Редько</i>	
Оптимизация системы пассивной безопасности для снижения травматизма.....	307
<i>Н. В. Перевозчикова, М. В. Сидоров</i>	
Оценка технологического уровня тракторов тягового класса 2	312
<i>Е. А. Петухов, Г. Н. Темасова (научный руководитель)</i>	
Современные методы диагностики и оценки качества ремонта дизельных двигателей	316

В. И. Пляка, А. К. Глотов, К. А. Смирнов

Катушка для высева семян с изменяющимся объёмом желобка..... 321

В. И. Пляка, Ф. В. Огородов

Ручной комбинированный почвообрабатывающий каток..... 325

К. В. Полетаев, Н. С. Кривых (научный руководитель)

Инструментальный контроль измерения протектора шин самоходных сельскохозяйственных машин 330

К. В. Полетаев, Я. Д. Павлов (научный руководитель)

Анализ систем измерения износа протектора шин 334

К. В. Полетаев, Д. А. Филимонов (научный руководитель)

Характер изнашивания плужного лемеха и материалы для его изготовления 339

А. А. Полякова, А. С. Гузалов (научный руководитель)

Современное состояние и пути развития тракторостроения 344

А. А. Полякова, А. С. Гузалов (научный руководитель)

Расчёт транспортно-логистического обеспечения с обратными прицепами для уборки зерновых культур 349

Т. Д. Попов, Д. А. Москвичев

Совершенствование пассажирских перевозок на логистических предприятиях: цифровизация и потенциал Python..... 354

М. М. Прокофьев, И. Ю. Игнаткин (научный руководитель)

Обзор химического метода обеззараживания для его использования в конструкции модульного охладителя-дезинфектора..... 358

Д. А. Пупкова

Расчет экономического эффекта от применения новых посадок в муфтах приводов редукторов картофелеуборочного комбайна КПК-2-01..... 363

В. С. Сазонов, А. С. Апатенко (научный руководитель)

Оценка эффективности работы предпускового подогревателя на традиционном топливе и биотопливе..... 367

В. А. Самохин

Региональная дифференциация овцеводства в России: диагностика производственных дисбалансов и точек роста 372

<i>А. А. Сапега, Р. Н. Дидманидзе</i> Эффективность применения беспилотных летательных аппаратов для оценки состояния посевов.....	376
<i>Д. А. Светлова, Н.В. Перевозчикова (научный руководитель)</i> Влияние датчиков контроля топлива на экономичность и безопасность эксплуатации автотранспорта.....	385
<i>А. В. Скубаев, Н. Н. Пуляев (научный руководитель)</i> Пути совершенствования силовой установки электро- и гибридных машин	392
<i>Д. В. Смирнова, Н. Н. Пуляев (научный руководитель)</i> Энергетическая эффективность транспортных средств: КПД как интегральный показатель использования энергии при разгоне.....	396
<i>Д. В. Смирнова, Н. Н. Пуляев</i> Разработка методики анализа эффективности автомобилей при конвертации двигателей на альтернативное топливо	401
<i>Д. Г. Соколов, А. Г. Гамидов (научный руководитель)</i> Современные технологии ремонта транспортно-технологических машин в агропромышленном комплексе	406
<i>А. А. Спицына, О. В. Ращупкин, Н. А. Майстренко, Р. Н. Дидманидзе</i> Анализ средств контроля для безопасной транспортировки масличных культур	410
<i>Ю. В. Старовойтова</i> Эргономика шумового комфорта в кабине трактора.....	415
<i>Ю. В. Старовойтова, Н. В. Перевозчикова</i> Исследование особенностей потребительских качеств сельскохозяйственных тракторов с учётом условий их использования	420
<i>А. В. Титберидзе, Н. Н. Пуляев (научный руководитель)</i> Применение диагностико-информационной подсистемы.....	425
<i>В. Ю. Томилко, Н. С. Кривых (научный руководитель)</i> Использование гибридной силовой установки на транспорте.....	429
<i>В. Ю. Томилко, О. Н. Дидманидзе (научный руководитель)</i> Оптимизация грузоперевозок в труднодоступные места РФ на примере Магаданской области	437

Е. А. Улюкина, С. С. Гусев, М. А. Карапетян, Р. Н. Егоров Очистка нефтепродуктов с помощью полимерных фильтров	442
С. М. Федорова, Н. Н. Пуляев, А. Г. Гамидов Применение нейросетей в аграрной отрасли	446
Т. С. Филимонова, Д. А. Филимонов (научный руководитель) Сточные воды животноводческих комплексов и проблемы их утилизации.....	450
Т. С. Филимонова, Д. А. Филимонов (научный руководитель) Классификация почвообрабатывающих машин и рабочих органов плуга.....	454
С. А. Холзунов, А. Ю. Фомин (научный руководитель) Тенденции развития генераторов переменного тока в грузовых автомобилях сельскохозяйственного назначения	459
К. Д. Читчан, Т. Н. Толстоухова (научный руководитель) Актуальные способы снижения отходов продукции животноводства путем их переработки в кормовые и технические продукты.....	465
Я. Д. Шабловский, А. С. Апатенко (научный руководитель) Диагностика транспортно-технологических машин в условиях дефицита данных: подходы и перспективы	471
А. С. Шинкаренко, А. С. Апатенко (научный руководитель) Системы управления гидравлической системой погрузчика-экскаватора марки JCB	476
А. Ю. Сюсюков, В. Л. Чумаков (научный руководитель) Основные направления улучшения эффективных показателей двигателя ВАЗ 21179.....	481
А. Р. Грязнов, В. Л. Чумаков (научный руководитель) Перспективы использования водорода в современных ДВС.....	488
Д. А. Клочкова, Т. А. Левина (научный руководитель) Разработка методики расчета комплексного показателя качества сварных соединений	495
В. И. Старовойтов, А. А. Мирошников, О. А. Старовойтова, Д. С. Боярский, А. А. Манохина Перспективы выращивания сортов цикория петровский и знахарь для переработки на инулинсодержащие продукты	501

О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина, Н. Э. Шабанов, А. С. Грибанов, Д. С. Боярский Урожайность картофеля при применении эссенциальных микроэлементов (железо, медь, цинк)	507
И. Д. Хабелашвили, А. В. Лавров (научный руководитель) Анализ конструкций самоходных опрыскивателей линейки «Туман»	514
В. В. Лазарь Особенности выполнения расчетно-графических работ по инженерной графике как средство общетехнической подготовки	518
В. В. Махьянов, В. К. Зимогорский (научный руководитель) Метрологическое обеспечение входного контроля комплекта гильз цилиндра с поршнями	521
С. А. Саеров, В. А. Луханин (научный руководитель) Методика сравнения сельскохозяйственной техники для уборки зерновых культур	526
А. В. Дейнеко, А. В. Иванов Использование промышленной томографии в сфере технического сервиса транспортных средств	533
С. А. Картошкин, О. П. Андреев Особенности адаптация трансмиссии автобусов ЛИАЗ к установке АКПП ЯМЗ в условиях ООО «Ликинский автобусный завод»	542
Ю. В. Чутчева, С. А. Мишакова Автоматизированные технологии в молочном скотоводстве: опыт внедрения и оценка эффективности	547

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБРИДНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТРАКТОРА МАЛОГО ТЯГОВОГО КЛАССА

Л. И. Хоружий, Р. С. Федоткин, Н. Н. Пуляев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрена проектная оценка эффективности применения гибридного сельскохозяйственного трактора малого тягового класса на примере сравнения базового трактора Беларус 82.1 и гибридного варианта, выполненного на его базе. Актуальность исследования обусловлена высоким уровнем износа тракторного парка, дефицитом машин малых тяговых классов и зависимостью российского агропромышленного комплекса от импортных поставок тракторов класса 0,6-2,0. Цель работы заключается в оценке экономической, энергетической и экологической эффективности внедрения гибридной силовой установки в конструкцию трактора малого тягового класса. В качестве критериев сравнения приняты капитальные вложения, годовые эксплуатационные затраты, годовой объем механизированных работ, технологическая себестоимость, энергоемкость, интегральные затраты, срок окупаемости и выбросы CO₂. Расчеты выполнены при одинаковой годовой загрузке 1780 ч и сроке службы 10 лет. Установлено, что гибридный трактор обеспечивает рост годового объема работ на 10,9 %, снижение технологической себестоимости на 13,0 %, уменьшение интегральных затрат на 1 усл. эт. га на 7,8 % и сокращение выбросов CO₂ в 1,7 раза. Полученные результаты подтверждают экономическую и технологическую целесообразность внедрения гибридных тракторов в сельскохозяйственное производство.

Ключевые слова: гибридный трактор, энергоэффективность, эксплуатационные затраты, себестоимость, окупаемость, выбросы CO₂, сельскохозяйственная техника.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF USING A HYBRID AGRICULTURAL TRACTOR OF SMALL TRACTION CLASS

L. I. Khoruzhy, R. S. Fedotkin, N. N. Pulyaev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Annotation. This article examines a project-based assessment of the efficiency of a small-traction hybrid agricultural tractor, comparing the base Belarus 82.1 tractor with a hybrid variant based on it. The study is relevant due to the high level of wear

and tear on the tractor fleet, the shortage of small-traction machines, and the dependence of the Russian agro-industrial complex on imported 0,6–2,0-class tractors. The objective of the study is to evaluate the economic, energy, and environmental efficiency of implementing a hybrid powertrain into a small-traction tractor. The comparison criteria include capital investment, annual operating costs, annual volume of mechanized work, process cost, energy intensity, integrated costs, payback period, and CO₂ emissions. The calculations were performed with the same annual load of 1,780 hours and a service life of 10 years. It was found that a hybrid tractor increases annual work volume by 10,9 %, reduces production costs by 13,0 %, decreases integrated costs per standard hectare by 7,8 %, and reduces CO₂ emissions by 1,7 times. These results confirm the economic and technological feasibility of introducing hybrid tractors into agricultural production.

Key words: hybrid tractor, energy efficiency, operating costs, cost price, payback, CO₂ emissions, agricultural machinery.

Введение

Эффективность сельскохозяйственного производства во многом определяется техническим уровнем машинно-тракторного парка [1]. Для большинства хозяйств тракторы малых и средних тяговых классов остаются базовыми энергетическими средствами, применяемыми при выполнении транспортных, почвообрабатывающих, посевных, кормозаготовительных и вспомогательных операций. При этом значительная часть тракторного парка Российской Федерации характеризуется высоким физическим износом, недостаточным уровнем обновления и повышенной нагрузкой на единицу техники [2-4].

По имеющимся расчетным материалам, фактический парк тракторов в сельском хозяйстве составляет около 387 тыс. единиц при потребности не менее 500 тыс. единиц. При этом около 54 % тракторов эксплуатируется более 10 лет, что приводит к снижению надежности, увеличению затрат на техническое обслуживание и ремонт, росту простоев и ухудшению показателей энергоэффективности [5]. Дополнительной проблемой является дисбаланс в структуре производства: при выпуске около 5200 тракторов в год основная доля приходится на машины тягового класса 4 и выше, тогда как сегмент тракторов классов 0,6-2,0 остается недостаточно обеспеченным отечественной техникой [6, 7].

Особую значимость имеет проблема импортозависимости. В сегменте тракторов малых тяговых классов значительная доля парка и ежегодных поставок формируется за счет машин зарубежного производства, прежде всего белорусских тракторов. Это создает риски для устойчивого развития агропромышленного комплекса, особенно в условиях необходимости технологического суверенитета и обновления машинно-тракторного парка [8, 9].

Одним из перспективных направлений развития тракторной техники является применение гибридных силовых установок. Полностью электрические тракторы, несмотря на экологические преимущества, имеют ограничения по автономности, стоимости аккумуляторных батарей, зависимости от зарядной инфраструктуры и устойчивости эксплуатации в различных природно-климатических условиях. Гибридная схема в данном отношении является более рациональным

промежуточным решением, так как сочетает преимущества двигателя внутреннего сгорания и электропривода, позволяет оптимизировать режимы работы силовой установки, снизить расход топлива и повысить эффективность использования энергии [10-12].

Материалы и методы

В качестве базового объекта сравнения принят серийный трактор Беларусь 82.1, относящийся к тяговому классу 1,4 и широко применяемый в сельскохозяйственных организациях. В качестве альтернативного варианта рассмотрен гибридный трактор, выполненный на базе Беларусь 82.1, с учетом дополнительных капитальных вложений в гибридную силовую установку и зарядную инфраструктуру.

Сравнение выполнено при одинаковой годовой загрузке – 1780 ч, а также при одинаковом расчетном сроке службы – 10 лет. Это обеспечивает сопоставимость вариантов по условиям эксплуатации.

Таблица 1 – Исходные данные для сравнения базового и гибридного тракторов

Показатель	Ед. изм.	Беларус 82.1	Гибридный трактор
Капитальные вложения в трактор	тыс. руб.	2800	3550
Дополнительные вложения в зарядную инфраструктуру	тыс. руб.	–	120
Общие капитальные вложения	тыс. руб.	2800	3670
Годовая загрузка	ч	1780	1780
Расчетный срок службы	лет	10	10
Расходы на техническое обслуживание и ремонт	тыс. руб./год	195	240
Тариф на электроэнергию	руб./кВт·ч	6,4	6,4
Цена дизельного топлива	руб./л	75,83	75,83
Часовая выработка	усл. эт. га/ч	0,73	0,81
Годовой объем работ	усл. эт. га	1300	1442

Годовые эксплуатационные затраты определялись по сумме основных статей:

$$C_{\text{эксп}} = C_{\text{зп}} + A + C_{\text{ТОР}} + C_{\text{эн}} + C_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{эксп}}$ – годовые эксплуатационные затраты, тыс. руб.; $C_{\text{зп}}$ – заработная плата тракториста с начислениями, тыс. руб.; A – амортизационные отчисления, тыс. руб.; $C_{\text{ТОР}}$ – затраты на техническое обслуживание и ремонт, тыс. руб.; $C_{\text{эн}}$ – затраты на топливо и электроэнергию, тыс. руб.; $C_{\text{пр}}$ – прочие расходы, тыс. руб.

Годовой объем механизированных работ определялся по выражению:

$$W = q_{\text{ч}} \cdot T_{\text{г}}, \quad (2)$$

где W – годовой объем работ, усл. эт. га; $q_{\text{ч}}$ – часовая выработка трактора, усл. эт. га/ч; $T_{\text{г}}$ – годовая загрузка, ч.

Технологическая себестоимость механизированных работ рассчитывалась по формуле:

$$S = \frac{C_{\text{эксп}}}{W}, \quad (3)$$

где S – технологическая себестоимость, тыс. руб./усл. эт. га.

Для оценки капиталоемкости и эксплуатационной эффективности применялся интегральный показатель затрат:

$$I = C_{\text{эксп}} + E_n \cdot K, \quad (4)$$

где I – интегральный показатель затрат, тыс. руб.; E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; K – капитальные вложения, тыс. руб.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений определялся как:

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Delta K}{E_r}, \quad (5)$$

где $T_{\text{ок}}$ – срок окупаемости, лет; ΔK – дополнительные капитальные вложения, тыс. руб.; E_r – расчетная годовая экономия, тыс. руб.

Результаты исследования

Результаты расчета годовых эксплуатационных затрат представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Годовые эксплуатационные затраты по сравниваемым вариантам

Статья затрат	Беларус 82.1, тыс. руб.	Гибридный трактор, тыс. руб.	Изменение, тыс. руб.
Заработная плата с начислениями	1184,1	1184,1	0
Амортизация	280	367	87
Ремонт и техническое обслуживание	195	240	45
Топливо и электроэнергия	1109,5	873,6	–235,9
Прочие расходы	28	36,7	8,7
Итого	2796,6	2701,4	–95,2

Из таблицы 2 видно, что применение гибридной силовой установки приводит к увеличению амортизационных отчислений и затрат на техническое обслуживание, что связано с большей стоимостью конструкции и наличием дополнительных систем. Однако снижение затрат на энергоресурсы компенсирует указанный рост. В результате годовые эксплуатационные затраты гибридного трактора составляют 2701,4 тыс. руб., что на 95,2 тыс. руб. меньше по сравнению с базовым трактором.

Существенным преимуществом гибридного варианта является увеличение производительности. Часовая выработка возрастает с 0,73 до 0,81 усл. эт. га/ч. При одинаковой годовой загрузке 1780 ч это обеспечивает рост годового объема механизированных работ с 1300 до 1442 усл. эт. га, то есть на 10,9 %.

Снижение эксплуатационных затрат при одновременном росте годового объема работ приводит к уменьшению технологической себестоимости. Для базового трактора она составляет 2,15 тыс. руб./усл. эт. га, для гибридного –

1,87 тыс. руб./усл. эт. га. Таким образом, себестоимость единицы механизированных работ снижается на 13,0 %.

Таблица 3 – Основные показатели эффективности гибридного трактора

Показатели	Единица измерения	Варианты		Изменения, % (+, –)
		Беларус 82.1	Гибридный трактор	
Капиталовложения	тыс. руб.	2800	3670	+31,1
Годовые эксплуатационные затраты	тыс. руб.	2796,6	2701,4	- 3,4
Выполняемый годовой объем механизированных работ	усл. эт. га	1300	1442	+10,9
Энергоемкость производства механизированных работ	Гкал/ усл. эт. га	160,0	73,8	снижение в 2,2 раза
Технологическая себестоимость механизированных работ	тыс. руб./ усл. эт. га	2,15	1,87	-13,0
Расчетная годовая экономия затрат	тыс. руб.	-	403,8	-
Срок окупаемости дополнительных капиталовложений	год	-	2,15	-
Интегральный показатель затрат	тыс. руб.	3356,6	3438,4	+2,4
Интегральный показатель затрат в расчете на 1 усл.эт.га механизированных работ	тыс. руб./ усл. эт. га	2,58	2,38	- 7,8
Годовой экономический эффект	тыс. руб.	-	288,4	-
Сравнительный экономический эффект за расчетный период 10 лет	тыс. руб.	-	1211,8	-
Выбросы в окружающую среду по CO ₂	кг CO ₂	65327	39327	снижение в 1,7 раза

Несмотря на увеличение общих капитальных вложений на 31,1 %, гибридный трактор имеет более благоприятные показатели в расчете на единицу выполненных работ. Интегральный показатель затрат в абсолютном выражении у гибридного варианта выше на 2,4 %, что связано с большей стоимостью машины и необходимостью вложений в зарядную инфраструктуру. Однако в расчете на 1 усл. эт. га интегральные затраты снижаются с 2,58 до 2,38 тыс. руб., то есть на 7,8 %.

Обсуждение результатов

Полученные результаты показывают, что эффективность гибридного трактора формируется не только за счет снижения расхода топлива. Более важным является комплексный эффект, включающий рост производительности, снижение удельной себестоимости, уменьшение энергоемкости и сокращение выбросов.

При сравнении базового и гибридного вариантов необходимо учитывать, что гибридная машина требует больших первоначальных инвестиций. В структуре затрат увеличиваются амортизация, расходы на ремонт и техническое обслуживание, а также прочие расходы. Это связано с усложнением конструкции, наличием электропривода, силовой электроники, аккумуляторной батареи и зарядной инфраструктуры.

Однако рост капитальных вложений компенсируется за счет эксплуатационных преимуществ. Гибридный трактор выполняет больший объем работ за тот же фонд времени, имеет более низкую технологическую себестоимость и обеспечивает меньшие интегральные затраты на единицу результата. В условиях высокой загрузки техники и роста стоимости энергоресурсов такие преимущества становятся особенно значимыми.

С практической точки зрения внедрение гибридных тракторов может осуществляться поэтапно. На первом этапе целесообразна модернизация существующих тракторов типа Беларус 82.1 с частичным сохранением базовых узлов трансмиссии и установкой гибридного привода. Это позволит снизить стоимость перехода к новой технологии и использовать имеющийся парк машин. На втором этапе возможно создание новой конструкции трактора с индивидуальным электроприводом колес и активным управлением распределением энергии. На третьем этапе необходима кооперация научных организаций и промышленных предприятий с постепенной локализацией компонентной базы.

Вывод

Применение гибридного сельскохозяйственного трактора малого тягового класса является актуальным направлением развития отечественного машинно-тракторного парка, особенно с учетом дефицита машин классов 0,6-2,0 и высокой зависимости от импортных поставок.

По результатам расчетов гибридный трактор на базе Беларус 82.1 обеспечивает снижение годовых эксплуатационных затрат с 2796,6 до 2701,4 тыс. руб., то есть на 3,4 %.

Годовой объем механизированных работ увеличивается с 1300 до 1442 усл. эт. га, что соответствует росту производительности на 10,9 % при сохранении одинаковой годовой загрузки.

Технологическая себестоимость механизированных работ снижается с 2,15 до 1,87 тыс. руб./усл. эт. га, или на 13,0 %. Интегральные затраты в расчете на 1 усл. эт. га уменьшаются на 7,8 %.

Энергоемкость выполняемых работ снижается примерно в 2,2 раза, что подтверждает более рациональное использование энергии гибридной силовой установкой.

Годовые выбросы CO₂ сокращаются с 65327 до 39327 кг, то есть примерно в 1,7 раза, что указывает на выраженный экологический эффект.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений составляет 2,15 года, а расчетный экономический эффект за 10-летний период эксплуатации достигает 1211,8 тыс. руб.

Гибридный трактор малого тягового класса может рассматриваться как экономически и технологически обоснованная альтернатива традиционному трактору Беларус 82.1, однако для практического внедрения необходимы опытные испытания, уточнение ресурсных показателей и развитие отечественной компонентной базы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.
2. Гибридный трактор – основа современного сельского хозяйства / Г. Я. Красников, В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк // Чтения академика В. Н. Болтинского : сборник статей, Москва, 22-23 января 2025 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2025. – С. 17-35.
3. Транспорт в агропромышленном комплексе : учебник / О. Н. Дидманидзе, Н. Н. Пуляев, А. А. Солнцев [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет, 2024. – 474 с.
4. Анализ и оценка использования ресурсного потенциала в сельском хозяйстве / Л. И. Хоружий, Н. Ю. Трясцина, В. И. Хоружий [и др.] // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2024. – № 4. – С. 266-282. – DOI 10.33920/sel-11-2404-05.
5. Хоружий, Л. И. Анализ и тенденции воспроизводства и эффективности использования основных средств в сельскохозяйственной организации / Л. И. Хоружий, В. М. Головач // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2024. – № 12. – С. 868-878. – DOI 10.33920/sel-11-2412-05.
6. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
7. Энергоэффективность и ресурсосбережение автотракторной техники / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, Н. А. Большаков // Известия Международной академии аграрного образования. – 2023. – № 67. – С. 38-43.
8. Информационные системы и технологии в АПК / Л. И. Хоружий, А. В. Уколова, М. К. Джикия [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет, 2025. – 192 с.
9. Парлюк, Е. П. Жизненный цикл технической системы как экономическая категория / Е. П. Парлюк // Международный технико-экономический журнал. – 2013. – № 2. – С. 43-47.
10. Оценка тягового потенциала энергонасыщенных тракторов мощностью от 500 Л.С / О. Н. Дидманидзе, С. А. Серебряков, Р. С. Федоткин [и др.]. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2024. – 165 с. – ISBN 978-5-00227-327-0.
11. Пуляев, Н. Н. Аналитические исследования экологических показателей тягово-транспортных средств на полевых работах / Н. Н. Пуляев, А. С. Павлов // Техника и оборудование для села. – 2025. – № 6(336). – С. 10-14. – DOI 10.33267/2072-9642-2025-6-10-14.
12. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024624556 Российская Федерация. «Гибридный сельскохозяйственный трактор малого тягового класса» : № 2024624047 : заявл. 27.09.2024 : опубл. 18.10.2024 / О. Н. Дидманидзе, А. В. Евграфов, В. Л. Чумаков [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева».

Об авторах:

Хоружий Людмила Ивановна, директор Института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор экономических наук, профессор, hli@rgau-msha.ru.

Федоткин Роман Сергеевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, fedotkin@rgau-msha.ru.

Пуляев Николай Николаевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, pulyaev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Khoruzhiy Lyudmila Ivanovna, Director of the Institute of Economics and Management of the Agro-Industrial Complex, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Economic Sciences, Professor, hli@rgau-msha.ru.

Fedotkin Roman Sergeevich, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, fedotkin@rgau-msha.ru.

Pulyaev Nikolai Nikolaevich, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, pulyaev@rgau-msha.ru.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОДДЕРЖКА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБНОВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

В. Н. Кузьмин, А. П. Королькова, А. В. Горячева

ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса», р. п. Правдинский, Московская область, Российская Федерация

Аннотация. Проведен анализ механизмов государственной поддержки технического обновления сельского хозяйства России. Рассмотрены ключевые программы, включая льготный лизинг АО «Росагролизинг», субсидирование производителей техники и кредитование сельхозтоваропроизводителей. Приведены данные по бюджетным ассигнованиям, динамике закупок техники и региональным различиям в реализации программ. Выявлены основные факторы, сдерживающие обновление парка сельхозтехники: рост цен, высокая ключевая ставка Центрального Банка России и финансовая неустойчивость предприятий. Также приведены результаты аналогичного направления в Китае.

Ключевые слова: сельское хозяйство, государственная поддержка, техника, обновление, субсидия, лизинг.

STATE SUPPORT FOR THE TECHNICAL MODERNIZATION OF AGRICULTURE

V. N. Kuzmin, A. P. Korolkova, A. V. Goryacheva

Russian Scientific Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support of the Agro-industrial Complex, Pravdinsky district, Moscow Region, Russian Federation

Abstract. This paper analyzes the mechanisms of state support for the technical modernization of agriculture in Russia. Key programs are examined, including preferential leasing through JSC Rosagrolizing, subsidies for agricultural machinery manufacturers, and lending to agricultural producers. Data on budget allocations, dynamics of machinery procurement, and regional disparities in program implementation are presented. The main factors constraining the renewal of the agricultural machinery fleet are identified: rising prices, the high key interest rate of the Central Bank of the Russian Federation, and financial instability of agricultural enterprises. Results of similar initiatives in China are also provided for comparative analysis.

Keywords: agriculture, state support, machinery, modernization, subsidy, leasing.

Введение. Роль государства в стимулировании технического перевооружения АПК – важна. Реализуемые в настоящее время программы льготного лизинга, субсидирования производителей сельхозтехники и кредитования сельхозтоваропроизводителей требуют дальнейшего совершенствования с учетом региональной специфики и реальных потребностей агробизнеса [1].

Цель исследования – анализ существующих механизмов государственной поддержки технической модернизации АПК в России и Китае.

Материалы и методы исследования. Методика исследований основана на анализе и обобщении официальных данных по мерам государственной поддержки технической модернизации Минсельхоза России, Минпромторга России, национальных докладов «О ходе и результатах реализации Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия», законодательных и других нормативно-правовых актов, научных статей зарубежных ученых, собственных расчетов авторов.

Результаты исследований и их обсуждение

По всем каналам реализации (по данным субъектов Российской Федерации) в 2024 г. сельскохозяйственными товаропроизводителями было приобретено 11071 тракторов (на 20,8 % меньше уровня 2023 г.), 3909 ед. зерноуборочных комбайнов (на 17,4 % меньше 2023 г.), 459 ед. кормоуборочных комбайнов (на 20 % меньше 2023 г.). В 2020 г. этот показатель составлял 13237 тракторов, 5856 зерноуборочных и 719 – кормоуборочных комбайнов [2] (таблица 1).

Таблица 1 – Приобретение техники по всем каналам реализации в 2020-2024 гг.

Наименование показателя	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2024 г. к 2023 г.
Тракторы	13237	15779	12991	13980	11071	0,79
Зерноуборочные комбайны	5856	7036	5385	4735	3309	0,70
Кормоуборочные комбайны	719	701	597	597	459	0,77

Источник: [2]

Снижение объемов приобретения тракторов, зерно- и кормоуборочных комбайнов связано с ростом цен на технику и оборудование сельскохозяйственного машиностроения; снижением инвестиционной активности сельскохозяйственных товаропроизводителей в связи с продолжительным повышением ключевой ставки Центрального банка Российской Федерации; недостатком финансовых средств у сельскохозяйственных товаропроизводителей.

В качестве одной из основных мер государственной поддержки технической модернизации сельского хозяйства, обновления парка техники предусмотрены субсидии из федерального бюджета АО «Росагролизинг» на возмещение недополученных доходов при уплате лизингополучателем лизинговых платежей по договорам финансовой аренды (лизинга), заключенным на льготных (специальных) условиях (далее – федеральный льготный лизинг) [3, 4].

В соответствии с законом «О федеральном бюджете на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов» на финансирование этих субсидий предусмотрены бюджетные ассигнования в размере 11954,3 млн руб. [5]. В 2024 г. на эти цели было выделено 8301,2 млн руб. (при этом запланированная сумма была увеличена на 1 млрд руб.). Кассовое исполнение составило 100 % [6].

Эти средства позволили АО «Росагролизинг» обеспечить в 2024 г. поставку по льготному федеральному лизингу 14238 ед. техники (в том числе 2221 тракторов, 2128 комбайнов, 9889 других видов техники) на сумму 118 572,7 млн рублей (на 25,6 % выше показателя предыдущего года). Субсидия составила 7 % от общей стоимости техники, средняя стоимость одной единицы приобретенной техники – 8,3 млн руб., средний размер субсидии на нее – 583 тыс. руб.

Общее количество поставленной АО «Росагролизинг» техники составило 18785 ед. сельскохозяйственной и автомобильной техники на условиях финансовой аренды (лизинга). Доля льготной поставки составила 75,8 %.

В 2024 г. при плане 8500 ед. было поставлено было 14238 ед. (167,5 %) (таблица 2).

Таблица 2 – Поставка техники АО «Росагролизинг» по федеральному льготному лизингу в 2023-2024 гг.

Наименование показателя	2023 г. (факт)	2024 г. (факт)	2024 г. к 2023 г.
Всего, ед.	7831	14238	1,82
В том числе:			
тракторы	1244	2221	1,79
комбайны	1493	2128	1,43
другие виды техники	4224	9889	2,34

Источник: составлено авторами на основе данных Минсельхоза России

По данным Минсельхоза России основной объем сельскохозяйственной техники поставлен в республики Татарстан, Башкортостан, Саратовскую, Оренбургскую, Самарскую, Ростовскую, Новосибирскую и Тульскую области, Краснодарский и Ставропольский края; реализация техники не осуществлялась в Чукотском автономном округе, Ханты-Мансийском автономном округе – Югре и городе Санкт-Петербург.

За 2019-2024 гг. в ходе реализации мероприятий по Решению освоены субсидии в размере 17902 млн руб. Просубсидировано 6683 ед. поставленных трактора, 7447 ед. комбайнов, общий объем с учетом других видов техники – 34472 ед.

Обновлению парка техники способствуют не только программы федерального льготного лизинга АО «Росагролизинг», но и льготные кредиты АО «Россельхозбанк» и региональные программы.

В 2024 г. доля тракторов, приобретенных по льготному кредиту АО «Россельхозбанк», составила 8,8 %, комбайнов – 12,8 %; по федеральному льготному лизингу составила 20,1 %, комбайнов – 48,7 % (таблица 3).

**Таблица 3 – Приобретение сельскохозяйственной техники
с учетом некоторых видов поддержки в 2024 г.**

Вид техники	По всем каналам	АО «Росагролизинг»		АО «Россельхозбанк»	
		ед.	%	ед.	%
Тракторы	11071	2221	20,1	973	8,8
Комбайны	4368	2128	48,7	557	12,8
Прочая техника	37310	9889	26,5	н.д.	н.д.

Источник: составлено авторами по данным Минсельхоза России

В 2024 г. АО «Россельхозбанк» предоставило заемщикам кредиты на покупку сельскохозяйственной техники на 22,4 млрд руб. (на 14 % меньше уровня 2023 г.), за счет которых сельскохозяйственными товаропроизводителями приобретено 973 трактора (на 12,1 % меньше уровня 2023 г.) и 557 комбайнов (на 23,3 % меньше уровня 2023 г.).

При этом необходимо учитывать, что некоторые сельхозтоваропроизводители брали кредит у АО «Россельхозбанк» на оплату первого взноса по федеральному льготному лизингу. Таким образом эта единица техники могла учитываться в отчетах обеих организаций.

Субсидии на приобретение сельскохозяйственной техники в Китае были запущены в качестве пилотной программы в 2004 г. в 16 провинциях (всего их – 23). К 2009 г. зоны субсидирования были постепенно расширены до всех провинций, финансирование увеличилось с 0,7 млрд юаней (7,8 млрд руб. при курсе 1 юань = 11,18 руб.) в 2004 г. до 21,2 млрд юаней (237 млрд руб.) к 2022 г. (увеличение более чем в 300 раз) [7, 8]. Исследования показали, что субсидии оказывает заметное влияние на увеличение производства зерна, доходов сельхозтоваропроизводителей [9, 10]. Проблема в том, что размеры их земельных площадей – небольшие, что затрудняет приобретение и использование современной высокопроизводительной техники [11]. Отмечается, что объем субсидирования сельскохозяйственной техники в Китае обладает значительным потенциалом роста по сравнению с развитыми странами. Увеличивая финансовую поддержку приобретения, необходимо поощрять развитие рынка сельскохозяйственной техники и совершенствовать механизмы его регулирования, поощрять предприятия-изготовители техники к здоровой конкуренции, что может способствовать снижению издержек и продвижению технологических инноваций [7].

На российском рынке сельскохозяйственной техники отмечается рост цен: за 2023-2025 гг. она подорожала на 40...89 % [12]. Тракторы 5 класса стоят более 10 млн руб. (таблица 4).

Расчет по средним величинам (приобретение парка техники: трактора «Кировец» К-525 по цене 12 млн руб., зерноуборочного комбайна РСМ-101 «Вектор-410» – 10 млн руб., прочей техники – на 8 млн руб., всего – на 30 млн руб., в кредит на 10 лет, под 16 % годовых, сумма кредита – 30 млн руб., проценты – 30,3 млн руб., общая сумма займа 60,3 млн руб. [13], оплата тела кредита – из собственных средств, формируемых из амортизации, процентов по кредиту – из прибыли от производства пшеницы при урожайности 6 т/га, себестоимости 11195 руб./т [14], цены реализации – 12 тыс. руб./т) показывает, что для этого

необходима площадь посева пшеницы – 523 га. То есть часть сельхозтоваропроизводителей (прежде всего КФХ) не сможет обновлять сельскохозяйственную в современных условиях.

Таблица 4 – Цены на сельскохозяйственную технику, 2025 г.

Вид техники, бренд, модель (страна производства)	Диапазон цен, млн руб.
Тракторы:	
«Кировец» К-525 (Россия)	12,1...14,2
«Кировец» К-730М (Россия)	16,4...19,2
RSM 2375 (Россия)	17,6...19,2
различные предприятия и модели (КНР)	от 7...8 до 13...25
John Deere (США)	26...100 и более
Зерноуборочные комбайны:	
PCM-101 «Вектор-410» (Россия)	9,9...10,1
PCM-152 Acros 595 Plus (Россия)	12,4...14,8
PCM-161 (Россия)	25,9...27,0
PCM-181 Torum 785 (Россия)	26,1...28,9
Палессе (Республика Беларусь)	от 12...16 до 18...20 и более
Claas (Германия)	от 11...18 до 45...50 и более
John Deere (США)	от 30...40 до 50...60 и более
Кормоуборочные комбайны:	
PCM-200 «RSM F2650» (Россия)	26,6...30,3
Claas (Германия)	32...37

Источник: составлено авторами по результатам анализа сайтов Минсельхоза России, маркетплейсов и дилеров.

Заключение

Государственная поддержка – ключевой драйвер модернизации АПК. Программы федерального льготного лизинга (АО «Росагролизинг»), субсидирования и кредитования (АО «Россельхозбанк») позволили частично компенсировать сокращение парка сельхозтехники в 2022-2024 гг. Доля льготной поставки составила 75,8 %.

Рост цен и финансовая неустойчивость сдерживают обновление техники. Удорожание отечественной техники, высокая ключевая ставка ЦБ РФ и ограниченная платежеспособность сельхозпроизводителей снизили объемы закупок тракторов и комбайнов. В 2024 г. доля тракторов, приобретенных по льготному кредиту АО «Россельхозбанк», составила 8,8 %, комбайнов – 12,8 %; по федеральному льготному лизингу составила 20,1 %, комбайнов – 48,7 %. На субсидии федерального льготного лизинга в 2025 г. было запланировано 12 млрд руб. В 2024 г. общий объем кредитов АО «Россельхозбанк» сократился на 14 % (с 26 млрд руб. до 22,4 млрд руб.).

По расчетам обновлять парк техники зернопроизводящие сельхозорганизации могут при площадях посева более 1 тыс. га.

В Китае также применяется субсидирование приобретения сельскохозяйственной техники увеличившись с 0,7 млрд юаней (7,8 млрд руб.) в 2004 г. до 21,2 млрд юаней (237 млрд руб.) в 2022 г. (увеличение более чем в 300 раз).

Из-за роста цен на технику часть сельхозтоваропроизводителей (прежде всего КФХ) не могут осуществлять воспроизводство техники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Государственная поддержка технической модернизации АПК / А. В. Горячева, В. Н. Кузьмин, И. Г. Голубев, П. И. Бурак // Экономика сельского хозяйства России. – 2025. – № 9. – С. 2-8.
2. Бурак, П. И. Динамика обновления парка основных видов сельскохозяйственной техники / П. И. Бурак, И. Г. Голубев // Техника и оборудование для села. – 2025. – № 5. – С. 11-13. – DOI 10.33267/2072-9642-2025-5-11-13.
3. Решение о порядке предоставления субсидии АО «Росагролизинг» на возмещение недополученных доходов при уплате лизингополучателем лизинговых платежей по договорам финансовой аренды (лизинга), заключенным на льготных (специальных) условиях, от 25.09.2024 № 22-67656-00052-Р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/411413027> (дата обращения: 20.01.2026).
4. Постановление Правительства России от 31.08.2019 № 1135 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета акционерному обществу «Росагролизинг», г. Москва, на возмещение недополученных доходов при уплате лизингополучателем лизинговых платежей по договорам финансовой аренды (лизинга), заключенным на льготных (специальных) условиях». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/docs/all/123561> (дата обращения: 20.01.2026).
5. Федеральный закон 30.11.2024 № 419-ФЗ «О федеральном бюджете на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов», приложения 12, 17 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_491969/ (дата обращения: 20.01.2026).
6. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 03.05.2024 № 1089-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202405060018> (дата обращения: 20.01.2026).
7. Impact of agricultural machinery purchase subsidies on the sustainable and intensive utilization of cultivated land: A perspective on agricultural machinery socialization services / Y. Zhou [et al.] // Journal of Rural Studies. – 2025. – No. 119. – Pp. 103798. – DOI 10.1016/j.jrurstud.2025.103798.
8. Гольяпин, В. Я. Анализ топливной экономичности и углеродного следа тракторов зарубежного производства / В. Я. Гольяпин, И. Г. Голубев, Н. Н. Пуляев // Чтения академика В. Н. Болтинского : сборник статей, Москва, 22-23 января 2025 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2025. – С. 93-98.
9. Exploring the role of agricultural subsidy policies for sustainable agriculture based on Chinese agricultural big data / J. Bai [et al.]. // Sustainable Energy Technologies and Assessments. – 2022. – No. 53. – Pp. 102473. – DOI 10.1016/j.seta.2022.102473.
10. Будущее тракторостроения в России / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы :

Сборник статей 26-ой Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 12-13 мая 2022 года. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 15-21.

11. Otsuka, K. Food insecurity, income inequality, and the changing comparative advantage in world agriculture / K. Otsuka // Presidential address at the 27th international conference of agricultural economists. – 2012. – Foz do Iguaçu, Brazil.

12. Цены на технику подскочили: Ростсельмаш теряет спрос [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agronews.com/ru/ru/news/breaking-news/2025-11-19/71148> (дата обращения 20.01.2026).

13. Кредитный калькулятор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.banki.ru/services/calculators/credits/?amount=30000000&periodNotation=10y&rate=16> (дата обращения 20.01.2026).

14. Затраты на 1 га пшеницы и кукурузы в 2023 г. в Черноземье [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://direct.farm/post/zatraty-na-1-ga-pshenitsy-i-kukuruzy-v-2023g-v-chnozemye-20711> (дата обращения 20.01.2026).

Об авторах:

Кузьмин Валерий Николаевич, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (141261, Российская Федерация, Московская область, г.о. Пушкинский, р.п. Правдинский, ул. Лесная, д. 60), доктор экономических наук, kwn2004@mail.ru, kuzmin@rosinformagrotech.ru.

Королькова Антонина Павловна, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (141261, Российская Федерация, Московская область, г.о. Пушкинский, р.п. Правдинский, ул. Лесная, д. 60), кандидат экономических наук.

Горячева Анастасия Витальевна, научный сотрудник, и.о. заведующего отделом, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (141261, Российская Федерация, Московская область, г.о. Пушкинский, р.п. Правдинский, ул. Лесная, д. 60).

About the authors:

Valery N. Kuzmin, Chief Researcher, Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support for the Agro-Industrial Complex (141261, Russian Federation, Moscow Region, Pushkinsky District, Pravdinsky District, Lesnaya str., 60), Doctor of Economic Sciences, kwn2004@mail.ru, kuzmin@rosinformagrotech.ru.

Antonina P. Korolkova, Leading Researcher, Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support for the Agro-Industrial Complex (141261, Russian Federation, Moscow Region,

Pushkinsky District, Pravdinsky District, Lesnaya str., 60), Candidate of Economic Sciences.

Anastasia V. Goryacheva, Researcher, Acting Head of Department, Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support for the Agro-Industrial Complex (141261, Russian Federation, Moscow Region, Pushkinsky District, Pravdinsky District, Lesnaya str., 60).

АДАПТАЦИЯ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСА ИМДЦ-2 ДЛЯ ДИЗЕЛЯ Д-144

Ал-Жавхар Али Еззат Махди¹, В. В. Егоров²

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

²ООО «Тоталзед», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье приведён краткий обзор методов диагностики ДВС по динамическим показателям и рассмотрен авторский комплекс ИМДЦ-2, служащий для их реализации. Показана успешная адаптация комплекса под дизель Д-144: спроектированный адаптер выдержал все режимы эксплуатации в ходе эксперимента по измерению состава выхлопных газов на различных режимах холостого хода.

Ключевые слова: дизельный двигатель, техническая диагностика, динамические показатели.

ADAPTATION AND EXPERIENCE OF USING IMDC-2 DEVICE FOR D-144 DIESEL ENGINE

Al-Jawhar Ali Ezzat Mahdi^a, V. V. Egorov^b

^aRussian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

^bTotalzed LLC, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article features a short review of internal combustion engines diagnostics by their dynamic metrics, especially IMDC-2 device designed by the authors. An adaptation of this device for D-144 diesel engine is shown as successful: the designed adapter had endured all possible working conditions through an experiment to measure exhaust gases contents within different idle settings.

Keywords: diesel engine, technical diagnostics, dynamic meters.

Введение

Авторами настоящей работы ведутся исследования в области диагностирования тракторных дизелей, в частности, по показателям их динамики и состава отработавших газов. Группа динамических методов диагностирования ДВС основана на замере частоты вращения с привязкой к оси времени на различных режимах работы двигателя. Среди показателей, напрямую измеряемых в рамках данных методов, можно выделить следующие: стабильность частоты вращения вала на различных режимах холостого хода, ускорение свободного (без нагрузки) разгона при полной подаче топлива, замедление при выбеге без подачи топлива, высокочастотные вариации частоты вращения вала.

Обзор

Рассмотрим каждый из перечисленных показателей. Стабильность частоты n_d вращения вала двигателя под нагрузкой и, в особенности, на холостом ходу позволяет судить о состоянии регулятора: увеличение амплитуды колебаний n_d , как и незатухающие колебания, свидетельствуют о неудовлетворительной работе регулятора.

Также для определения состояния регулятора может быть использовано угловое ускорение ε свободного разгона вала двигателя, что отражено в работе [1]. Однако более важно, что ε имеет линейную зависимость от мощности, и таким образом может быть использовано для косвенного измерения мощностных показателей двигателя. Данный принцип использован в приборе ИМД-Ц (конец 1970-х годов), который позволяет определять также и некоторые другие показатели (подробно описанные в учебном пособии [5]), в том числе замедление двигателя без подачи топлива.

Данный показатель позволяет, как отражено в работе [3], определить потери на трение в узлах двигателя, и тем самым оценить состояние основных сопряжений механической системы.

При наличии точного оборудования характеристика частоты вращения вала от времени может быть записана с высокой частотой дискретизации. Например, созданный авторами работы [4] комплекс позволяет выявлять пропуски зажигания бензиновых двигателей, основываясь исключительно на неравномерности частоты вращения вала.

Аппаратное и программное обеспечение

Рассматриваемый комплекс ИМДЦ-2 (применение для тракторов описано в работе [2]) является идейным продолжением сути оригинального ИМД-Ц, но основан на современных цифровых технологиях, а именно – низкобюджетном микроконтроллере Arduino Nano 368, подключаемом к компьютеру с программой-интерпретатором, интерфейс которой показан на рисунке 1.

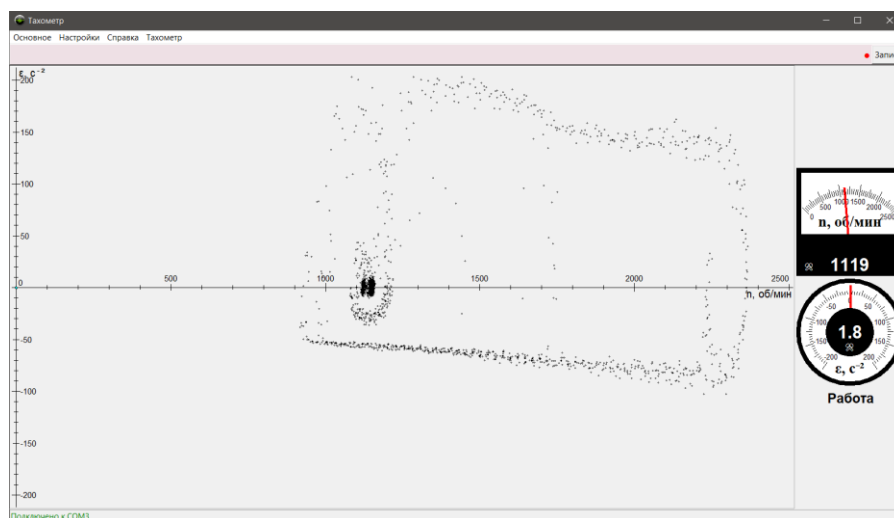


Рисунок 1 – Интерфейс программной части ИМДЦ-2

Чувствительным элементом комплекса является датчик Холла (рисунок 2),

реагирующий на магнит отметчика. Датчик закрепляется на раме трактора при помощи магнитного крепления 3. Сигнал от датчика расшифровывается аналого-цифровым преобразователем 1, передающим данные на компьютер через разъём 4.

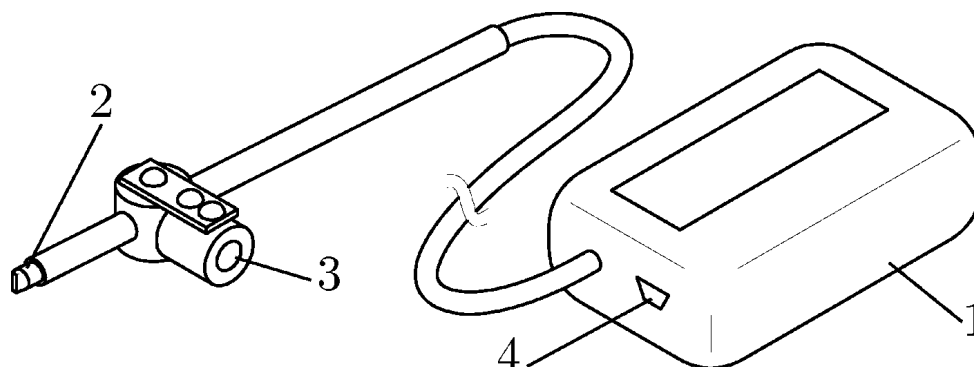


Рисунок 2 – аппаратная часть ИМДЦ-2:
1 – АЦП, 2 – датчик Холла, 3 – крепление, 4 – разъем

Экспериментальная часть

Главным вопросом, возникающим при адаптации ИМДЦ-2 для различных двигателей, является место крепления магнита-отметчика. Если на дизеле Д-240 отметчик вмонтирован в диск с шестигранным вырезом, надеваемый на шкив коленчатого вала, то для Д-144 подобная конструкция неприменима, поэтому было спроектировано и изготовлено при помощи FDM 3D-печати составное устройство крепления магнита, фиксирующегося в отверстиях шкива дизеля (рисунок 3).

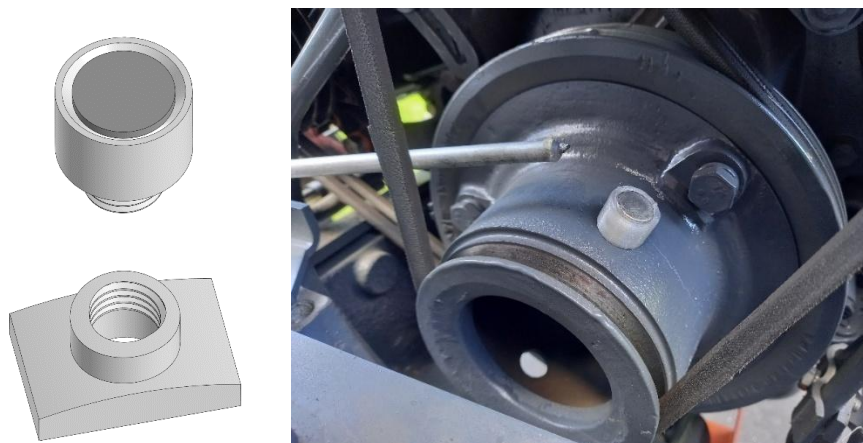


Рисунок 3 – Разработанное крепление для дизеля Д-144

Работа дизеля на высоких и переменных оборотах не повлияла на прочность крепления магнита цианакрилатным клеем, и опытная эксплуатация в течение 3 ч (тогда как типовой замер мощности комплексом ИМДЦ-2 составляет не более 10 минут) показала, что адаптер для Д-144 выполнен на качественном уровне, отвечает требованиям надёжности и безопасности.

В ходе опытной эксплуатации комплекс ИМДЦ-2 применялся как более точная замена бортовому тахометру для экспериментов по измерению состава отработавших газов, что позволило повысить общую точность измерений.

Заключение

Спроектированный адаптер для дизеля Д-144 показал требуемую прочность и выдержал опытную эксплуатацию в ходе эксперимента по измерению содержания отработавших газов на различных режимах холостого хода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Идентификация параметров разгонной характеристики двигателя внутреннего сгорания / У. Х. Джалолов, Н. И. Юнусов, У. А. Турсунбадалов [и др.] // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2020. – № 35. – С. 43–56. – DOI: 10.15593/2224-9397/2020.3.03.

2. Егоров, В. В. Цифровой комплекс для диагностики ДВС по динамическим показателям и его модернизация / В. В. Егоров // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135-летию со дня рождения А. Н. Костякова : сборник статей (Москва, 06-08 июня 2022 года). Т. 2. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2022. – С. 622-626.

3. Обзор различных методов исследования потерь на трение в двигателях внутреннего сгорания / Г. А. Нестеренко, Е. А. Лысенко, И. С. Нестеренко [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 1 1(115). – С. 52–54. – DOI: 10.23670/IRJ.2022.115.1.009.

4. Плаксина, Е. Т. Применение прецизионных хронометрических технологий для мониторинга отклонений в работе двигателей внутреннего сгорания / Е. Т. Плаксина, А. Б. Сырицкий, А. С. Комшин // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2021. – № 11(119). – DOI: 10.18698/2308-6033-2021-11-2126.

5. Техническая диагностика тракторов / В. А. Чечет, В. В. Егоров, Н. А. Майстренко [и др.]. – М. : Редакция журнала «Механизация и электрификация сельского хозяйства», 2018. – 100 с.

Об авторах:

Ал-Жавхар Али Еззат Махди, аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), ezata01@gmail.com.

Егоров Вячеслав Владимирович, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, vacmsk@gmail.com.

About the authors:

Ali Ezzat Mahdi Al-Jawhar, Postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), ezata01@gmail.com.

Vyacheslav V. Egorov, Senior Lecturer, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, vacmsk@gmail.com.

ВОДОРОДНОЕ ТОПЛИВО ДЛЯ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ

Ф. М. Амархил, Н. В. Перевозчикова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Одной из весомых статей расходов в горной отрасли являются энергозатраты, необходимые для добычи и переработки минеральных ресурсов. В качестве способов расширения энергетических ресурсов и снижения негативного воздействия на окружающую среду становится актуальным применение альтернативных видов топлива, таких как водород. Актуальность применения водорода, в качестве источника энергии, становится привлекательной с точки зрения экологии и экономики.

Ключевые слова: экология, альтернативное топливо, горные работы, карьерный самосвал, водород, топливные элементы, отработавшие газы.

HYDROGEN FUEL FOR MINING DUMP TRUCKS

F. M. Amarhil, N. V. Perevozchikova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. One of the significant cost items in the mining industry is the energy consumption required for the extraction and processing of mineral resources. As a means of expanding energy resources and reducing negative environmental impact, the use of alternative fuels, such as hydrogen, is becoming increasingly relevant. The application of hydrogen as an energy source is gaining appeal from both ecological and economic perspectives.

Keywords: ecology, alternative fuels, mining, dump truck, hydrogen, fuel cells, exhaust gases.

Горнодобывающая отрасль считается одной из самых энергоемких в производственном секторе. Рост потребности в полезных ископаемых, наряду с уменьшением их концентрации в исходной руде, приводит к увеличению энергетических затрат горнодобывающей промышленности, которые в настоящее время составляют до 6,2 % от общего мирового потребления энергии [2, 7, 8]. Эта потребность удовлетворяется преимущественно за счет электроэнергии и дизельного топлива.

Большая часть горных машин и оборудования, таких как экскаваторы, буровые установки и карьерные самосвалы, используют дизельное топливо в своей работе. Однако, всем известно, что дизельный двигатель имеет ряд серьезных

недостатков, включая высокую дымность и загрязнение воздуха на рабочих площадках, особенно на больших глубинах. На данный момент во всем мире используется около 28 000 карьерных самосвалов, которые ежегодно выбрасывают 68 миллионов тонн углекислого газа [3]. Увеличение глубины карьеров также приводит к удлинению маршрутов и времени движения самосвалов, что приводит к росту потребления энергии и вредным выбросам в атмосферу.

Надо заметить, что условия естественной вентиляции становятся хуже по мере углубления карьера, что приводит к накоплению отработанных газов (ОГ) в зоне работы. Загрязненный воздух, попадая в двигатель, не обеспечивает полное сгорание топлива, что вызывает его повышенный расход и усугубляет экологическую ситуацию на месте. В ОГ дизельных двигателей содержатся различные вещества, многие из которых являются токсичными, что представляет опасность для здоровья человека и отрицательно сказывается на производительности труда из-за длительности проветривания карьеров [5].

Для снижения отрицательного техногенного воздействия на природу, предлагается применять альтернативные виды топлива, которые производятся из сырья, не связанного с нефтью [1].

К основным видам альтернативного топлива относятся: сжиженные углеводородные газы (СУГ, ДСТУ 4047-2001); сжиженный и компримированный природный газ (СПГ и КПГ, ДСТУ 4047-2001); синтетическое топливо, получаемое из природного газа или угля; метанол, диметиловый эфир (ДМЭ), синтетические жидкие углеводороды (СЖУ, ДСТУ 4058-2001); этанол; водород (ДСТУ 2655-94).

Теплотворная способность различных видов топлива (таблица 1).

Таблица 1 – Теплотворная способность различных видов топлива

Топливо	МДж/л	МДж/кг	Топливо	МДж/л	МДж/кг
Дизельное топливо	36,6	42,6	метан	19,5	50,1
Бутанол	36,0	29,1	этанол	16,7	21,2
Керосин	34,3	44,0	метанол	15,7	19,9
Бензин	34,1	45,5	водород	8,5	120,9
Пропан	23,3	47,5	уголь	-	29,3

Главным преимуществом альтернативных видов топлива является снижение уровня токсичных веществ в ОГ по сравнению с традиционными нефтяными продуктами, такими как дизельное топливо или бензин (таблица 2) [1, 5]. Среди них водород считается наиболее экологически чистым вариантом, так как при его сгорании образуется только водяной пар [2, 3, 9].

Существует несколько разновидностей водорода, которые отличаются цветом и способом получения. «Серый» водород получают из углеводородов методом парогазовой конверсии. Образующийся при этом углекислый газ выбрасывается в атмосферу. «Голубой» водород, получается тем же способом, но углекислый газ перерабатывается и не выбрасывается в атмосферу. «Оранжевый» водород получается электролизом за счет электроэнергии, вырабатываемой АЭС. «Бирюзовый» водород можно получить методом пиролиза [2, 4].

**Таблица 2 – Загрязняющие вещества отработавших газов
двигателя внутреннего сгорания**

Вид топлива	Загрязняющие вещества, %					
	СО	СnНm	NOx	Сажа	Бенз(а)пирен	СО ₂
Бензин	100	100	100	100	100	100
Дизельное топливо	10	10	50...65	100	50	70
СУГ	15	60	40...50	3	8	0,6
КПГ	8	7	30...38	1	6	1,0
СПГ	8...10	10...12	18...25	1	2...6	

Для промышленного получения водорода разработано большое количество способов, однако практически оправдали себя лишь некоторые из них. К основным способам можно отнести химический, электрохимический и физический [1, 2].

Химическими методами водород получают:

1. из водяного пара восстановлением его железом (железо – паровой способ) или углеродом (газификация кокса, каменных и бурых углей, а также других видов твердого топлива) [1];
2. из жидких углеводородов термическим разложением или неполным окислением (газификацией) с применением в качестве окислителей воды и кислорода [1, 4];
3. из газообразных углеводородов термическим разложением или конверсией с окислителями (вода, кислород, диоксид углерода) [1, 3].

При получении водорода из углеводородов с применением в качестве окислителя водяного пара, последний является дополнительным источником выделения водорода.

Все химические способы получения водорода состоят обычно из двух ступеней: на первой образуется водяной газ (смесь водорода и оксида углерода), который во второй подвергается конверсии [1].

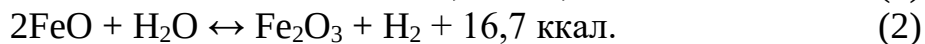
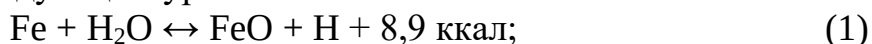
Для получения водорода термическим разложением газообразных углеводородов или конверсией их с водяным паром, углекислотой или кислородом используются природный или попутный газы, газы нефтепереработки и гидрирования. При неполном окислении жидких углеводородов в качестве сырья применяются преимущественно нефтяные остатки [1, 4].

Электрохимический способ производства водорода заключается в разложении воды (водных растворов электролитов) с помощью электрического тока [2, 6].

При физических методах получения происходит выделение водорода из газовых смесей (коксый газ, отходящие побочные газы установок каталитического риформинга, метан – водородные фракции) ступенчатым охлаждением до низких температур, когда происходит сжижение компонентов газовой смеси (кроме водорода) [2].

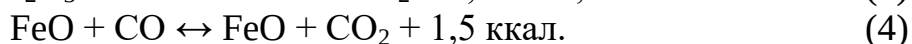
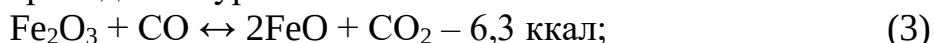
Восстановление водяного пара, конверсия газообразных углеводородов, газификация твердых и жидких топлив

Железо-паровой способ получения водорода заключается в окислении железа водяным паром по следующим уравнениям:



Продуктами реакции этого обратимого процесса, кроме водорода, являются закись и магнитная окись железа, которые для повторного окисления должны быть восстановлены. В качестве восстановителей применяются газообразные вещества, чаще всего водяной газ, в котором суммарная концентрация восстановителей ($\text{H}_2 + \text{CO}$) достигает 90 %; реже применяются генераторный и доменный газы [1].

Восстановление проходит по уравнениям:



Термическое разложение углеводородов

При нагревании до высоких температур в отсутствие окислителей углеводороды подвергаются термическому разложению, причем молекулы последних претерпевают структурные изменения [1, 4].

В зависимости от числа углеродных атомов в углеводороде, который подвергается нагреванию, от температуры и продолжительности нагрева, а также от катализатора конечными продуктами термического разложения углеводородных газов могут быть различные вещества, в основном это углерод (сажа), водород, метан, этан, этилен, пропилен, ацетилен, полициклические углеводороды и смолы.

Реакция разложения метана:



Преимущество изложенного крекинг-процесса в том, что при различных способах применения водород можно не очищать или очищать незначительно.

Электрохимический способ

Существуют два перспективных для промышленного использования способа получения водорода из воды: прямой электролиз воды и разложение воды термохимически [2, 6].

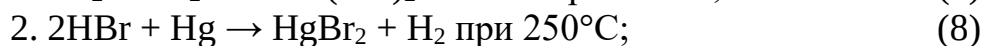
В процессе электролитического разложения получается водород высокой чистоты, загрязненный только кислородом (0,2...0,5%). Электролиз воды протекает по суммарному уравнению:

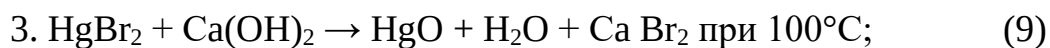


Термохимические способы

В отличие от электролиза при термохимических способах тепло источника энергии используется непосредственно для расщепления воды на ее газообразные компоненты. Вода разлагается по реакции $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ [2].

В настоящее время имеется около 30 сложных термохимических циклов, которые квалифицируются по числу ступеней. Наиболее известны термохимические циклы, предложенные фирмой «Евратом» (например, «Марк»), которые протекают по трем или четырем ступеням «Марк 1-1»:





Практическое применение этих схем затруднительно по следующим причинам: отсутствие материалов для химического оборудования, большой расход химикатов, нерешенность вопросов коррозии аппаратуры, незначительный выход продуктов реакции на некоторых ступенях, методические трудности и большие капитальные затраты на создание промышленной установки.

На борту АТС с целью получения водорода можно применять электролиз и термохимический цикл разложения воды, а для этого можно применять электролизеры и термохимические реакторы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Марков, В. А. Сравнительный анализ альтернативных моторных топлив для дизелей / В. А. Марков, Е. В. Бебенин, С. П. Гладышев // Известия вузов. Машиностроение. – 2014. – № 5. – С. 43-48.
2. Будущее водорода. Использование возможностей сегодняшнего дня : отчёт подготовлен МЭА для саммита G20 в Осаке, Япония // Транспорт на альтернативном топливе. – 2019. – № 5(71). – С. 12-31.
3. Life cycle greenhouse gas analysis of multiple vehicle fuel pathways in China / T. Peng, S. Zhou, Z. Yuan, X. Ou // Sustainability. – 2017. – Vol. 9. – P. 2183.
4. Патент № 2844224 С1 Российская Федерация, МПК F02B 63/04, F02B 75/28, F02B 75/32. Двигатель-генератор : заявл. 19.12.2024 : опубл. 28.07.2025 / О. Н. Дидманидзе, Д. В. Анашин, О. П. Андреев [и др.] ; заявитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».
5. Шабалов, Д. Р. Влияние газового топлива двигателей сгорания на экологию / Д. Р. Шабалов, Н. В. Перевозчикова // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 160-летию Тимирязевской академии : сборник статей (Москва, 02-04 июня 2025 года). – М. : Российский государственный аграрный университет, 2025. – С. 356-359.
6. Перевозчикова, Н. В. Обзор конструкции электромотор-колёс для транспортных средств / Н. В. Перевозчикова, Е. А. Петухов, А. В. Катаев // Чтения академика В. Н. Болтинского : сборник статей научно-практической конференции, посвящённый 90-летию Шарова Николая Михайловича (Москва, 23-24 октября 2024 года). – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2024. – С. 300-305.
7. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
8. Коваленко, В. П. Методы хранения водорода в условиях агропромышленного комплекса / В. П. Коваленко, Н. Н. Пуляев, А. В. Тодорив // Международный технико-экономический журнал. – 2014. – № 6. – С. 103-107.

9. Дидманидзе, О. Н. Трактор с комбинированной энергоустановкой / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, В. С. Иволгин // Сельский механизатор. – 2008. – № 11. – С. 6-7.

Об авторах:

Амархил Фаиз Мохаммад, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), faizmohammadamarkhil@mail.ru.

Перевозчикова Наталия Васильевна, доцент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, n.perevozchikova@rgau-msha.ru.

About the authors:

Faiz M. Amarkhil, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), faizmohammadamarkhil@mail.ru.

Nataliia V. Perevozchikova, Associate Professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, n.perevozchikova@rgau-msha.ru.

ФЕНОМЕН НЕКАЧЕСТВЕННОГО ВОССТАНОВЛЕННОГО МОТОРНОГО МАСЛА: ТЕХНОЛОГИИ ФАЛЬСИФИКАЦИИ, МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ И ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ

А. А. Андреев, А. С. Апатенко

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается проблема оборота некачественного восстановленного нефтяного масла, представляющего собой многомиллиардный теневой рынок. Детально анализируются распространенные кустарные технологии восстановления отработанных масел: примитивная фильтрация, разбавление и химическая «промывка». Для каждой технологии описаны характерные физико-химические изменения, приводящие к деградации ключевых эксплуатационных свойств продукта. Представлена система лабораторных методов для однозначного выявления фальсификата по восьми ключевым параметрам, а также косвенные экспресс-тесты для первичной оценки.

Ключевые слова: восстановленное моторное масло, фальсификация, кустарное восстановление, методы выявления, деградация масла, износ двигателя, теневая экономика.

THE PHENOMENON OF LOW-QUALITY REPLACED MOTOR OIL: FRAUDULENT TECHNOLOGIES, DETECTION METHODS, AND CONSEQUENCES FOR THE ENGINE

A. A. Andreev, A. S. Apatenko

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article examines the problem of circulation of low-quality re-refined petroleum oil, which represents a multi-billion dollar shadow market. It provides a detailed analysis of widespread artisanal re-refining technologies for waste oils: primitive filtration, dilution, and chemical "flushing." For each technology, the characteristic physicochemical changes leading to the degradation of key operational properties of the product are described. A system of laboratory methods is presented for the unambiguous identification of counterfeit products based on eight key parameters, as well as indirect rapid tests for preliminary evaluation.

Keywords: re-refined engine oil, adulteration, artisanal re-refining, detection methods, oil degradation, engine wear, shadow economy.

Рынок некачественного восстановленного моторного масла – это теневая индустрия с оборотом в миллиарды рублей. По оценкам экспертов, до 15...20 % масел в бюджетном сегменте могут быть фальсифицированными или некачественно восстановленными [2, 3, 13].

Рассмотрим технологии «кустарного» восстановления и их физико-химические последствия:

1. Примитивная фильтрация без глубокой очистки

Процесс: Отработанное масло пропускают через тканевые или бумажные фильтры, иногда с добавлением отбеливающих глин [1, 4].

Изменения свойств:

- Вязкость: может искусственно повышаться за счет не удаленных полимеризованных фракций.

- Механические примеси: Крупные частицы (> 25 мкм) удаляются, но коллоидные взвеси (сажа $0,01...1$ мкм) остаются. Анализ спектрометрией на износ показывает аномально высокое содержание железа, кремния, алюминия даже в «новом» масле [3, 4].

- Кислотное число (TAN): остается высоким ($4...8$ мг KOH/г), так как кислоты не нейтрализуются [3, 6].

- Температура вспышки: часто критически низкая ($160...180^{\circ}\text{C}$) из-за остатков топлива [3, 5].

2. Разбавление и «оживление» отработки

Процесс: к отработанному маслу добавляют 20...40 % свежего минерального масла низкого качества и усиленную дозу присадок [3, 7].

Физико-химические маркеры:

- Аномалии в инфракрасной спектроскопии (FT-IR): на спектрограмме видны «провалы» в областях $1700...1750\text{ см}^{-1}$ (карбонильные группы продуктов окисления) и $3600...3200\text{ см}^{-1}$ (гидроксильные группы), но они маскируются свежими присадками.

- Конфликт присадок: Пакет присадок свежего масла вступает в реакцию с остатками старых, отработанных присадок, образуя нерастворимые комплексы. Это приводит к неожиданному выпадению осадка при хранении [2, 6].

3. Химическая «промывка» агрессивными растворителями

Процесс: Использование дешевых органических растворителей (например, на основе ароматических углеводородов) для растворения смол и лаков [3, 4].

Критические последствия:

- Разрушение базового масла: Растворители неселективно расщепляют не только загрязнения, но и полезные нафтеновые и парафиновые цепи, снижая индекс вязкости и термоокислительную стабильность [11].

- Остаточная химическая активность: Растворители могут оставаться в масле и вступать в реакцию с материалами двигателя (уплотнениями, прокладками), вызывая их разбухание или растрескивание [8].

- Резкий, нетипичный запах – первый субъективный признак.

Методы лабораторного выявления некачественного восстановления

1. Комплексный анализ по 8 ключевым параметрам

Таблица 1 – Ключевые параметры комплексного анализа

Параметр	Метод анализа	Признак некачественного восстановления
Угар и испаряемость (NOACK)	ASTM D5800	Потери больше 18...20 % (выше нормы для данного класса). Указывает на легкие фракции и остатки топлива.
УФ-спектроскопия	Анализ в области 260...400 нм	Высокий фон поглощения. Указывает на наличие полициклических ароматических углеводородов (продукты глубокого окисления и крекинга).
Хроматографический анализ (ГЖХ)	Газожидкостная хроматография	«Смазанные» пики, наличие «хвостов» у фракций. Доказывает неоднородность углеводородного состава и наличие продуктов деструкции.
Определение нитрования	FT-IR (область 1630 см ⁻¹)	Наличие нитратных соединений – верный признак, что масло работало в двигателе, где происходили процессы горения с участием азота воздуха.
Тест на стабильность (ПАН-тест)	ASTM D4742	Быстрый рост вязкости или выпадение осадка при нагреве в присутствии катализатора (прово-локи).
Анализ зольности по сульфатам	ASTM D874	Несоответствие заявленному (обычно > 1,5 % для таких масел). Указывает на «переприсаживание» или остатки старых металлосодержащих присадок.
Криоскопия (точка застывания)	ASTM D97	Аномально высокая точка застывания при формально нормальной вязкости. Свидетельство о плохо удаленных парафинах.
Анализ на хлор и серу	Рентгено-флуоресцентный анализ	Повышенное содержание хлора (показатель использования хлорсодержащих растворителей при очистке).

2. «Полевые» экспресс-методы (косвенные признаки) [2, 3, 11]

- Тест на бумажной салфетке: Капля масла должна равномерно растекаться, образуя концентрические круги без резкой границы между центральной зоной (базовое масло) и периферией (присадки). Наличие темного непрозрачного ядра с резкой границей – признак переизбытка загущающих присадок или наличия коллоидных загрязнений.

- Тест на морозостойкость: поместить образец в морозилку (-20°C) на 12 часов. Качественное масло (даже минеральное) должно сохранить текучесть. Появление хлопьев, резкое загустение до состояния геля – признак плохой очистки от парафинов и воды.

- Тест на расслаивание: нагреть масло до 100°C в прозрачной емкости, затем дать остыть. Расслоение, появление мути или осадка – критический дефект.

Последствия для двигателя: от скрытого износа до катастрофических отказов

Фаза 1: Скрытая деградация (первые 1...2 тыс. км) [5, 11]

- Образование низкотемпературных отложений (шлама): нестабильное масло окисляется, образуя шлам, который забивает маслоприемник и масляные каналы. Давление масла падает.

- Коррозия вкладышей и подшипников: высокое остаточное TAN + присутствие воды → кислотная коррозия тонких баббитовых слоев.

- Закоксовывание маслоъемных колец: нерастворимые отложения лишают кольца подвижности → расход масла на угар растет лавинообразно.

Фаза 2: Прогрессирующий износ (3...5 тыс. км) [5, 11, 12]

- Абразивный износ цилиндропоршневой группы: оставшиеся механические примеси (кремний от пыли, продукты износа) работают как абразивная паста.

- Деградация гидрокомпенсаторов и фазовращателей: мелкие каналы забиваются, механизмы заклинивают.

- Разрушение каталитического нейтрализатора: повышенная зольность и несгоревшие элементы масла попадают в катализатор, буквально «цементируя» его соты.

Фаза 3: Катастрофический отказ [5, 11]

- Масляное голодание и проворот вкладышей коленвала: полное забивание маслоприемника шламом.

- Разрушение турбокомпрессора: подшипник турбины, работающий при 150...200 тыс. об/мин, наиболее чувствителен к качеству масла. Отложения и недостаточная смазка приводят к заклиниванию вала.

- Прогар поршней из-за нарушения теплоотвода: толстый слой нагара на поршне ухудшает отвод тепла, металл перегревается и прогорает.

Заключение

Главный парадокс: некачественное восстановленное масло может иметь формально «правильные» показатели по вязкости и TBN на момент залива. Его убийственное свойство – нестабильность во времени – проявляется уже внутри двигателя.

Некачественное восстановленное масло – это не просто «менее эффективный» продукт. Это техногенная мина замедленного действия, которая использует ресурс двигателя в качестве полигона для своей окончательной деградации. Борьба с ним требует не только технической грамотности, но и системных мер на уровне отрасли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коваленко, В. П. Удаление загрязнений из нефтепродуктов самоочищающимся фильтром / В. П. Коваленко, Е. А. Улюкина, С. С. Гусев // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2013. – № 3(59). – С. 35-37.

2. Гусев, С. С. Восстановление качества отработанных нефтяных масел с помощью ПГС-полимеров на сельскохозяйственных предприятиях : специальность 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гусев Сергей Сергеевич. – Москва, 2006. – 19 с.

3. Гусев, С. С. Физико-химическая очистка отработанных минеральных

масел с помощью полимерных материалов / С. С. Гусев // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2006. – № 6. – С. 4.

4. Очистка нефтяных масел от механических загрязнений / А. А. Андреев, А. С. Апатенко, С. С. Гусев // Естественные и технические науки. – 2021. – № 7(158). – С. 243-251.

5. Разработка технологического процесса ремонта коленчатого вала двигателя ЗМЗ-511 / С. К. Тойгамбаев, М. А. Карапетян, С. С. Гусев // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К. И. Скрябина. – 2023. – № 3(66). – С. 91-97.

6. Ресурсосбережение в АПК при эксплуатации автотракторной техники / А. А. Андреев, А. С. Апатенко, С. С. Гусев // В сборнике: Чтения академика В. Н. Болтинского. – 2022. – С. 157–163.

7. Руководство по диагностике, ТО и ремонту комбинированной энергоустановки гибридного автомобиля Toyota Prius NHW20/0 / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, Д. Г. Асадов [и др.]. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2006. – 357 с.

8. Дидманидзе, О. Н. Использование суперконденсаторов в комбинированных энергоустановках тягово-транспортных средств / О. Н. Дидманидзе. – М. : ООО «Триада», 2004. – 160 с.

9. Дидманидзе, О. Н. Исследования показателей тепловыделения газовых двигателей / О. Н. Дидманидзе, А. С. Афанасьев, Р. Т. Хакимов // Записки Горного института. – 2018. – Т. 229. – С. 50-55. – DOI 10.25515/PMI.2018.1.50.

10. Определение состава подразделений мастерской для хозяйства Костанайской области / С. К. Тойгамбаев, А. С. Апатенко // Естественные и технические науки. – 2020. – № 8(146). – С. 207-212.

11. Тойгамбаев, С. К. Анализ износа деталей транспортных и технологических машин : Методическое пособие / С. К. Тойгамбаев, А. С. Апатенко. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2020. – 37 с. – ISBN 978-5-6043722-5-8.

12. Евграфов, В. А. Оптимизация обеспеченности агрегатов мелиоративных технологических комплексов в ремонтно-технических воздействиях / В. А. Евграфов, А. С. Апатенко // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 8. – С. 41-44.

13. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.

Об авторах:

Андреев Александр Александрович, аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), ato215@yandex.ru.

Апатенко Алексей Сергеевич, заведующий кафедрой технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграр-

ный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор, a.apatenko@rgau-msha.ru.

About the authors:

Alexander A. Andreev, Postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), ato215@yandex.ru.

Alexey S. Apatenko, Head of Department of Mechanical Engineering and Power Engineering, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, Professor, a.apatenko@rgau-msha.ru.

СИСТЕМА ПЕРЕВОЗКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ В РОССИИ, ИЗМЕНЕНИЯ В 2024-2025 ГОДАХ

О. П. Андреев, В. Л. Пильщиков

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются изменения правил перевозки опасных грузов различными видами транспорта с учетом условий сохранности материала, транспортных средств, защиты окружающей среды. Акцентируется внимание на обновлении государственной нормативной базы, регулирующей перевозку опасных грузов, которое затронет транспортные компании, водителей, грузоотправителей и грузополучателей. Выполнение новых требований снизит аварийность на маршруте и усилит контроль транспортировки на всех этапах движения.

Ключевые слова: опасные грузы, цифровые формы, транспортные средства, водительский состав, тара и упаковка, стандарты хранения.

THE SYSTEM OF TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS IN RUSSIA, CHANGES IN 2024-2025

O. P. Andreev, V. L. Pilshchikov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article examines changes in the regulations for transporting dangerous goods by various modes of transport, taking into account conditions for preserving cargo integrity, ensuring vehicle safety, and protecting the environment. Particular emphasis is placed on updates to the national regulatory framework governing the transportation of hazardous materials, which will affect transport companies, drivers, shippers, and consignees. Compliance with the new requirements is expected to reduce accident rates along transport routes and strengthen oversight of cargo transportation at all stages of the logistics chain.

Keywords: dangerous goods; digital forms; vehicles; drivers; containers and packaging; storage standards.

Организация перевозок опасных грузов всегда являлась регламентируемой отраслью транспорта и сферы логистики. Широкое обновление нормативной базы проводилось в 2024–2025 годах. Изменения в государственных документах по перевозке опасных грузов сформулированы для транспортно-логистических компаний, водителей, операторов грузоперевозки, грузоотправителей, грузопо-

лучателей. Изменение правил проводятся с целью повышения безопасности перевозок, снижения аварийности, роста контроля на всех этапах движения, распределения груза в местах хранения, учета опасности в случае аварийных ситуаций.

Система перевозки опасных грузов – это комплекс нормативно-правовых, технических и организационных мер, направленных на обеспечение безопасности при транспортировке веществ и материалов, которые могут нанести вред жизни, здоровью людей, окружающей среде или материальным ценностям. В России эта система регулируется как международными соглашениями, так и внутренними нормативными актами.

Основные нормативные документы включают Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ/ADR) [6, 7], к которому Россия присоединилась в 1994 году. ДОПОГ устанавливает единые стандарты безопасности, включая классификацию грузов, требования к транспорту, маркировке, подготовке персонала и документации.

Среди российских нормативных актов можно выделить [3, 11, 13, 16]:

Федеральный закон от 08.11.2007 г. № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации»; Правила перевозок грузов автотранспортом, утверждённые постановлением Правительства РФ от 21.12.2020 г. № 2200; Приказы Минтранса России (например, № 145 от 30.04.2021 г. и № 127 от 11.04.2022 г.); ГОСТ Р 57478-2017 «Грузы опасные. Классификация».

Классификация опасных грузов в соответствии с требованиями ДОПОГ, включает девять классов в зависимости от характера угрозы:

1. Взрывчатые вещества и изделия;
2. Газы;
3. Легковоспламеняющиеся жидкости;
4. Легковоспламеняющиеся твёрдые вещества, самореактивные вещества, полимеризующиеся вещества и твёрдые десенсибилизированные взрывчатые вещества (4.1); вещества, способные к самовозгоранию (4.2); вещества, выделяющие легковоспламеняющиеся газы при соприкосновении с водой (4.3);
5. Окисляющие вещества (5.1) и органические пероксиды (5.2);
6. Токсические и инфекционные вещества (6.1 и 6.2);
7. Радиоактивные материалы;
8. Коррозионные вещества;
9. Прочие опасные вещества и изделия.

Каждому грузу присваивается четырёхзначный номер ООН и классификационный код, который отражает его свойства.

Изменения законодательства потребовались на основе роста объёма перевозок химической продукции, нефтехимии, газов, аккумуляторов, товаров с литиевыми батареями и других категорий, относящихся к опасным грузам. Статистика аварий показывает, что многие инциденты связаны с устаревшими нормами, недостаточной квалификацией персонала и несоответствием транспортных средств требованиям современного рынка.

Минтранс и другие ведомства инициировали реформу, которая должна обновить правила перевозки опасных грузов и привести их к единому цифровому формату. Это станет крупнейшим изменением в отрасли за последние несколько лет.

Основные направления реформы относятся к требованиям по транспорту, подготовке персонала, документальному оформлению, особенностям маршрутов, дополнительные требования к упаковке, совместной перевозке, международной перевозке. Нововведения позволят повысить безопасность и прозрачность перевозок опасных грузов.

1. Транспортные средства должны соответствовать техническим требованиям ДОПОГ и пройти технический осмотр [12, 14, 15]. Некоторые требования: наличие проблескового маячка оранжевого цвета и специальной маркировки (табличек с указанием класса опасности); оборудование системами защиты от статических и атмосферных электрических зарядов (заземлительная цепочка, металлический штырь); для автомобилей – антиблокировочная система торможения (АБС), система ГЛОНАСС, дистанционное управление главным переключателем, защита топливного бака и системы выпуска выхлопных газов; цистерны и контейнеры должны быть опломбированы, промаркированы и иметь знаки опасности. В зависимости от класса груза могут потребоваться дополнительные средства: огнетушители, лопата, песок, противооткатные упоры, аптечка, средства нейтрализации вещества и защиты водителя.

2. Подготовка персонала включает для водителя [8, 11]: наличие водительского удостоверения соответствующей категории и стаж вождения не менее 3 лет; прохождение специального обучения и наличия свидетельства ДОПОГ, которое действует 5 лет; знание правил маркировки, классификации грузов, оказания первой помощи, правил первичного пожаротушения, а также действий в нештатных ситуациях. Водители, перевозящие опасные грузы и материалы, столкнутся с новыми стандартами обучения. Обновлённая программа затронет правила реагирования при аварии, действия при разгерметизации тары, использование средств индивидуальной защиты, работу с цифровыми документами. Учебные центры пройдут обязательное переоснащение и аккредитацию. Консультант по безопасности перевозки опасных грузов должен иметь высшее или среднее профессиональное образование по направлению «Техника и технологии наземного транспорта» либо пройти переподготовку по этому направлению. У специалиста со средним образованием должен быть опыт работы в этой сфере от 3 лет.

3. Для документального оформления при перевозке опасных грузов необходимы: специальное разрешение (выдаётся Ространснадзором, действует до 1 года); свидетельство о допуске транспортного средства к перевозке опасных грузов; свидетельство ДОПОГ водителя; путевой лист с маркировкой груза; паспорт безопасности груза; товарно-транспортная накладная (для международных перевозок – CMR); аварийная карточка с информацией о мерах при чрезвычайных ситуациях; сертификат безопасности (если груз перевозится в закрытой таре); договор о перевозке; инструкции для водителя, ответственных и сопровождающих лиц. Одно из заметных новшеств – перевод основных разрешительных до-

кументов в электронный вид. Это коснётся: специальных разрешений на перевозку опасного груза, уведомлений маршрута, документов на транспортные средства, подтверждений подготовки водителей. Цифровые формы сократят количество ошибок, позволят быстрее проверять информацию и снизят риски подделок. Для некоторых категорий опасных грузов будет обязательна установка телематических систем мониторинга, что повысит прозрачность движения и позволит оперативно реагировать на инциденты.

4. Особенности маршрутов отражают специфику движения транспорта с опасными грузами. Маршрут должен избегать: густонаселённых районов, зон отдыха, охраняемых природных территорий, водоохранных зон; больниц, школ, развлекательных и культурных объектов, если проезд через населённый пункт неизбежен. Стоянки для отдыха при перевозке «особо опасных грузов» разрешены только в специально отведённых местах не ближе 200 м от жилых строений и мест скопления людей. Заправка топливом производится в местах, отведённых для стоянок. Автомобиль со взрывчатыми, легковоспламеняющимися и радиоактивными веществами нельзя заправлять на общественных АЗС.

5. Дополнительные требования относятся к упаковке и маркировке. Тара подбирается в зависимости от класса груза. Маркировка должна включать номер ООН, знак опасности, при необходимости – знак опасности для окружающей среды и указание правильного положения груза. Совместная перевозка отражает возможность совместной перевозки грузов. Некоторые грузы нельзя перевозить вместе. Правила совместимости регулируются специальными приложениями (например, Приложения 4 и 5 «Правил перевозок опасных грузов по железным дорогам»). Международные перевозки. При пересечении границ требуются дополнительные документы, соответствующие международным стандартам.

Новые категории опасных грузов. Реформа предусматривает уточнение и расширение классификации опасных грузов. Планируется включить: новые виды химически активных веществ, современные виды батарейной продукции, материалы, создающие комбинированные риски (пожароопасность + токсичность). Это связано с появлением на рынке новых промышленных товаров, которые ранее не попадали под строгие регламенты.

Нарушение правил перевозки опасных грузов влечёт административную ответственность, включая штрафы и лишение прав. За нарушения правил перевозки опасных грузов предусмотрена ответственность по статье 12.21.2 КоАП РФ.

Как подготовиться к предстоящим реформам? Чтобы плавно войти в новый регламент, бизнесу стоит уже сейчас провести аудит процессов, связанных с перевозкой опасных грузов, проверить соответствие автопарка будущим требованиям, обновить инструкции для персонала, внедрить внутренние процедуры по работе с цифровыми документами, проверить контрагентов на предмет соответствия новым нормам.

Компании, перевозящие опасный груз, почувствуют изменения уже на этапе подготовки документов – электронные формы станут приоритетными, что ускорит процесс согласований, но потребует модернизации IT-систем.

Изменения в перевозках опасных грузов станут крупнейшей реформой отрасли за последние годы, они затронут все ключевые процессы: подготовку, согласование маршрута, обучение персонала, технические требования к транспорту и контроль со стороны государственных органов. Для бизнеса это – вызов, но одновременно и возможность повысить уровень безопасности, оптимизировать процессы и сократить риски. Новые правила перевозки опасных грузов помогут создать более прозрачную, технологичную и безопасную логистическую инфраструктуру перевозки опасных грузов в стране.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автомобильные перевозки / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, А. М. Карев [и др.]. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 561 с. – ISBN 978-5-7367-1436-0.
2. Автотранспортные и тракторные перевозки / О. Н. Дидманидзе [и др.]; под ред. О. Н. Дидманидзе. – М. : УМЦ «ТРИАДА», 2005. – 550.
3. ГОСТ Р 57478-2017 «Грузы опасные. Классификация». – М. : Стандартинформ, 2018. – Издание официальное.
4. Дидманидзе, О. Н. Специализированный подвижной состав автомобилей агропромышленного комплекса / О. Н. Дидманидзе, Ю. К. Есеновский-Лашков, В. Л. Пильщиков. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2005. – 200 с. – ISBN 5-9546-0025-2.
5. Будущее тракторостроения в России / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы : Сборник статей 26-ой Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 12-13 мая 2022 года. – М. : РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2022. – С. 15-21.
6. ДОПОГ (ECE/TRANS/352 (Vol. I). Соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов. Том 1 / Европейская экономическая комиссия, Комитет по внутреннему транспорту. – Женева : Организация Объединённых Наций, 2024. – 746 с.
7. ДОПОГ (ECE/TRANS/352 (Vol. II). Соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов. Том 2 / Европейская экономическая комиссия, Комитет по внутреннему транспорту. – Женева : Организация Объединённых Наций, 2024. – 752 с.
8. Богданов, В. С. Перевозка нефтепродуктов автомобильным транспортом в условиях АПК / В. С. Богданов, Н. Н. Пуляев, Ю. С. Коротких. – М. : ООО «Автограф», 2017. – 260 с.
9. Перевозка опасных грузов: методические указания / сост. Н. В. Пеньшин, В. С. Горюшинский. – Тамбов : Изд-во Тамбовского государственного технического университета, 2010. – 64 с.
10. Планирование автотранспортных перевозок в сельском хозяйстве / Ю. Н. Ризаева, В. Л. Пильщиков, Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев. – Москва: ООО «УМЦ «Триада», 2018. – 70 с.

11. Постановление Правительства РФ от 21 декабря 2020 г. № 2200 «Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом и о внесении изменений в пункт 2.1.1 Правил дорожного движения Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/400111454>.

12. Постановление Правительства РФ от 5 декабря 2011 года № 1008 «О проведении технического осмотра транспортных средств» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/77698543/>.

13. Дидманидзе, О. Н. Общий курс транспорта / О. Н. Дидманидзе, Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Автограф», 2019. – 90 с.

14. РД-200-РСФСР-15-0179-83 «Руководство по организации технологического процесса работы службы технического контроля АТП и объединений» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/70167720/>.

15. ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://sudact.ru/law/reshenie-komissii-tamozhennogo-soiuza-ot-09122011-p_19/tr-ts-0182011/?ysclid=moygnps2x3835310404.

16. Федеральный закон «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 08.11.2007 № 257-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72386/?ysclid=moygomlrr1369502457.

Об авторах:

Андреев Олег Петрович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, aopmsau@rgau-msha.ru.

Пильщиков Владимир Львович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, pilshikov@rgau-msha.ru.

About the authors:

Oleg P. Andreev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, aopmsau@rgau-msha.ru.

Vladimir L. Pilshchikov, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, pilshikov@rgau-msha.ru.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛОГИСТИКИ В УСЛОВИЯХ ООО «ГОТЭК-ЦПУ» Г. ЖЕЛЕЗНОГОРСК

Л. И. Андриющенко

Научный руководитель – Р. Н. Егоров

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается система логистики предприятия ООО «ГОТЭК-ЦПУ», расположенного в городе Железногорске. Проведен анализ текущего состояния логистических процессов, выявлены основные проблемы в области транспортировки, складирования и управления материальными потоками. Рассмотрены возможные направления совершенствования логистической деятельности предприятия с учетом современных производственных и экономических условий.

Ключевые слова: логистика, транспортировка, цепь поставок, оптимизация логистики, эффективность предприятия.

IMPROVEMENT OF LOGISTICS IN THE CONDITIONS OF GOTEC-CPU LLC, ZHELEZNOGORSK

L. I. Andryushchenko

Scientific advisor – R. N. Egorov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. This article examines the logistics system of ООО «ГОТЭК-ЦПУ» located in the city of Zheleznogorsk. The study analyzes the current state of logistics processes, identifies key problems in transportation, warehousing, and material flow management, and considers possible directions for improving logistics efficiency. Particular attention is paid to optimizing logistics operations under modern production and market conditions.

Keywords: logistics, transportation, supply chain, logistics optimization, enterprise efficiency.

Предприятие ООО «ГОТЭК-ЦПУ» в городе Железногорск – это одно из связующих структурных звеньев крупной российской группы предприятий «ГОТЭК». Организация занимается не только картонной упаковкой, но и упаковкой гибких материалов, что является преимуществом среди других компаний. Предприятие «ЦПУ» не занимается производством готовой упаковки, оно играет

ведущую роль в логистике, а также подготовке материалов и распределении внутри самой группы «ГОТЭК» [2].

В последние годы компания существенно усилила логистическую инфраструктуру. В феврале 2024 года добавили в эксплуатацию новое складское помещение площадью более 1000 м², благодаря новому пространству появилась возможность расширить зоны хранения сырья и материалов. Благодаря тому, что складскую зону объединили с уже существующими логистическими цепочками, снизилось время на перемещение грузов и повысилась скорость обработки заказов [3].

Если мы будем рассматривать совершенствование логистики на предприятии ООО «ГОТЭК-ЦПУ», то первым важным аспектом становится оптимизация складских процессов. Раньше, из-за того, что складские помещения были разбросаны, при передаче сырья на производство появлялись задержки. Новый склад с улучшенной системой пожаротушения и органической структурой движения людей и техники увеличил пропускную способность компании [1].

Вторым важным моментом для нас является то, что централизация логистических функций ООО «ГОТЭК-ЦПУ» координирует поставки вспомогательных материалов и распределение готовой продукции между предприятиями группы, что снижает издержки и повышает предсказуемость графика поставок. Это позволяет дочерним организациям получать сырье вовремя, благодаря этому производственные планы становятся более четкими и фиксированными [4].

Кроме того, логистика компании постепенно внедряет современные методы планирования, приближенные к подходам «Just-in-Time». Эти методы помогают уменьшать запасы на складах и снижают финансовую нагрузку на оборотные средства. Такой подход особенно важен для производства, где материалы должны не задерживаться и быстро перемещаться от поставщика к линии изготовления [4].

Можно сказать, что совершенствование логистики в ООО «ГОТЭК-ЦПУ» происходит за счёт модернизации складской инфраструктуры, централизации функций снабжения и более гибкого планирования поставок. Эти изменения повышают эффективность всей группы предприятий и создают базу для дальнейшего роста в конкурентной среде [3].

Говоря о совершенствовании логистики в ООО «ГОТЭК-ЦПУ», важно рассматривать не только расширение складских площадей, но и глубинную оптимизацию внутренних процессов. На наш взгляд, ключевым направлением становится внедрение элементов искусственного интеллекта в управление материальными потоками. Поскольку предприятие работает как логистический центр группы «ГОТЭК», даже небольшие сбои в планировании отражаются на всей цепочке поставок [6].

Одним из перспективных решений может быть использование искусственного интеллекта и его алгоритмов для прогнозирования потребности в сырье. На основе данных о прошлых поставках, сезонности заказов и загрузке производственных линий система способна заранее рассчитывать оптимальные объемы закупок. Это позволяет сократить избыточные запасы на складе, снизить затраты на хранение и одновременно избежать дефицита материалов [5].

Еще один индивидуальный вариант оптимизации – это интеллектуальное управление складским пространством. С помощью машинного обучения можно анализировать частоту обращения к разным группам материалов и автоматически менять их размещение. На практике это проявляется так, что наиболее востребованное сырье будет располагаться ближе к зонам отгрузки, благодаря чему будет сокращение времени перемещения и снижение нагрузки на персонал [6].

Также искусственный интеллект может стать отличным помощником для оптимизации транспортных маршрутов между предприятиями группы. Система, анализируя дорожную обстановку, графики отгрузок и загруженность транспорта, способна предлагать нестандартные, но экономически выгодные маршруты. Это уменьшает расход топлива и снижает риск срывов поставок. У сотрудников появится больше свободного времени для выполнения других задач, они смогут сделать упор на решение более индивидуальных проблем [1, 3].

Дополняя рассмотренные направления совершенствования логистики в ООО «ГОТЭК-ЦПУ», стоит отметить важность цифровизации управленческих решений на всех уровнях логистической системы. В современных условиях эффективность логистики определяется не только физической инфраструктурой, но и качеством обработки информации. Чем быстрее и точнее принимаются решения, тем устойчивее становится вся цепочка поставок [6].

Особое значение приобретает интеграция информационных систем склада, производства и транспорта в единое цифровое пространство. Это позволяет руководству в режиме реального времени отслеживать движение материальных потоков, выявлять узкие места и оперативно реагировать на отклонения от плана. Такой подход снижает зависимость от человеческого фактора и минимизирует вероятность ошибок, связанных с ручным планированием.

Кроме того, использование аналитических инструментов открывает возможности для оценки эффективности логистических операций по ключевым показателям: времени обработки заказов, уровню запасов, загрузке складских зон и транспортных средств. На основе этих данных предприятие может не только корректировать текущие процессы, но и выстраивать долгосрочную стратегию развития логистики. В совокупности данные меры формируют более устойчивую и адаптивную логистическую систему, способную эффективно функционировать в условиях изменяющегося рынка и растущей конкуренции.

Таким образом, сочетание традиционных логистических решений с интеллектуальными технологиями позволяет ООО «ГОТЭК-ЦПУ» не просто сократить затраты, а выстроить более гибкую и устойчивую логистическую систему, что особенно важно в условиях современной промышленной конкуренции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Егоров, Р. Н. Обеспечение качества перевозки мелкопартионных грузов автомобильным транспортом / Р. Н. Егоров, А. Н. Журилин // Международный технико-экономический журнал. – 2020. – № 3. – С. 62-67.

2. Техническая эксплуатация автомобилей / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, Д. Г. О. Асадов, В. С. Богданов, Е. П. Парлюк, С. А. Иванов, Н. Н. Пуляев, Г. Е. Митягин, В. В. Сильянов. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 564 с.
3. Егоров, Р. Н. Основы транспортных технологий и систем на транспорте / Р. Н. Егоров, Ю. С. Коротких. – М. : ООО «Автограф», 2021. – 220 с.
4. Егоров, Р. Н. Обоснование выбора и оснащённости подержанного коммерческого транспорта / Р. Н. Егоров, А. Н. Журилин, Т. А. Паршикова // Международный технико-экономический журнал. – 2015. – № 6. – С. 87-91.
5. Малолетнев, Н. А. Развитие беспилотных автомобилей: технологии, вызовы и перспективы / Н. А. Малолетнев, Н. В. Перевозчикова // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 160-летию Тимирязевской академии : сборник статей (Москва, 02-04 июня 2025 года). – М. : Российский государственный аграрный университет, 2025. – С. 355-356.
6. Дидманидзе, О. Н. Пути развития транспортных энергоустановок / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов. – М. : ООО «Триада», 2006. – 64 с. – ISBN 5-9546-0035-X.
7. Тойгамбаев, С. К. Влияние цифровизации и автоматизации на рынок АПК РФ / С. К. Тойгамбаев, М. А. Карапетян, С. С. Гусев // Чтения академика В. Н. Болтинского : сборник статей (Москва, 22-23 января 2025 года). – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2025. – С. 398-403.
8. Автомобильные перевозки / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, А. М. Карев [и др.]. – М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2018. – 554 с. – ISBN 978-5-7367-1436-0.

Об авторах:

Андрющенко Лада Игоревна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Егоров Роман Николаевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, egorov@rgau-msha.ru.

About the authors:

Lada I. Andryushchenko, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Roman N. Egorov, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, egorov@rgau-msha.ru.

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ ПРЕДИКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Л. И. Андрющенко, Д. А. Москвичев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

***Аннотация.** В статье рассматривается применение технологии цифровых двойников в мультимодальных транспортных узлах как инструмента предиктивного управления и обеспечения устойчивого развития транспортно-логистических систем. Показано, что цифровые двойники позволяют объединить данные телематики, Интернета вещей и аналитических моделей в едином цифровом пространстве, обеспечивая непрерывный мониторинг, прогнозирование и оптимизацию работы хаба. Особое внимание уделено роли цифровых двойников в снижении операционных рисков, повышении экологической устойчивости и адаптивности мультимодальных перевозок в условиях высокой динамики и неопределённости внешней среды. Цель исследования заключается в обосновании целесообразности использования цифровых двойников мультимодальных транспортных узлов для предиктивного управления логистическими процессами и повышения устойчивости транспортной инфраструктуры на основе анализа архитектурных и функциональных особенностей данной технологии.*

***Ключевые слова:** цифровой двойник, мультимодальный транспортный узел, хаб, предиктивное управление, устойчивая логистика, телематика, IoT, цифровая трансформация.*

DIGITAL TWINS OF MULTIMODAL TRANSPORT HUBS FOR PREDICTIVE MANAGEMENT AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

L. I. Andryushchenko, D. A. Moskvichev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

***Abstract.** The article discusses the application of digital twin technology in multimodal transport hubs as a tool for predictive management and sustainable development of transport and logistics systems. It is shown that digital twins allow for the integration of telematics data, the Internet of Things, and analytical models in a single digital space, enabling continuous monitoring, forecasting, and optimization of hub operations. Special attention is given to the role of digital twins in reducing operational*

risks, enhancing environmental sustainability, and improving the adaptability of multimodal transportation in a highly dynamic and uncertain environment. The purpose of the study is to substantiate the feasibility of using digital twins of multimodal transport hubs for predictive management of logistics processes and increasing the sustainability of transport infrastructure based on the analysis of the architectural and functional features of this technology.

Keywords: *digital twin, multimodal transport hub, hub, predictive management, sustainable logistics, telematics, IoT, digital transformation.*

Современные мультимодальные транспортные узлы представляют собой сложные инженерно-организационные системы, в которых пересекаются транспортные потоки различных видов, информационные контуры управления и интересы множества участников перевозочного процесса. Рост объёмов перевозок, ужесточение требований к срокам доставки и экологическим показателям, а также цифровизация логистики приводят к тому, что традиционные методы диспетчерского управления и статического планирования перестают обеспечивать необходимый уровень эффективности [6]. В этих условиях цифровые двойники становятся ключевым инструментом перехода от реактивного управления к предиктивному, основанному на анализе данных и моделировании будущих состояний системы [4].

Цифровой двойник мультимодального транспортного узла представляет собой динамическую цифровую модель, отражающую физическую инфраструктуру хаба, логистические процессы, транспортные и грузовые потоки, а также эксплуатационные параметры оборудования и персонала. В отличие от классических имитационных моделей, цифровой двойник непрерывно синхронизируется с реальным объектом за счёт поступления данных от телематических систем, IoT-датчиков, навигационных комплексов и информационных платформ управления перевозками [4]. Это позволяет формировать актуальное представление о состоянии узла в реальном времени и использовать его как основу для анализа и прогнозирования. Особое место в модели цифрового двойника занимает слой данных реального времени, формируемый за счёт интеграции с телематическими системами, датчиками Интернета вещей и информационными платформами управления перевозками. Этот слой обеспечивает актуализацию параметров модели и её синхронизацию с физическим объектом. Данные о местоположении транспортных средств, состоянии оборудования, загрузке терминалов и характеристиках грузов поступают в цифровой двойник непрерывно, что позволяет корректировать расчёты и прогнозы с учётом текущей ситуации. Таким образом, модель цифрового двойника перестаёт быть абстрактной и становится инструментом оперативного анализа [4, 6].

Для расширения функциональных возможностей цифрового двойника в модель включаются аналитические и интеллектуальные компоненты, основанные на методах математического моделирования, статистического анализа и машинного обучения. Эти компоненты позволяют выявлять скрытые закономерности в работе мультимодального узла, оценивать вероятность возникновения нестандартных ситуаций и формировать прогнозы нагрузки на инфраструктуру.

Например, анализ исторических данных может использоваться для прогнозирования пиковых периодов и предварительной настройки параметров управления, что особенно важно для узлов с высокой сезонной или суточной неравномерностью потоков [4]. Концептуальная модель цифрового двойника мультимодального транспортного хаба представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Концептуальная модель цифрового двойника мультимодального транспортного хаба

Предиктивная функция цифрового двойника заключается в способности прогнозировать развитие событий на основе исторических и текущих данных. С применением методов машинного обучения и анализа больших данных цифровой двойник позволяет выявлять закономерности в работе транспортного узла, оценивать вероятность возникновения перегрузок, задержек или нештатных ситуаций и заранее предлагать управленческие решения [4]. Например, при росте входящего потока грузов цифровая модель может спрогнозировать дефицит пропускной способности отдельных терминалов и рекомендовать перераспределение ресурсов либо изменение графика прибытия транспорта. Такой подход снижает вероятность сбоев и позволяет поддерживать устойчивость логистических процессов даже в условиях высокой неопределённости [5, 6]. Важным аспектом применения цифровых двойников является обеспечение устойчивого развития мультимодальных хабов. Под устойчивостью в данном контексте понимается не только экономическая эффективность, но и экологическая, технологическая и организационная сбалансированность работы узла. Цифровые двойники позволяют моделировать различные сценарии функционирования хаба с учётом энергопотребления, выбросов, времени простоя транспорта и эффективности использования инфраструктуры [1, 3, 6]. Интеграция цифрового двойника с телематикой и IoT-системами представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Интеграция цифрового двойника с телематикой и IoT-системами

Интернет вещей (IoT) представляет собой ключевое направление в развитии современных логистических и транспортных решений. Цифровой двойник – это виртуальная модель физического объекта или системы, которая синхронизируется с реальной средой через данные, поступающие от сенсоров, устройств и телеметрических систем. Интеграция с телематикой и IoT позволяет цифровому двойнику получать в реальном времени информацию о состоянии и функционировании объектов, например, транспортных средств, складских терминалов или оборудования. Такая интеграция даёт существенные преимущества в управлении транспортными и логистическими процессами. Например, при доставке грузов с помощью мультимодальных транспортных хабов, цифровой двойник, получая данные с датчиков IoT, может отслеживать состояние груза, температуры, влажности или другие критически важные параметры, и, в случае отклонений от нормы, оперативно оповещать оператора для принятия корректирующих мер. Также такая синергия позволяет оптимизировать маршруты, минимизировать затраты на обслуживание и повысить безопасность транспортных операций [6, 7].

Цифровой двойник также играет важную роль в повышении устойчивости управления мультимодальным узлом к внешним и внутренним воздействиям. В условиях цифровизации логистики транспортные хабы всё чаще зависят от информационных платформ и сетевых взаимодействий, что делает их уязвимыми к сбоям и ошибкам передачи данных. Использование цифрового двойника позволяет выявлять критические точки системы, моделировать последствия отказов отдельных компонентов и разрабатывать сценарии адаптации и восстановления [2, 4, 5, 6]. Таким образом, цифровой двойник становится не только инструментом оптимизации, но и элементом обеспечения технологической и операционной устойчивости [8, 9].

Отдельного внимания заслуживает интеграция цифровых двойников в управленческий контур транспортного узла. Получаемые прогнозы и аналитические выводы должны использоваться для оперативного и стратегического управления, корректировки планов работы, инвестиционных решений и развития инфраструктуры. В этом случае цифровой двойник перестаёт быть вспомогательной моделью и превращается в активный элемент системы управления, обеспе-

чивающий замкнутый цикл «данные – анализ – решение – результат». Такой подход соответствует современным тенденциям цифровой трансформации транспортной отрасли и формированию интеллектуальных логистических систем.

Заключение

Применение цифровых двойников мультимодальных транспортных узлов является перспективным направлением развития транспортно-логистической инфраструктуры. Цифровые двойники обеспечивают переход к предиктивному управлению, повышают устойчивость логистических процессов и способствуют достижению целей устойчивого развития. Интеграция цифровых моделей с телематикой, IoT и аналитическими системами позволяет формировать единое цифровое пространство управления хабом, снижать риски и повышать эффективность использования ресурсов. Несмотря на необходимость дальнейшей методологической и нормативной проработки, цифровые двойники уже сегодня могут рассматриваться как ключевой элемент интеллектуальных мультимодальных транспортных систем будущего.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024683359 Российская Федерация. «Техническое обслуживание и ремонт автомобилей» : № 2024682911 : заявл. 02.10.2024 : опубл. 14.10.2024 / Д. А. Москвичев, А. С. Гузалов, А. В. Евграфов, Д. А. Филимонов ; заявитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».
3. Экспериментальные исследования влияния освещения на эвтрофикацию водоёмов и работу систем капельного орошения / О. Н. Дидманидзе, А. В. Евграфов, Д. А. Москвичев [и др.] // Природообустройство. – 2024. – № 3. – С. 6-12. – DOI: 10.26897/1997-6011-2024-3-6-12.
4. Москвичев, Д. А. Особенности разработки компьютерной программы для систем управления тракторами сельскохозяйственного назначения на основе искусственного интеллекта / Д. А. Москвичев, Р. Т. Хакимов // АгроЭкоИнженерия. – 2024. – № 4(121). – С. 29-37. – DOI: 10.24412/2713-2641-2024-4121-29-37.
5. Москвичев, Д. А. Совершенствование методов технического обслуживания перспективных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения: дис. ... канд. техн. наук : 4.3.1. / Москвичев Дмитрий Александрович. – 2023. – 250 с.
6. Будущее тракторостроения в России / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы : Сборник статей 26-ой Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых,

Москва, 12-13 мая 2022 года. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 15-21.

7. Грибов, И. В. Оценка функциональных характеристик тракторов NEW HOLLAND по использованию энергоресурсов / И. В. Грибов, Н. В. Перевозчикова, Д. А. Москвичев // Инновации в сельском хозяйстве. – 2017. – № 1(22). – С. 191–195.

8. Автомобильные перевозки / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, А. М. Карев [и др.]. – М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2018. – 554 с. – ISBN 978-5-7367-1436-0.

9. Москвичев, Д. А. Эффективность модернизации сельскохозяйственной техники путём использования модульного транспорта / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». – 2018. – № 2(84). – С. 33–36. – DOI: 10.26897/1728-7936-2018-2-33-36.

Об авторах:

Андрющенко Лада Игоревна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Москвичев Дмитрий Александрович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, moskvichev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Lada I. Andryushchenko, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Dmitry A. Moskvichev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, moskvichev@rgau-msha.ru.

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА В НОВЫХ РЕГИОНАХ

Т. И. Ашмарина

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрены основные тенденции развития растениеводства в новых регионах с учетом вызовов, поступающих из внешней среды. Выделена роль растениеводства как драйвера развития АПК новых регионов. Рассмотрены основные риски развития отрасли.

Ключевые слова: растениеводство, развитие АПК, производство, новые территории, потребитель, организации.

MAIN TRENDS IN PLANT GROWING IN NEW REGIONS

T. I. Ashmarina

Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The main trends in the development of crop production in new regions are considered, taking into account the challenges coming from the external environment. The role of crop production as a driver of the development of the agro-industrial complex in new regions is highlighted. The main risks of the industry's development are considered.

Keywords: crop production, agricultural development, production, new territories, consumers, and organizations.

Новые регионы России являются значимой территорией РФ, которые в современных условиях развития экономики требуют особого внимания. Исторически основой развития новых регионов ЛНР и ДНР является так называемая растениеводческая модель, ориентированная на выращивание зерновых и масличных культур. В настоящий момент происходит серьезная интеграция отрасли в российский агропромышленный комплекс, что, несомненно, говорит о существенных перспективах развития растениеводства в ЛНР и ДНР [1, 3].

К ключевым особенностям развития данной сферы следует отнести ряд трендов, в частности: сохранение культур, традиционно выращиваемых на данной территории, к которым следует отнести озимую пшеницу, ячмень, подсолнечник и другие. Следует также отметить постепенный возврат в оборот земель сельскохозяйственного назначения, которые долгое время не использовались. Именно данный вектор позволил в ДНР за пять лет повысить урожаи зерновых и

масличных культур на 56 %, что несомненно является дополнительным стимулом развития отрасли. В частности, уже сейчас ряд предприятий регионов экспортируют свою продукцию в страны ближнего зарубежья, тем самым развивая новые каналы реализации [5].

Не менее значимым вектором является и развитие бахчеводства и овощеводства. Уже сейчас ряд предприятий ориентированы на новые рынки, позволяющие развивать вышеупомянутые направления. Основным трендом данного направления является производство продукции «под заказ» для крупных перерабатывающих предприятий, что несомненно является положительным трендом в сложившихся условиях [4, 7, 8].

Интенсивное развитие растениеводства новых регионов стало возможным благодаря той поддержке государства, которая в настоящий момент позволяет аграриям возобновлять материально-техническое оснащение производства. Введение особого налогового режима позволяет аграриям получать значительные льготы стимулируя тем самым поступление инвестиций в модернизацию производства. Все вышеперечисленное позволило одновременно развивать в ЛНР более пятидесяти проектов на сумму около 30 млрд руб., что в будущем несомненно отразится на высоких показателях в отрасли [1, 3, 6].

Таким образом развитие растениеводства в новых регионах имеет существенный потенциал. Уже сейчас в проектах стратегического развития ЛНР и ДНР значится создание новых агропарков и тепличных комплексов, что позволит преодолеть устоявшуюся модель узкой специализации регионов и гармонично войти в общероссийскую систему АПК, тем самым становясь значимым звеном в обеспечении продовольственной безопасности страны. Несмотря на позитивные сдвиги, перед отраслью стоит ряд проблем, в частности, необходимость восстановления системы мелиорации, более интенсивное обновление материально-технической базы, развитие инфраструктуры, логистики и системы хранения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ашмарина, Т. И. Экономика аграрного природопользования, перспектива развития / Т. И. Ашмарина // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения В. П. Горячкина (Москва, 06-07 июня 2018 года). – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018. – С. 379-382.
2. Сергеева, Н. В. Стимулирующая роль диверсификации в организации аграрного производства / Н. В. Сергеева, Т. И. Ашмарина // Международный научный журнал. – 2018. – № 3-4. – С. 7-17.
3. Трансформация мирового продовольственного рынка / Ю. В. Чутчева, Н. А. Ягудаева // Естественно-гуманитарные исследования. – 2022. – № 44(6). – С. 31–34.
4. Царитова, К. Г. Актуальные подходы к социальному управлению пред-

приятием / К. Г. Царитова // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2013. – № 10(58). – С. 59.

5. Цифровые трансформации в аграрном секторе экономики: коллективная монография / под общей ред. проф. Ю. В. Чутчевой. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. – 340 с.

6. Дидманидзе, О. Н. Моделирование производственных процессов по уборке фруктов / О. Н. Дидманидзе, А. А. Зангиев, Н. Х. Сулейманов. – М. : Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина, 1998. – 114 с.

7. Эйдис, А. Л. Управление техническими системами / А. Л. Эйдис, Е. П. Парлюк. – М. : Издательство ООО «ВНИПР», 2010. – 72 с.

8. Экономика устойчивого развития и ESG-трансформация аграрного бизнеса / Д. А. Антонова, Т. И. Ашмарина, Т. В. Бирюкова [и др.]. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2024. – 175 с.

Об авторе:

Ашмарина Татьяна Игоревна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат экономических наук, ashmarina@rgau-msha.ru.

About the author:

Tatiana I. Ashmarina, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Economic Sciences, ashmarina@rgau-msha.ru.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Д. А. Бахин

Научный руководитель – А. В. Чепурин

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Статья посвящена анализу перспектив развития беспилотных летательных аппаратов в сельскохозяйственной отрасли Российской Федерации. Исследуются современные тенденции применения беспилотных технологий в агропромышленном комплексе, выявляются основные проблемы и ограничения их внедрения, а также предлагаются пути модернизации и совершенствования данного направления. Особое внимание уделяется анализу технологических возможностей беспилотных систем для решения задач точного земледелия, мониторинга сельскохозяйственных угодий и автоматизации производственных процессов. Рассматриваются вопросы нормативно-правового регулирования, подготовки кадров и развития отечественной производственной базы беспилотных систем для нужд аграрного сектора.*

Ключевые слова: *беспилотные летательные аппараты, сельское хозяйство, точное земледелие, агропромышленный комплекс, технологическая модернизация, цифровизация сельского хозяйства.*

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN THE AGRICULTURAL SECTOR OF THE RUSSIAN FEDERATION

D. A. Bakhin

Scientific advisor – A. V. Chepurin

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article analyzes the prospects for the development of unmanned aerial vehicles in the agricultural sector of the Russian Federation. Modern trends in the application of unmanned technologies in the agro-industrial complex are studied, the main problems and limitations of their implementation are identified, and ways of modernization and improvement of this direction are proposed. Special attention is paid to the analysis of technological capabilities of unmanned systems for solving problems of precision agriculture, monitoring agricultural land and automation of production pro-*

cesses. Issues of regulatory framework, personnel training and development of domestic production base of unmanned systems for the needs of the agricultural sector are considered.

Keywords: *unmanned aerial vehicles, agriculture, precision agriculture, agro-industrial complex, technological modernization, digitalization of agriculture.*

Введение

Современное развитие агропромышленного комплекса Российской Федерации характеризуется качественным переходом от экстенсивных к интенсивным методам ведения сельского хозяйства, что обусловлено необходимостью повышения конкурентоспособности отечественной продукции на мировых рынках и обеспечения продовольственной безопасности страны. В этом контексте беспилотные летательные аппараты представляют собой не просто технический инструмент, а стратегический элемент цифровой трансформации аграрной отрасли, способный кардинально изменить подходы к планированию и управлению сельскохозяйственными процессами.

Актуальность исследования перспектив развития беспилотных технологий в сельском хозяйстве определяется несколькими взаимосвязанными факторами. Критическая необходимость оптимизации использования природных ресурсов в условиях изменения климата и усиления экологических требований делает точное земледелие не просто желательным, а императивным направлением развития отрасли. Экономическая эффективность современного сельскохозяйственного производства требует кардинального снижения себестоимости продукции при одновременном повышении её качества, что невозможно без внедрения высокотехнологичных решений автоматизации и роботизации производственных процессов.

Геополитические вызовы и санкционное давление актуализировали задачи технологического суверенитета в критически важных отраслях экономики, включая сельское хозяйство. Развитие отечественной индустрии беспилотных систем специального назначения становится важнейшим элементом обеспечения независимости аграрного сектора от импортных технологий и оборудования.

Цель исследования заключается в комплексном анализе современного состояния и научно обоснованном прогнозировании перспектив развития беспилотных летательных аппаратов в аграрном секторе России, выявлении системных проблем их внедрения и разработке стратегических рекомендаций по формированию конкурентоспособной экосистемы беспилотных агротехнологий.

Современное состояние применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве России

Изучение текущей ситуации с беспилотными технологиями в сельском хозяйстве России обнаруживает неоднозначную динамику: при наличии современных технических разработок их реальное распространение остается весьма ограниченным. Отечественный агропромышленный сектор проявляет интерес к инновационным подходам, но по объемам практического использования значительно уступает государствам с развитой экономикой.

Исследование направлений использования беспилотных платформ демонстрирует превалирование наблюдательных и диагностических операций над задачами прямого агротехнического воздействия на сельскохозяйственные экосистемы. Широкое распространение дронов для визуального контроля состояния растений свидетельствует о первичной стадии технологической адаптации, когда аграрные предприятия предпочитают избегать крупных инвестиций в недостаточно апробированные методы. Отечественные разработчики обладают солидными навыками конструирования универсальных беспилотных аппаратов, но испытывают затруднения при создании узкоспециализированных систем для решения конкретных производственных задач [1].

Актуальная ситуация с внедрением беспилотных средств в аграрную отрасль России отличается несистемным характером и сосредоточением в передовых производственных сегментах. Сдержанные темпы практической реализации определяются преимущественно финансовыми и управленческими препятствиями, а не технологическими ограничениями, что указывает на необходимость комплексной стратегии развития этого технологического направления.

Технологические возможности и области применения беспилотных систем в агропромышленном комплексе

Беспилотные аппараты современного поколения являются многокомпонентными техническими конструкциями, объединяющими передовые разработки авиационной электроники, сенсорного оборудования, алгоритмов машинного интеллекта и робототехнических решений для выполнения специализированных агропромышленных операций. Детальное рассмотрение технологических возможностей беспилотных комплексов обнаруживает несколько фундаментальных векторов их совершенствования, формирующих будущее развитие сельскохозяйственной отрасли.

Внедрение автоматизированных решений в области AgroTech способствует минимизации человеческого фактора при выполнении потенциально опасных операций и сокращению расходов на персонал. За последний период российские аграрные организации, стимулируемые потребностью в оптимизации производственно-сбытовых процессов, существенно расширили арсенал применяемых цифровых AgroTech-инструментов. С позиции экономического анализа наблюдается тенденция: значительная часть крупных отечественных сельхозпредприятий опирается на собственные программные платформы для реализации AgroTech-технологий. Организация «Cognitive Pilot» внедряет автоматизацию через систему «Cognitive Agro Pilot», предназначенную для функционирования автономной техники – комбайнов и тракторов. При этом данная структура не задействует разработки в сфере агро-БПЛА. Предприятие Геомир создало систему «Ассистагро», на основе которой выпускает беспилотники «Агроскаут» для применения в полевых условиях и на животноводческих объектах. Организация «СмартАгро» представила платформу «Агроаналитика», обеспечивающую возможность использования агро-дронов [2].

Технологии мультиспектральной и гиперспектральной съемки формируют принципиально иные подходы к бесконтактной оценке состояния растительно-

сти и почвенных горизонтов. Исследование спектральных характеристик отражения света от растений в разнообразных диапазонах волн обнаруживает физиологические трансформации на микроуровне значительно раньше их визуализации, что создает условия для упреждающего реагирования на стрессовые воздействия и патологические процессы (Таблица 1).

Прогресс в сфере глубокого обучения и компьютерного распознавания образов преобразует беспилотные аппараты из элементарных платформ для размещения датчиков в интеллектуальные комплексы автоматизированного анализа. Программное распознавание вредных организмов, фитопатологий и сорняков с последующим построением карт локального воздействия знаменует переход к принципиально более высокой точности агротехнологических операций.

Таблица 1 – Перспективные технологические направления БПЛА в аграрном секторе

Технологическое направление	Стадия развития в России	Потенциал эффективности	Основные ограничения
Оптический мониторинг посевов	Активное внедрение	Средний	Зависимость от погодных условий
Мультиспектральный анализ	Начальная стадия	Высокий	Высокая стоимость оборудования
Точечное внесение агрохимикатов	Опытная эксплуатация	Очень высокий	Нормативные ограничения
ИИ-диагностика заболеваний	Разработка прототипов	Высокий	Недостаток обучающих данных
Полевая картография высокого разрешения	Коммерческое использование	Средний	Ограничения по точности навигации

Цифровые информационные платформы предоставляют сельхозпроизводителям доступ к массивам данных о метеорологических параметрах, характеристиках почв, фитосанитарной обстановке, что способствует оперативному принятию взвешенных управленческих решений. Эти платформы допускают интеграцию с альтернативными цифровыми инструментами для автоматизации производственных процессов и рациональной эксплуатации ресурсов. Роботизированные комплексы, охватывающие дроны и автономные тракторные агрегаты, радикально меняют методологию сельскохозяйственной деятельности. Дроны применяются для картирования территорий, наблюдения и опрыскивания участков, гарантируя более прецизионное и рациональное использование средств производства. Автономные тракторы минимизируют зависимость от человеческого труда и обеспечивают более точную и экономичную обработку земель. Компания «АСВ софт» (участник рынка «Аэронет» НТИ) создала первое отечественное открытое программное обеспечение для беспилотных аппаратов.

Разработка структуры «АСВ софт» дает возможность единственному оператору контролировать одновременно множество беспилотных устройств. Программа также поддерживает групповой режим работы, когда несколько операторов координируют действия одного или нескольких дронов. ПО Asv.Drones совместимо со всеми основными операционными системами: Windows, Linux,

Android, MacOS и iOS. Открытое программное решение адаптировано для различных категорий устройств, включая мультикоптеры (беспилотники с более чем двумя несущими винтами), аппараты с фиксированным крылом, летательные средства вертикального старта и приземления. Среди приоритетных сфер применения фигурирует сельскохозяйственная отрасль [3, 7, 8].

Объединение беспилотных комплексов с современными технологиями прецизионного распределения агрохимических препаратов реализует концепцию дифференцированного дозирования веществ с учетом локальной специфики почвенно-растительного комплекса. Такой подход обеспечивает существенную экономию материальных ресурсов при параллельном уменьшении антропогенной нагрузки на агроэкосистемы.

Многообещающим вектором технологической эволюции становится разработка полностью автономных беспилотных комплексов, обладающих способностью осуществлять весь спектр агротехнических мероприятий – от первичной диагностики до прямого воздействия на растительные культуры – в режиме независимого функционирования. Подобные решения предполагают объединение множественных технологических элементов: систем компьютерного зрения, алгоритмов искусственного интеллекта, роботизированных исполнительных механизмов и автономных навигационных модулей.

Прогресс в области технологий обработки больших массивов данных и облачных вычислительных платформ формирует предпосылки для построения распределенных аналитических систем агропромышленного назначения, которые обрабатывают данные от многочисленных беспилотных устройств с целью генерации региональных и общенациональных прогнозов продуктивности, обнаружения закономерностей в динамике сельскохозяйственного производства и совершенствования логистических цепочек.

Существующие технологические возможности современных беспилотных аппаратов заметно опережают масштабы их фактического использования в отечественном аграрном производстве. Наиболее перспективные направления концентрируются вокруг создания интеллектуальных диагностических систем и механизмов адресного воздействия, однако их практическое воплощение обусловлено необходимостью преодоления совокупности технических, финансово-экономических и нормативно-правовых препятствий (Таблица 1).

Проблемы и ограничения развития беспилотных технологий в аграрном секторе

Комплексное исследование барьеров, сдерживающих распространение беспилотных технологий в отечественном сельском хозяйстве, раскрывает многоуровневую архитектуру препятствий, преодоление которых требует интегрированного междисциплинарного подхода. Природа обнаруженных ограничений свидетельствует о фундаментальных системных расхождениях между технологическими возможностями и реальными условиями их внедрения.

Технические ограничения существующих беспилотных платформ обнаруживаются в несоответствии их параметров масштабам характерных для России аграрных хозяйств. Краткая продолжительность автономного функционирова-

ния, недостаточная полезная нагрузка для осуществления результативных агротехнических процедур и повышенная восприимчивость к неблагоприятным метеорологическим явлениям уменьшают прикладную значимость беспилотных аппаратов для интенсивного земледелия [4].

Детальное рассмотрение экономических аспектов обнаруживает, что значительная стоимость специализированной техники и затраты на её эксплуатацию формируют весомые препятствия для внедрения, преимущественно в контексте ограниченного доступа к долгосрочным финансовым инструментам для сельхозпредприятий. Ситуация осложняется отсутствием устоявшихся методологий оценки экономической результативности беспилотных решений, что препятствует выработке рациональных инвестиционных стратегий.

Кадровые ограничения представляют долгосрочную структурную проблематику, обусловленную дефицитом профессионалов с междисциплинарной подготовкой в областях агрономической науки, информационных технологий и робототехнических систем. Классическая система подготовки аграрных специалистов демонстрирует запаздывающую адаптацию к требованиям цифровой трансформации сельскохозяйственной отрасли, что порождает нехватку компетентных работников.

Инфраструктурные барьеры проявляются через неразвитость телекоммуникационных коммуникаций в удаленных сельских территориях, что блокирует раскрытие полноценного функционала беспилотных комплексов, нуждающихся в непрерывной связи с вычислительными центрами и системами диспетчеризации. Недостаточность развитой сервисной сети для технического сопровождения и восстановления сложного оборудования генерирует дополнительные риски для потребителей беспилотных технологий.

Проблематика технологической зависимости от зарубежных компонентов приобрела критическое значение в обстановке геополитической нестабильности и ограничительных санкционных мер. Существенная зависимость от внешних поставщиков специализированной электронной базы, программных продуктов и высокоточных измерительных приборов формирует серьезные угрозы для стабильного развития отрасли.

Препятствия развитию беспилотных технологий в российском аграрном производстве обладают системным характером и нуждаются в скоординированном воздействии на законодательном, технологическом, экономическом и образовательном уровнях. Преодоление выявленных ограничений достижимо исключительно при формировании всеохватывающей государственной стратегии развития этого технологического направления.

Стратегические направления модернизации и перспективы развития беспилотных систем в сельском хозяйстве

Исследование обнаруженных препятствий дает возможность определить конкретные векторы совершенствования беспилотных технологий в отечественном аграрном производстве, базирующиеся на системном подходе к преодолению существующих ограничений. Каждое предлагаемое направление должно располагать ясными механизмами воплощения и критериями результативности.

Экономические препятствия распространению беспилотных технологий нуждаются в принципиально иных подходах к организации доступа аграрных производителей к передовым решениям. Центральной проблемой выступает расхождение между стоимостью беспилотных комплексов и финансовыми возможностями большинства российских сельскохозяйственных организаций. Преодолению этого барьера может способствовать формирование кооперативных схем эксплуатации беспилотной техники, при которых несколько фермерских структур консолидируются для коллективного приобретения и использования дорогостоящих систем. Подобная схема демонстрирует наибольшую эффективность в районах с высокой плотностью малых и средних сельхозпредприятий, где единичный беспилотный комплекс способен охватывать территории совокупной площадью до десяти тысяч гектаров [5].

Перспективным вектором становится формирование сервисных организаций, специализирующихся на оказании услуг беспилотного наблюдения и обработки аграрных территорий. Изучение международного опыта демонстрирует, что подобные структуры способны достигать окупаемости капиталовложений при охвате территорий от трех тысяч гектаров, что коррелирует с масштабами типичного районного центра в земледельческих регионах России. Развитие этого направления предполагает создание специализированных образовательных центров для подготовки операторов беспилотных аппаратов и выработки стандартизированных методик проведения агротехнических мероприятий [3, 9].

Технологическое совершенствование должно концентрироваться на устранении конкретных проблем, лимитирующих результативность современных беспилотных платформ в российских реалиях. Критичным представляется увеличение автономности функционирования беспилотных аппаратов, поскольку средняя величина поля в российских агрохолдингах заметно превосходит возможности современных дронов. Преодоление данного ограничения связано с разработкой гибридных силовых установок, комбинирующих электродвигатели с двигателями внутреннего сгорания, что обеспечит увеличение длительности полета в три-четыре раза при сохранении экологических достоинств электрических конструкций.

Особой концентрации требует создание всепогодных беспилотных платформ, обладающих возможностью функционирования в условиях переменной облачности, незначительных осадков и умеренных воздушных потоков. Существующие метеорологические ограничения критически сокращают эффективность применения беспилотных комплексов в российских климатических условиях, где благоприятная для полетов погода может составлять менее половины суток вегетационного сезона.

Преодоление проблемы дефицита квалифицированного персонала должно опираться на формирование практико-ориентированных образовательных программ, интегрированных в действующую систему аграрной подготовки. Конкретным инструментом может выступить организация на базе региональных аграрных университетов специализированных центров компетенций по беспилотным агротехнологиям, которые будут одновременно исполнять роль исследова-

тельских лабораторий, учебных площадок и сервисных структур для местных аграрных производителей. Результативным механизмом является организация практических стажировок студентов и молодых профессионалов в передовых агрохолдингах, уже эксплуатирующих беспилотные решения. Такая практика обеспечивает трансляцию реального производственного опыта и формирование прикладных компетенций работы с современными системами [6].

Инфраструктурные барьеры нуждаются в создании региональных хабов технического сопровождения беспилотных комплексов, размещенных в ключевых сельскохозяйственных регионах страны. Такие центры должны гарантировать не только техническое обслуживание и восстановление оборудования, но и консультационное сопровождение пользователей, обучение персонала и адаптацию программных решений к локальным условиям. Критичным представляется решение проблемы коммуникаций в сельской местности, поскольку современные беспилотные комплексы требуют постоянного информационного обмена с наземными станциями диспетчеризации. Перспективным решением становится развитие спутниковых коммуникационных сетей специально для потребностей сельского хозяйства, что обеспечит охват даже наиболее удаленных аграрных территорий.

Проблематика технологической зависимости от импорта нуждается в целенаправленном развитии отечественных компетенций в критически значимых областях. Максимальный приоритет должен быть предоставлен организации отечественных производств высокоточных сенсоров для мультиспектрального анализа, систем глобального позиционирования и специализированного программного обеспечения для обработки сельскохозяйственных данных. Конкретным механизмом преодоления данного барьера может стать формирование государственно-частных партнерств между ведущими российскими технологическими компаниями и крупными агрохолдингами для разработки и апробации отечественных беспилотных комплексов. Такое партнерство гарантирует стабильный рынок сбыта для разрабатываемых решений и позволит учесть специфические потребности российских сельхозпроизводителей [2].

Результативная модернизация беспилотных технологий в российском аграрном производстве нуждается в реализации комплекса взаимосвязанных мероприятий, нацеленных на устранение экономических, технологических, кадровых и инфраструктурных препятствий. Ключевым фактором успеха выступает создание устойчивых механизмов взаимодействия между разработчиками технологий, сельхозпроизводителями и образовательными учреждениями.

Заключение

Проведенное исследование перспектив применения беспилотных летательных аппаратов в сельскохозяйственной отрасли Российской Федерации раскрывает значительный потенциал этого вектора технологической модернизации при одновременном присутствии масштабных системных барьеров, затрудняющих его воплощение. Изучение актуального положения демонстрирует, что российский аграрный сектор пребывает на начальном этапе освоения беспилотных решений, отличающемся разрозненным внедрением и локализацией в наиболее технологически развитых сегментах производства.

Технологические ресурсы современных беспилотных комплексов заметно опережают текущую степень их практической реализации, что свидетельствует о наличии существенных резервов повышения продуктивности аграрного производства. Особенно многообещающими представляются направления интеллектуальной оценки состояния растительных культур, адресного распределения агрохимических препаратов и автоматизированного картирования земледельческих территорий.

Обнаруженные проблемы обладают системным характером и нуждаются в комплексном подходе к их преодолению. Экономические препятствия, обусловленные значительной стоимостью оборудования и неопределенностью возвратности капиталовложений, могут быть устранены посредством развития кооперативных и сервисных схем эксплуатации беспилотных решений. Технологические ограничения требуют целенаправленных научно-исследовательских работ в области создания специализированных платформ, адаптированных к специфике российского земледелия.

Стратегическое значение развития беспилотных технологий в аграрной сфере превосходит отраслевые задачи и связано с обеспечением технологической независимости государства в критически значимой области. Успешная реализация возможностей данного направления нуждается в координации усилий государственных структур, бизнес-сообщества и научных организаций на основе долгосрочной стратегии развития цифрового земледелия.

Перспективы развития беспилотных технологий в российском аграрном производстве представляются благоприятными при условии воплощения предложенных направлений модернизации. Ключевыми факторами достижения успеха выступают формирование эффективных экономических инструментов доступа к передовым решениям, развитие отечественных производственных компетенций и подготовка квалифицированных специалистов, способных гарантировать результативную эксплуатацию сложных технических комплексов в условиях современного высокотехнологичного сельскохозяйственного производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве / Ю. Н. Зубарев, Д. С. Фомин, А. Н. Чашин, М. В. Заболотнова // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2019. – № 2. – С. 47-51. – DOI: 10.7242/2658-705X/2019.2.5.
2. Применение беспилотных летательных аппаратов как элемент цифровой трансформации сельского хозяйства / М. Х. Барчо, М. А. Ковток, С. М. Назарян, Д. Е. Шайхудинов // Вестник Академии знаний. – 2025. – № 1(66). – С. 69-73.
3. Эйдис, А. Л. Управление техническими системами / А. Л. Эйдис, Е. П. Парлюк. – М. : Издательство ООО «ВНИПР», 2010. – 72 с.
4. Крухмалев, А. В. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве: современные технологии и перспективы / А. В. Крухмалев

// International Journal of Advanced Studies. – 2025. – Т. 15, № 2. – С. 124-142. – DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-2-342.

5. Швед, Ю. В. Перспективы и трудности применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве / Ю. В. Швед // Качество и жизнь. – 2018. – № 4(20). – С. 374-381.

6. Будагов, И. В. Применение беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве / И. В. Будагов, Д. А. Беспятчук, С. В. Самарин // Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений : сборник статей по материалам III Всероссийской научно-практической конференции (Краснодар, 23 апреля 2021 года) / отв. за выпуск Е. В. Яроцкая. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2021. – С. 24-28.

7. Дидманидзе, О. Н. Проектирование производственных процессов в растениеводстве с использованием компьютерных технологий / О. Н. Дидманидзе, О. П. Андреев, А. Н. Журилин. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2018. – 150 с.

8. Трухачев, В. И. Какие сельскохозяйственные тракторы нужны завтра России? / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар : сборник статей, Москва, 22-24 января 2020 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2020. – С. 11-19.

9. Дидманидзе, О. Н. Основные направления развития тягово-транспортных средств в АПК / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, А. М. Карев // Доклады Тимирязевской сельскохозяйственной академии (см. в книгах). – 2015. – Т. 1, № 287-2. – С. 180-182.

Об авторах:

Бахин Данила Андреевич, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), Danila.bakhin@mail.ru.

Научный руководитель – Чепурин Александр Васильевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, av.tchepurin@rgau-msha.ru.

About the authors:

Danila A. Bakhin, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Danila.bakhin@mail.ru.

Scientific advisor – Alexander V. Chepurin, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, av.tchepurin@rgau-msha.ru.

МИРОВОЙ РЫНОК БАРАНИНЫ: ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Т. В. Бирюкова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрены основные тренды развития производства и потребления баранины в мире. Оценены перспективы развития мирового рынка баранины с учетом растущего потребления данного вида мяса в ряде мировых стран.

Ключевые слова: потребление баранины, производство баранины, потребитель, рынок баранины.

THE GLOBAL LAMB MARKET: MAIN TRENDS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

T. V. Biryukova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The main trends in the development of lamb production and consumption in the world are considered. The prospects for the development of the global lamb market are assessed, taking into account the growing consumption of this type of meat in a number of global countries.

Keywords: lamb consumption, lamb production, consumer, lamb market.

На современном этапе развития мировой рынок баранины находится на этапе серьезных перемен. Основными причинами таких тенденций являются существенные структурные сдвиги в производстве и переработке данного вида мяса, а также движущие силы спроса в ряде развивающихся стран, приводящие к трансформации глобальных торговых потоков [6].

Несмотря на вышеперечисленные аспекты мировой рынок баранины является относительно стабильным сегментом мирового рынка мяса, вступающего в фазу динамичных преобразований, обусловленных серьезным влиянием ряда факторов, в частности: экономических, демографических, технологических и структурных. Так по прогнозам ФАО ежегодный темп роста спроса на продукцию из баранины к 2032 году составит около 15 % что сопоставимо с темпами спроса на продукцию из мяса птицы и существенно опережает темпы роста спроса на говядину и свинину [5].

В 2023 году производство баранины и козлятины в мире достигло 17 млн т, стабильно ежегодно увеличиваясь на 1 %. Такому существенному росту способствует наращивание объемов производства в ключевых странах-производителях, таких как: Китай, Австралия, Турция и Великобритания [5]. В России производство баранины в 2024 году составило 203 тыс. т что составляет около 1,6 % от общего объема производства всех видов мяса сохраняя положительную динамику прироста равную 1 % в год [6].

Рост производства обусловлен растущему интересу со стороны потребителей к продукции из данного вида мяса. В первую очередь это связано с развитием требований покупателей к качеству продукта, его безопасности, экологичности, питательной ценности продукта. Помимо этого, несомненно, особую значимость приобретают такие факторы как расширение разнообразия приготовленных блюд. Не менее значимым акцентом роста популярности данного вида мяса связан с важной ролью баранины в культурных и религиозных практиках, ценности которых все больше возобновляются в домохозяйствах, особенно это касается религиозных праздников. Все вышеперечисленное обеспечивает устойчивый прирост потребления баранины в среднем на 1,2 % ежегодно [5].

Вместе с тем основным вектором развития потребления баранины на мировом рынке является растущее население в развивающихся странах Азии и Африки, в том числе за счет улучшающегося экономического благосостояния граждан, интерес к продуктам с высокой добавленной стоимостью также существенно увеличивается. Несмотря на это основным лидером по потреблению баранины выступает Китай, что составляет практически 28 % от совокупного объема мирового рынка. В настоящий момент Китай является импортером баранины, при этом внутренние мощности по производству данного вида мяса ежегодно увеличиваются в среднем на 3 %. Так в Китае с 2023 года за 6 лет производство баранины выросло на 12 % [5].

В настоящий момент мировыми экспортерами баранины являются Австралия и Новая Зеландия суммарно эти страны занимают около 72 % всего мирового экспорта. При этом сами экспортные потоки за последние пять лет существенно трансформировались, основная ориентация экспорта в настоящий момент сосредоточена на азиатском регионе, в частности: Китай, страны Персидского залива и т.д. При этом на экспортном рынке существенно повышают свои доли и ряд других стран, в частности Уругвай, который поставляет на мировой рынок замороженную продукцию, пользующуюся большим спросом в сегменте HORECA [5]. Россия в настоящий момент наращивает экспорт баранины преимущественно в страны Ближнего Востока и Центральной Азии (Казахстан, Саудовская Аравия, ОАЭ) [6].

В настоящий момент в отрасли происходит ряд структурных перемен, обоснованных переходом к промышленному производству. Развитие производства баранины базируется на принципах развития свиноводства и птицеводства, в частности переходу к вертикальной интеграции и масштабированию производства [2]. Одновременно в ряде стран мира прослеживается тренд перехода к мясным породам, таким как: тексель, дорпер и другим, обладающими лучшими параметрами по выходу мяса, что отражается и на себестоимости продукции [3].

Несомненным трендом является и развитие концентрации производств, что позволяет повышать производительность крупных предприятий, осуществляющих свою деятельность в данной сфере [1].

Таким образом, мировой рынок баранины в настоящий момент проходит через период серьезных трансформаций, связанных с развитием спроса на данный вид продукции в развивающихся странах Азии и Африки с одной стороны и развитие производства в регионах-производителях. Драйвером для развития рынка выступает растущее потребление баранины и продукции ее переработки. Именно растущий спрос способен обеспечить успех развития отдельных стран и организаций, способных подстроить свою систему производства под новые условия, эффективно реагировать на внешние вызовы и меняющиеся потребительские предпочтения на данный вид мяса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ашмарина, Т. И. Экономика аграрного природопользования, перспектива развития / Т. И. Ашмарина // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения В. П. Горячкина (Москва, 06-07 июня 2018 года). – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018. – С. 379-382.
2. Бирюкова, Т. В. Проблемы и перспективы развития свиноводства в странах ЕС / Т. В. Бирюкова. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2015. – 186 с.
3. Бирюкова, Т. В. Применение современных технологий на предприятиях АПК как залог повышения конкурентоспособности региона / Т. В. Бирюкова // Известия Международной академии аграрного образования. – 2018. – № 39. – С. 95-99.
4. Цифровые трансформации в аграрном секторе экономики : коллективная монография / под общей ред. проф. Ю. В. Чутчевой. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. – 340 с.
5. Бирюкова, Т. В. Тенденции развития мирового рынка мяса и его структура / Т. В. Бирюкова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2011. – № 2. – С. 45-46.

Об авторе:

Бирюкова Татьяна Владимировна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат экономических наук, tbiryukova@rgau-msha.ru.

About the author:

Tatiana V. Biryukova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Economic Sciences, tbiryukova@rgau-msha.ru.

ВНЕДРЕНИЕ И РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ МЕЛКОМАСШТАБНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ НА ХЛОПКОВЫХ ФЕРМАХ В МАЛИ

Б. Бубакар

Научный руководитель – А. Г. Левшин

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Статья анализирует внедрение и рентабельность мелкомасштабной механизации на хлопковых плантациях Мали, уделяя особое внимание лёгкому оборудованию (плуги, сеялки на животной тяге, мотокультиваторы). В работе оценивается рост производительности, сокращение трудозатрат и экономические ограничения, демонстрируя повышение рентабельности для хозяйств площадью от 3...5 гектаров, что выражается в увеличении урожайности на 15...25 % и быстрой окупаемости инвестиций. Рекомендации касаются местного производства оборудования, коллективных механизированных услуг и адаптированного обучения для обеспечения устойчивого распространения технологий среди мелких производителей.

Ключевые слова: хлопковая механизация, Мали, тяговая сила животных.

ADOPTION AND PROFITABILITY OF SMALL-SCALE MECHANIZATION ON COTTON FARMS IN MALI

B. Bubakar

Scientific advisor – A. G. Levshin

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article analyzes the adoption and profitability of small-scale mechanization on cotton farms in Mali, with a focus on light equipment (plows, animal-drawn seeders, motor cultivators). The study evaluates productivity gains, reductions in labor time, and economic constraints, demonstrating increasing profitability for farms of 3...5 hectares, reflected in yield increases of 15...25 % and rapid payback of investments. Recommendations address local equipment manufacturing, collective mechanized services, and tailored training to promote sustainable dissemination of technologies among small-scale producers.

Keywords: cotton mechanization, Mali, animal traction.

Введение

Демографическое давление и малая доступность рабочей силы является важным фактором для развития хлопководства. Истощение сельской рабочей силы, связанное с оттоком молодежи в города, вынуждает фермеров искать механизированные альтернативы.

В настоящее время развитие хлопководства [1, 2] ограничено большими затратами труда – 90 % работ выполняются вручную. Факторы, ограничивающие внедрение мелкомасштабной механизации на хлопковых фермах в Мали [4-6]:

- размер и структура хозяйства;
- ограниченный доступ к кредитам и субсидиям;
- отсутствие службы технического обслуживания и ремонта (послепродажного обслуживания).

Более 70 % крестьянских хозяйств имеет земельные наделы площадью от 3 до 10 гектаров. Они имеют достаточный объем производства для окупаемости инвестиций и склонны инвестировать в легкое оборудование.

Первоначальный размер инвестиций остаётся основным препятствием. Государственные программы и проекты сотрудничества (такие как программы Малийской компании по развитию текстиля (CMDT) и ФАО) способствуют приобретению оборудования по субсидированным ценам или через коллективный лизинг и кооперацию.

Для развития малой механизации должна быть служба технического обслуживания и ремонта (послепродажного обслуживания). Качественный сервис позволит обеспечить надежность и долговечность техники. Привлечение местных ремесленников к техническому обслуживанию способствует устойчивому внедрению [7-9].

Внедрение мелкомасштабной механизации позволит создать условия для развития хлопководства в Республике Мали.

Мелкомасштабная механизация на малийских хлопковых фермах постепенно внедряется, но сдерживается высокими начальными затратами и ограниченным доступом к кредитованию. Она демонстрирует переменную рентабельность, часто положительную, благодаря росту производительности и экономии рабочей силы, хотя и зависящую от регионов и агротехнических практик. Исследования указывают на увеличение урожайности в таких районах, как Кутиала, несмотря на такие проблемы, как отсутствие технического обслуживания и низкое плодородие почв.

Цель исследования - оценить рентабельность мелкомасштабной механизации для хлопка (затраты, рост производительности, валовая прибыль или чистый доход на гектар или на работника) в сравнении с немеханизированными системами.

Материалы и методы

Методами исследования являются: анализ научных статей и публикаций в научных журналах, опыт отечественных и зарубежных производителей.

Результаты и обсуждение

Экономическая рентабельность. Несколько исследований, проведенных в хлопководческих районах южного Мали, показали, что частичная механизация может значительно повысить рентабельность [2]:

- урожайность хлопка увеличивается в среднем на 15...25 % благодаря более равномерной подготовке почвы и регулярному посеву;
- время на подготовку почвы и посев сокращается на 60...80 %, высвобождая рабочую силу для других сельскохозяйственных или вне сельскохозяйственных работ;

- окупаемость оборудования (например, сеялки на животной тяге стоимостью 120 евро или мотоблока стоимостью около 800 евро) обычно происходит за два-три сезона, в зависимости от размера хозяйства и изменчивости урожайности.

- добавленная стоимость на гектар может увеличиться на 12...18 %, особенно в хозяйствах, сочетающих выращивание хлопка и продовольственных культур.

Ограничения и проблемы. Несмотря на эти преимущества, распространение механизации сдерживается рядом ограничений:

- земельная раздробленность не всегда позволяет эффективно использовать механизированное оборудование;
- высокая стоимость топлива и запасных частей сокращает прибыль мелких производителей;
- отсутствие технической подготовки ограничивает правильное использование и обслуживание техники, приводя к её преждевременному износу.

Перспективы и рекомендации

Для повышения рентабельности и распространения мелкомасштабной механизации в хлопководческих хозяйствах можно рассмотреть следующие направления:

- Содействие местному производству адаптированной сельскохозяйственной техники посредством поддержки ремесленников и специализированных малых и средних предприятий (МСП);
- Создание кооперативов механизированных услуг, позволяющих фермерам совместно нести инвестиционные и эксплуатационные расходы;
- Развитие технической подготовки фермеров по использованию, обслуживанию и экономическому управлению техникой;
- Поощрение диверсификации культур для оптимизации окупаемости затрат на оборудование и снижения зависимости от хлопка.

Таким образом, мы представим таблицу (таблица 1), показывающую улучшение результатов в зависимости от степени механизации.

Таблица 1 – Внедрение и рентабельность мелкомасштабной механизации в хлопководческих хозяйствах Мали

Тип хозяйства	Площадь, га	Уровень механизации	Средние инвестиции, Евро	Изменение урожайности	Влияние на чистый доход
Мелкое	< 3 Га	Ручной труд/ инструмент	Низкие	База для сравнения (0 %)	База для сравнения (0 %)
Среднее	3...5 Га	Животноводческая тяга	100...150 €	+10 до 20 %	+8 до 15 %
Средне-крупное	5...10 Га	Смешанная механизация	300...800 €	+15 до 25 %	+12 до 18 %
Крупное	< 10 Га	Моторизованная механизация	< 800 €	+20 до 30 %	+15 до 20 %

Выводы

Мелкомасштабная механизация на хлопковых плантациях Мали представляется решающим рычагом для повышения продуктивности и рентабельности малых и средних фермерских хозяйств, особенно в хлопководческих регионах на юге страны. Сочетая тягловую силу животных и малое моторизованное оборудование, она позволяет существенно сократить трудозатраты на подготовку почвы, посев и прополку, одновременно повышая урожайность и добавленную стоимость с гектара. Тем не менее, её распространение по-прежнему сдерживается высокой начальной стоимостью оборудования, ограниченным доступом к кредитованию, слабостью инфраструктуры технического обслуживания и недостатком технической подготовки производителей.

В данном контексте наиболее рентабельной механизацией для мелких хлопководческих хозяйств являются постепенные и адаптированные к размеру ферм решения: улучшенные ручные орудия и тягловая сила животных для очень малых площадей, а затем лёгкая моторизация для хозяйств, превышающих примерно 5 гектаров.

Укрепление местного производства техники, создание общинных механизированных служб и внедрение гибких механизмов финансирования являются необходимыми условиями для обеспечения устойчивого распространения этих технологий. Таким образом, мелкомасштабную механизацию не следует рассматривать как простую замену рабочей силы, а как стратегический инструмент модернизации, обеспечения стабильности доходов и привлечения молодёжи к хлопководству в Мали.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Диалло, Д. Влияние вспашки, прямого посева и типа почвы на запас углерода, потери почвы и урожайность интенсивного севооборота (хлопок/кукуруза) в Южном Мали / Д. Диалло, Д. Оранж, Э. Рус // *Борьба с эрозией : сборник научных трудов*. – 2012.
2. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (ФАО). Комплексное управление производством и вредителями хлопчатника : руководство для инструкторов по организации фермерских полевых школ. – Рим : ФАО, 2014.
3. Диарра, М. Восприятие преимуществ и ограничений прищипки хлопчатника производителями Мали / М. Диарра, М. Авар, М. Сумаре // *Cahiers Agricultures*. – 2020. – Т. 29. – С. 10.
4. Аттеюб, Х. Место производства хлопка в Мали / Х. Аттеюб, М. Модибо Сидибэ // *International Journal of Innovative Science and Research*. – 2020.
5. СИРАД / CMDT. Анализ состояния механизации в процессе интенсификации сельского хозяйства в Мали. – Бамако, 2017.
6. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (ФАО). Устойчивое производство хлопка : практическое руководство [Электронный ресурс]. – URL: https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/ags/publications/K7325e.pdf (дата обращения: 29.09.2025).

7. Дидманидзе, О. Н. Моделирование производственных процессов по уборке фруктов / О. Н. Дидманидзе, А. А. Зангиев, Н. Х. Сулейманов. – М. : Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина, 1998. – 114 с.

8. Дидманидзе, О. Н. Проектирование производственных процессов в растениеводстве с использованием компьютерных технологий / О. Н. Дидманидзе, О. П. Андреев, А. Н. Журилин. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2018. – 150 с.

9. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.

Об авторах:

Бубакар Барри, магистр, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), bb538365@gmail.com.

Научный руководитель – Левшин Александр Григорьевич, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор, alevshin@rgau-msha.ru.

About the authors:

Barry Boubacar, Magister, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), bb538365@gmail.com.

Scientific advisor – Alexander G. Levshin, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, Professor, alevshin@rgau-msha.ru.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ СЛИЧИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

М. Д. Бурова

Научный руководитель – Н. Ж. Шкаруба

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Представлены результаты цифрового моделирования процесса межлабораторных сличительных испытаний колесных транспортных средств в среде Business Studio в нотации BPMN. Предложенная модель позволит повысить прозрачность и качество проведения межлабораторных сличительных испытаний колесных транспортных средств, обеспечит системный и процессный подход в соответствии с требованиями международных стандартов ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ ISO/IEC 17025 - 2019.*

Ключевые слова: *межлабораторные-сличительные испытания, компетентность лаборатории, контроль качества.*

MODELING THE PROCESS OF INTERLABORATORY COMPARATIVE TESTS OF WHEELED VEHICLES

M. D. Burova

Scientific advisor – N. Zh. Shkaruba

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The paper presents the results of digital modeling of the interlaboratory comparison testing process for wheeled vehicles in the Business Studio environment using BPMN notation. The proposed model will improve the transparency and quality of interlaboratory comparison tests of wheeled vehicles and ensure a systematic and process-based approach in accordance with the requirements of international standards GOST R ISO 9001-2015 and GOST ISO/IEC 17025-2019.*

Keywords: *interlaboratory comparison tests, laboratory competence, quality control.*

Введение

Контроль машин и механизмов является важнейшим этапом в области оценки цифровых показателей качества [1]. В современном мире, где решения принимаются на основе аналитических данных, межлабораторные сличительные испытания (МСИ) обретают не просто актуальность, а статус необходимого условия для функционирования испытательной лаборатории [2]. МСИ позволяет

объективно оценить компетентность лаборатории, сопоставляя результаты ее работы с результатами других участников МСИ. Подобная практика не только подтверждает соответствие строгим международным стандартам, таким как ISO/IEC 17025 [3], но и играет решающую роль в поддержании аккредитации, являясь доказательством постоянного контроля качества. Разработка индивидуальной программы МСИ, как это подчеркивается в исследованиях [4], превращает процесс в системный, позволяя лаборатории уверенно оценивать свои возможности в различных областях. МСИ – это не просто проверка, а действенный инструмент для непрерывного совершенствования методов измерений и повышения их качества [5, 6]. Кроме этого, в соответствии с ISO/IEC 17025 испытательные лаборатории должны иметь систему менеджмента качества (СМК), соответствующую требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015 [7]. С позиции СМК процедуру МСИ можно рассматривать в качестве инструмента верификации процесса испытаний, поэтому при разработке регламента процесса МСИ для испытательных лабораторий надо учитывать требования ГОСТ Р ИСО 9001-2015, т.е. применять процессный подход, который позволяет структурировать деятельность организации (лаборатории), выявлять взаимосвязи между процессами и управлять рисками [8-10].

Эффективным инструментом моделирования процесса являются различные нотации, такие как IDFO, BPMN, EPC и т.д., которые позволяют визуализировать и оптимизировать процессы испытательной лаборатории (ИЛ). Целью настоящего исследования является разработка функциональной модели процесса проведения межлабораторных сличительных испытаний на основе процессного подхода и цифрового моделирования.

Применяемые методы и средства

В ходе исследования была разработана функциональная модель процесса проведения межлабораторных сличительных испытаний в нотации BPMN с использованием программного комплекса Business Studio.

Результаты исследований и их анализ

МСИ включают в себя несколько этапов и задействует несколько испытательных лабораторий. Организатором и координатором МСИ является – провайдер, который разрабатывает план проведения испытаний и отвечает за отбор и подготовку образцов, в нашем случае колёсных транспортных средств. Испытательные лаборатории, участвующие в МСИ, осуществляют оценку безопасности колёсных транспортных средств и передают полученные результаты провайдеру. На заключительном этапе провайдер проводит обработку полученных результатов, оценивает компетентность испытательной лаборатории и формирует сводный отчет, который представляется на рассмотрение во ФГИС Росаккредитации.

Для успешного проведения МСИ в испытательной лаборатории необходимо установить: последовательность выполнения основных действий в процессе; взаимодействие внешних и внутренних участников процесса; распределить ответственность и полномочия по процессу.

Для наглядности и структурированности представим этапы, касающиеся лаборатории в нотации BPMN. Это позволит визуализировать последовательность действий, события, решения и взаимодействия, происходящие в лаборатории (рисунок 1).

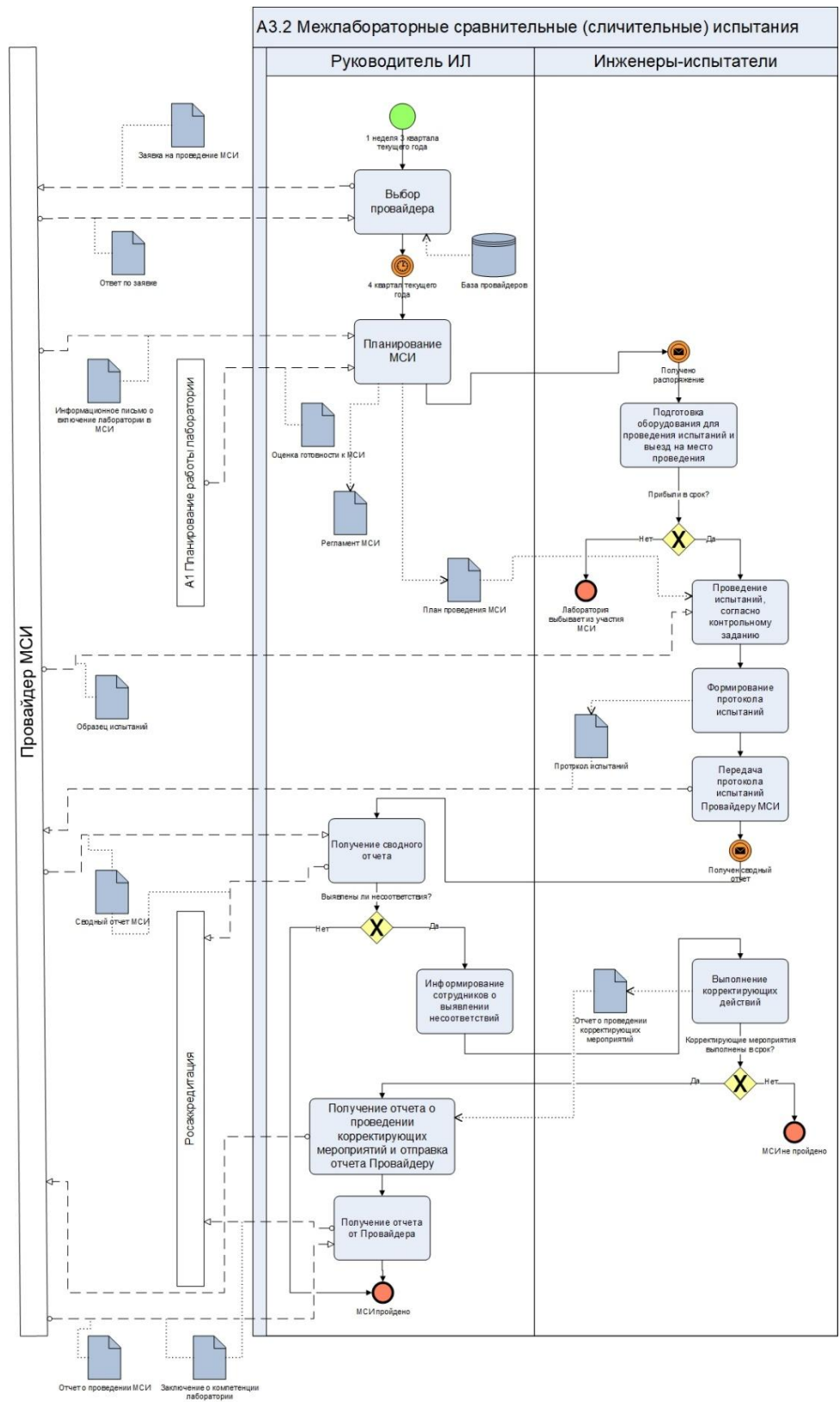


Рисунок 1 – Функциональная модель процесса проведения межлабораторных сличительных испытаний в нотации BPMN

Как видно из представленной функциональной модели (рисунок 1), работы по организации и проведению МСИ распределены между руководителем ИЛ и инженерами-испытателями. В модели определены стартовое, конечные и промежуточные события по процессу МСИ.

Для того, чтобы участвовать в следующем году в МСИ, лаборатория должна приступить к подготовительному этапу не позднее чем в первую неделю третьего квартала текущего года – это является стартовым событием для данного процесса. Руководитель ИЛ должен выбрать провайдера и внести МСИ в общий план работы ИЛ на следующий год. На следующем этапе инженеры-испытатели осуществляют подготовку и проведение непосредственных испытаний колесных транспортных средств, предоставленных провайдером в чётко установленное время. На заключительном этапе руководитель ИЛ информирует сотрудников о результатах МСИ и, при необходимости, проводит корректирующие мероприятия в случае выявления несоответствий по процессу. Кроме последовательности действий и распределения ответственности на модели отражены потоки объектов (документов) как внутри процесса, так и с внешними участниками.

Вывод

Проведенное исследование подтвердило важность и необходимость участия испытательных лабораторий в МСИ колёсных транспортных средств. Использование нотации BPMN позволило разработать модель процесса МСИ в ИЛ с учётом требований международных ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Использование функциональной модели позволит обеспечить высокий уровень организации и проведения МСИ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акатьева, Т. И. Разработка методики проведения межлабораторных сличительных испытаний / Т. И. Акатьева, Т. П. Куренкова // Литьё и металлургия. – 2012. – № 1(64). – С. 18-23.
2. Основы проектирования операций входного контроля на машиностроительных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «ОнтоПринт», 2020. – 89 с. – ISBN 978-5-6042437-5-6. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2020.43.25.001.
3. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – Введ. 2019-09-01. – М. : Стандартинформ: Оформление, 2019, 2020, 2021. – IV, 25 с.
4. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М. : Стандартинформ, 2015. – 32 с.
5. Научные основы организации системы менеджмента качества на предприятиях ТС в АПК / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, В. В. Карпузов [и др.]. – Ставрополь : Логос, 2020. – 176 с. – ISBN 978-5-907258-89-1.
6. Попова, А. А. Подходы к повышению качества и эффективности процесса проведения испытаний в лаборатории / А. А. Попова, Е. В. Замиралова // Управленческий учёт. – 2024. – № 8. – С. 234-240.

7. Скрыбина, О. В. Сравнительный анализ требований ГОСТ как элемент самооценки риск-менеджмента в деятельности лаборатории / О. В. Скрыбина, Д. С. Рябкова // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Т. 14, № 8. – С. 4339-4352. – DOI 10.18334/erpp.14.8.121539.

8. Межлабораторные сличительные испытания как инструмент повышения качества измерений в лаборатории / В. Ю. Третьякова, С. Ю. Малахова, Л. Ю. Момотова, О. Б. Пономарева // Стандартные образцы в измерениях и технологиях : тезисы докладов VI Международной научной конференции (Екатеринбург, 03-06 сентября 2024 года). – Екатеринбург : Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева, 2024. – С. 167-169.

9. Филатова, В. С. Организация межлабораторных сличительных испытаний и их роль в деятельности лаборатории / В. С. Филатова, Е. Е. Лебенкова // Современные проблемы науки, общества и образования : сборник статей VII Международной научно-практической конференции (Пенза, 27 декабря 2024 года). – Пенза : Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г. Ю.), 2024. – С. 35-39.

10. Износостойкость низколегированных сталей в абразивной среде / М. Н. Ерохин, С. М. Гайдар, Д. М. Скороходов [и др.] // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 3. – С. 72-78. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-3-72-78.

Об авторах:

Бурова Маргарита Джемаловна, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

Научный руководитель – Шкаруба Нина Жоровна, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, доцент, shkaruba@rgau-msha.ru.

About the authors:

Margarita D. Burova, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Nina Zh. Shkaruba, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, shkaruba@rgau-msha.ru.

КОНСЕРВАЦИЯ ТРАКТОРОВ И ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ

С. И. Ванчуров, И. А. Чернова

Научный руководитель – Н. С. Севрюгина

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрена систематизация и углубление научно-практических знаний в области консервации тракторов. Представлена технология обслуживания систем освещения перед длительным хранением техники.

Ключевые слова: консервация техники, обслуживание тракторов, системы освещения, техническое обслуживание.

CONSERVATION OF TRACTORS AND MAINTENANCE OF LIGHTING SYSTEMS

S. I. Vanchurov, I. A. Chernova

Scientific advisor – N. S. Sevryugina

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article discusses the systematization and deepening of scientific and practical knowledge in the field of tractor conservation. The technology of lighting system maintenance before long-term storage of equipment is presented.

Keywords: equipment preservation, tractor maintenance, lighting systems, and technical maintenance.

Эффективность и конкурентоспособность современного сельскохозяйственного производства в решающей степени зависят от технической готовности и эксплуатационной надёжности машинно-тракторного парка (МТП). Однако эксплуатационные характеристики техники формируются не только в периоды её активной работы, но и во время межсезонной стоянки. В агроклиматических условиях большинства регионов России, характеризующихся значительными сезонными перепадами температур, повышенной влажностью и длительным периодом простоя (от 4 до 7 месяцев), процессы естественного старения и деградации узлов сельхозтехники протекают с высокой интенсивностью. Негативное воздействие факторов окружающей среды – атмосферных осадков, конденсата, агрессивных почвенных и растительных остатков, а также биологических факторов (грызуны, микроорганизмы) – приводит к коррозии металлических поверхностей, старению

полимерных материалов, деградации топлив и масел, разряду и сульфатации аккумуляторных батарей [1, 3] (рисунок 1).



Рисунок 1 – Коррозия металла и износ полимерного материала

В этом контексте консервация техники – комплекс организационно-технических мероприятий по подготовке к длительному хранению – перестаёт быть второстепенной задачей и становится критически важным элементом системы технического сервиса, напрямую влияющим на капитализацию основных средств предприятия. Пренебрежение регламентированными процедурами консервации ведёт к каталитическому износу, выходу из строя дорогостоящих компонентов (топливной аппаратуры, гидросистем, электронных блоков управления) и, как следствие, к существенным финансовым потерям, которые, по оценкам экспертов, могут достигать 15...25 % от стоимости восстановительного ремонта за сезон [2, 4].

Параллельно с общей сохранностью агрегатов особую актуальность приобретает поддержание в работоспособном состоянии вспомогательных, но жизненно важных систем, к числу которых относится система освещения и световой сигнализации. Её исправность является не только требованием Правил дорожного движения для перемещения по дорогам общего пользования, но и ключевым фактором безопасности и производительности труда при проведении полевых работ в условиях ограниченной видимости (ночные смены, ранние утренние часы, туман, запылённость). Дефекты светотехники – от перегоревших ламп до коррозии разъёмов и обрывов проводки – снижают оперативность работ, повышают риски аварийных ситуаций и травматизма, а также могут привести к штрафным санкциям со стороны контролирующих органов (рисунок 2) [5]. Перечень методов и их целевого применения приведён в таблице 1.

Несмотря на очевидную практическую значимость, в научно-технической литературе и отраслевой практике данные вопросы часто рассматриваются изолированно. Методики консервации освещаются в руководствах по эксплуатации, но носят общий характер, в то время как обслуживанию систем освещения уделяется минимальное внимание в рамках регламентного ТО [1, 6].

Чтобы приблизиться к решению данной проблемы, стоит рассмотреть комплекс методов, предназначенных для обработки информации.

Основное ограничение в исследовании связано с характером исходных данных: часть информации, особенно касающаяся экономических расчётов и конкретных случаев, получена из открытых источников и может варьироваться

в зависимости от региона, типа техники и условий конкретного хозяйства. Тем не менее, использованный метод систематизации и обобщения позволяет выявить общие, объективные закономерности и сформулировать рекомендации, применимые в большинстве практических ситуаций [2, 4].

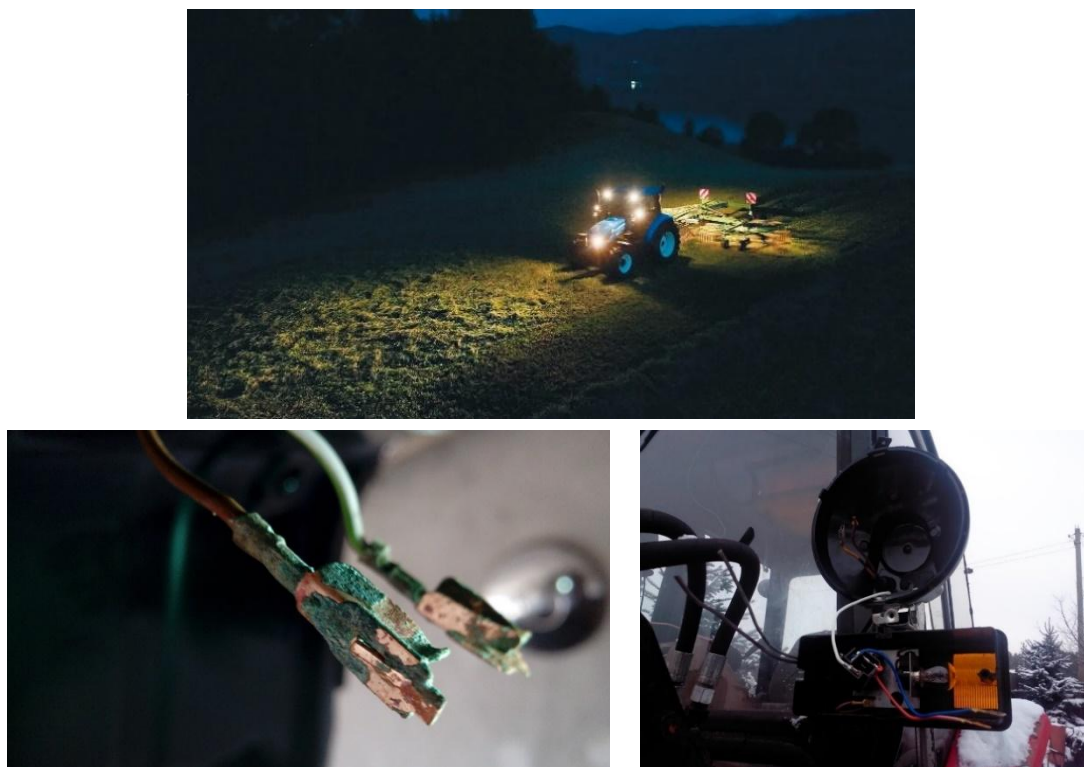


Рисунок 2 – Освещение, коррозия разъема и обрыв проводки

Таблица 1 – Методологический блок исследования: методы и цели

Методологический блок	Содержание и применяемые методы	Цель применения
Систематизация и обобщение	Сравнительный анализ процедур, описанных в различных источниках. Выделение универсальных и специфичных этапов. Синтез единого детализированного алгоритма.	Формирование структурированной, технологически полной и адаптированной к современным условиям инструкции по консервации.
Классификация и таксономия	Группировка типовых неисправностей систем освещения по признакам: характер дефекта (обрыв, КЗ, окисление), локализация (проводка, контакт, потребитель), способ диагностики.	Создание наглядного диагностического инструмента (таблицы-определителя) для ускорения поиска и устранения неполадок силами механиков хозяйств.
Экономический анализ	Сбор и сопоставление данных о стоимости профилактических мероприятий (материалы, трудозатраты) и потенциальных затратах на ремонт (запчасти, простой). Расчёт усреднённых показателей и оценка экономического эффекта.	Количественное обоснование экономической целесообразности строгого следования регламентам консервации и обслуживания.
Case study (анализ конкретных случаев)	Детальное описание и разбор практического опыта сельхозпредприятий («Нива», СПК «Рассвет»), внедривших изучаемые процедуры. Анализ достигнутых результатов (сокращение простоев, уменьшение числа поломок).	Валидация теоретических выводов на реальных примерах, демонстрация практической пользы.

Консервация – это комплекс мероприятий, направленных на защиту техники от коррозии, старения материалов и повреждений в период простоя. На основе анализа источников разработан Алгоритм консервации тракторов (таблица 2) [1, 3, 4, 8, 9].

Таблица 2 – Основные этапы консервации трактора перед длительным хранением

№	Этап	Содержание работ	Ключевые рекомендации
1	Очистка	Полная мойка от растительных остатков, земли, химикатов. Продувка электроразъёмов.	Использовать обезжиривающие растворы; уделить особое внимание зерноуборочным и кормоуборочным машинам.
2	Осмотр и дефектация	Визуальный осмотр на наличие сколов, трещин, износа рабочих органов.	Привлечение специалиста для составления ведомости необходимых запчастей.
3	Защита металлических поверхностей	Смазка неокрашенных деталей (штоки цилиндров, направляющие, резьбовые соединения).	Для открытых площадок рекомендованы пластичные смазки или их смеси с маслом.
4	Работа с шинами и резинотехническими изделиями	Снижение давления в шинах до 70% номинала, обработка силиконовой смазкой.	Установка техники на «чурбаки» для разгрузки, использование защитных чехлов.
5	Подготовка топливной системы и жидкостей	Заполнение бака топливом с антикоррозионными присадками, проверка уровня масел и антифриза.	Полный бак предотвращает образование конденсата.
6	Демонтаж и хранение электрооборудования	Снятие аккумулятора, мониторов, датчиков, блоков управления. Герметизация оставшихся разъёмов.	Хранение в сухом отапливаемом помещении.
7	Защита от атмосферных воздействий	Закрытие заглушками воздухозаборника, выхлопной трубы, всех технологических отверстий.	Оставить открытыми только сливные устройства для отвода конденсата.
8	Периодическое обслуживание во время хранения	Обход техники раз в 1-2 месяца, восстановление смазки, проверка на наличие грызунов.	Перемещение техники на четверть оборота колёс для предотвращения деформации шин.

Критически важным является срок начала консервации – не позднее 10 дней после окончания сезона, а для техники, работавшей с химикатами, – немедленно [3, 4].

Современная система освещения сельхозтехники включает фары дальнего/ближнего света, габаритные, сигнальные и противотуманные огни, а также внутреннюю подсветку кабины. Её исправность – условие безопасности и правомерности эксплуатации. В рамках технического обслуживания (ТО) проверка системы освещения является обязательным элементом как ежедневного, так и сезонного обслуживания (таблица 3) [5, 7].

Таблица 3 – Типовые неисправности системы освещения, их признаки и методы устранения

Неисправность	Признаки	Способ диагностики	Метод устранения
Обрыв проводки	Не горит один или несколько приборов	Прозвонка цепи мультиметром, визуальный осмотр	Замена повреждённого участка провода, восстановление изоляции
Короткое замыкание	Частое перегорание предохранителей, запах гари	Поэтапное отключение потребителей, проверка сопротивления	Устранение контакта «+» на «массу», замена оплавленных участков проводки
Окисление контактов	Мерцание света, тусклое свечение	Визуальный осмотр разъёмов, проверка напряжения на клеммах	Зачистка контактов, обработка антиокислительной смазкой
Выход из строя лампы	Отсутствие свечения, видимый обрыв нити накала	Визуальный осмотр, установка заведомо исправной лампы	Замена лампы на аналогичную соответствующей мощности
Неисправность выключателя или реле	Свет не включается ни в одном режиме	Подача напряжения напрямую на потребитель, проверка срабатывания реле	Замена выключателя, реле или блока управления

Основные неисправности, согласно литературным данным, сводятся к обрывам, коротким замыканиям, плохому контакту и выходу из строя элементов. Для их оперативного выявления необходим минимальный набор инструментов: мультиметр, набор предохранителей, запасные лампы и контактный очиститель [5, 7].

Пренебрежение консервацией может привести к затратам, многократно превышающим стоимость профилактических мероприятий. Например, замена повреждённой грызунами проводки на комбайне может обойтись в 50...100 тыс. рублей, а капитальный ремонт гидросистемы из-за коррозии – в несколько сотен тысяч. Регулярное обслуживание освещения (замена ламп, чистка контактов) стоимостью в несколько тысяч рублей в год предотвращает риск аварии из-за плохой видимости, ущерб от которой может быть несоизмеримо выше [2, 3].

Технологические инновации в консервации будут идти по пути автоматизации, повышения эффективности и экологичности процессов [2-6]:

- Интеллектуальные материалы: Внедрение «умных» консервационных покрытий с индикаторами состояния (меняющих цвет при истечении срока защиты) и составов с пролонгированным, саморегенерирующимся действием.

- Роботизация процессов: Использование мобильных роботизированных платформ или дронов для дистанционного осмотра техники на хранении, нанесения защитных составов на труднодоступные узлы и мониторинга параметров среды.

- Децентрализованное производство материалов: Развитие технологий локального (на базе хозяйства) приготовления эффективных консервационных композиций из доступных компонентов, что снижает логистические издержки и повышает автономность.

Эволюция систем освещения и электрооборудования [5, 7]:

- Полный переход на LED и лазерные технологии: Замена традиционных ламп на светодиодные (LED) станет стандартом благодаря их огромному ресурсу, устойчивости к вибрациям и энергоэффективности. Перспективным направлением является внедрение лазерных фар, обеспечивающих сверхдальний и четко очерченный световой поток для работы в ночное время.

- Интеграция с бортовой диагностикой: Системы освещения перестанут быть изолированными. Каждый световой модуль будет оснащен чипом для самодиагностики и связи с общей шиной данных трактора. Это позволит бортовому компьютеру в реальном времени отслеживать исправность, потребляемую мощность и прогнозировать отказы.

- Адаптивное и ситуативное освещение: Внедрение систем, автоматически регулирующих угол, дальность и интенсивность света в зависимости от скорости движения, типа выполняемой операции (вспашка, транспорт) и условий видимости (дождь, туман).

Перспективы развития в области консервации тракторов и обслуживания систем освещения носят дифференцированный и прагматичный характер. В краткосрочной перспективе основное развитие будет определяться экономикой: совершенствование традиционных, но более эффективных методик и материалов для сохранения стремительно стареющего парка техники [2, 3]. Параллельно, как для новой, так и для модернизируемой техники, будет происходить технологическая конвергенция: системы освещения станут частью единой цифровой архитектуры машины, а процесс консервации трансформируется от рутинной процедуры в управляемый цифровой процесс, интегрированный в системы точного земледелия [2, 4, 6].

Таким образом, будущее лежит в синергии между практико-ориентированными, ресурсосберегающими решениями для текущих нужд и поэтапным внедрением прорывных цифровых технологий, которые закладывают основу для принципиально нового уровня надежности и управляемости сельскохозяйственной техникой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 27252-87. Консервация и хранение. – Введ. 1988-07-01. – М. : Издательство стандартов, 1987. – 12 с.

2. Правила консервации техники от СТ AGRO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ctagro.com/news-inner/pravila-konservacii-texniki-ot-ct-agro> (дата обращения: 28 сентября 2025 г.).

3. Зимнее хранение сельхозтехники: ошибки, правила и рекомендации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://direct.farm/post/zimneye-khraneniye-selkhoztekhniki-oshibki-pravila-i-rekomendatsii-5251> (дата обращения: 28 сентября 2025 г.).

4. Готовим самоходную технику к зимнему хранению [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blog.rostselmash.com/tekhnika-i-tekhnologii/>

gotovim-samokhodnuyu-tehniku-k-zimnemu-khraneniyu (дата обращения: 28 сентября 2025 г.).

5. Световые приборы на тракторах, грузовиках и спецтехнике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gbc-ural.ru/baza-znaniy/svetovye-pribory-na-traktorakh-gruzovikakh-i-spetstekhnike/> (дата обращения: 28 сентября 2025 г.).

6. Техническое обслуживание тракторов: сроки и процедуры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gbc-ural.ru/baza-znaniy/svetovye-pribory-na-traktorakh-gruzovikakh-i-spetstekhnike/> (дата обращения: 28 сентября 2025 г.).

7. Основные неисправности системы освещения, их признаки, способы определения и устранения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/14991092/page:19/> (дата обращения: 28 сентября 2025 г.).

8. Практикум по хранению и защите от коррозии сельскохозяйственной техники / А. Э. Северный, Е. А. Пучин, В. Е. Рязанов [и др.]. – М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2009. – 160 с.

9. Tempering Behavior of Novel Low-Alloy High-Strength Steel / V. Dudko, D. Yuzbekova, S. Gaidar [et al.] // Metals. – 2022. – Vol. 12, No. 12. – P. 2177. – DOI 10.3390/met12122177.

Об авторах:

Ванчуров Сергей Игоревич, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Чернова Ирина Александровна, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Севрюгина Надежда Савельевна, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, доцент, svan0000@mail.ru.

About the authors:

Sergey I. Vanchurov, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Irina A. Chernova, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Nadezhda S. Sevryugina, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, svan0000@mail.ru.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОТКЛОНЕНИЙ ОТ ПАРАЛЛЕЛЬНОСТИ ШЕЕК КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

К. Я. Вергазова

Научный руководитель – О. А. Леонов

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Приведено описание приспособления, которое планируется использовать при дефектации изношенного и контроле восстановленного коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания.*

Ключевые слова: *коленчатый вал, дефектация, контроль, измерительное приспособление, отклонение от параллельности осей.*

MODERNIZATION OF A DEVICE FOR CHECKING PARALLELISM OF THE CRANKSHAFT SHAFT

K. Ya. Vergazova

Scientific advisor – O.A. Leonov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The description of the device that is planned to be used in the defecting of worn and control of the restored crankshaft of the internal combustion engine is given.*

Keywords: *crankshaft, defecting, control, measuring device, deviation from the parallelism of the axes.*

Введение

Развитие отечественного автотракторного машиностроения требует современного подхода к качеству и технологиям производства [1, 2]. Наряду с технологическими аспектами повышения надежности и долговечности ответственных соединений и деталей, важным фактором является соблюдение и оптимизация требуемой точности путем использования новых подходов к расчету и назначению посадок [3-7]. Автотракторная техника по мере эксплуатации будет регулярно подвергаться ремонтным воздействиям, для чего нужно предусмотреть и вопросы обеспечения рациональных способов восстановления [8], цифрового моделирования контроля [9], соблюдения норм взаимозаменяемости [10-13] и технологий управления качеством [14-16] при ремонте сборочных единиц и агрегатов машин и оборудования для сельского хозяйства.

Результаты исследований и их анализ

Коленчатый вал является одной из основных и дорогих деталей двигателя внутреннего сгорания. При ремонте коленчатого вала его очищают и подвергают процессу дефектации, на основании результатов контроля в этом процессе делают заключение – под какой ремонтный размер шлифовать коренные и шатунные шейки, или браковать данный вал. Также необходимо проводить входной контроль новых коленчатых валов, особенно если они были изготовлены на заводах Китая, Турции и других стран. Но кроме контроля размеров коренных и шатунных шеек необходимо контролировать отклонения формы и расположения поверхностей вала, которые существенно влияют долговечность работы вала.

В таблице 1 представлены требования к отклонениям формы и расположения поверхностей коленчатого вала двигателя Д-245, который применяется на тракторах МТЗ.

Таблица 1 – Требования к отклонениям формы и расположения поверхностей коленчатого вала двигателя Д-245

№	Параметр	Значение для	
		нового вала	восстановленного вала
1	Отклонение от круглости и допуск профиля продольного сечения шатунных и коренных шеек, мм	0,01	0,01
2	Биеение средней коренной шейки относительно крайних не должно превышать мм	0,03	0,07
3	Отклонение от параллельности образующих поверхностей шатунных шеек относительно оси вала, установленного на крайние коренные шейки, мм	0,03 мм на длине 100 мм	0,03 мм на длине 100 мм
4	Смещение всех шатунных шеек относительно диаметральной плоскости 3-й коренной и 3-й шатунной шеек (развал шеек) после перешлифовки, не более, мм	-	0,3

На рисунке 1 представлено приспособление для контроля отклонений от параллельности шеек коленчатого вала, которое было разработано в 70-е годы прошлого века, и которое предлагается использовать в процессе дефектации с современным цифровым металлологическим решением.

Конструкция представляет собой съемное приспособление для контроля отклонений от параллельности шатунной шейки относительно коренных шеек коленчатого вала. Корпус устройства выполнен в виде скобы, усиленной ребрами жесткости и облегченной по массе рядом высверленных отверстий.

Базирование приспособления на контролируемом валу осуществляется на призмы; две верхние индикаторные головки (1 и 2), закрепленные винтами, указывают величину перекоса в плоскости расположения осей шеек, а упор 3 и индикаторная головка 4 – в плоскости, перпендикулярной к осям шеек.

Сначала прибор проходит калибровку на образцовом коленчатом вале, для чего первоначально индикаторные головки согласованно настраиваются по вертикали, затем по горизонтали. После настройки прибор устанавливается на дефектуемый коленчатый вал и определяются отклонения геометрии изношенного вала по отношению к новому.

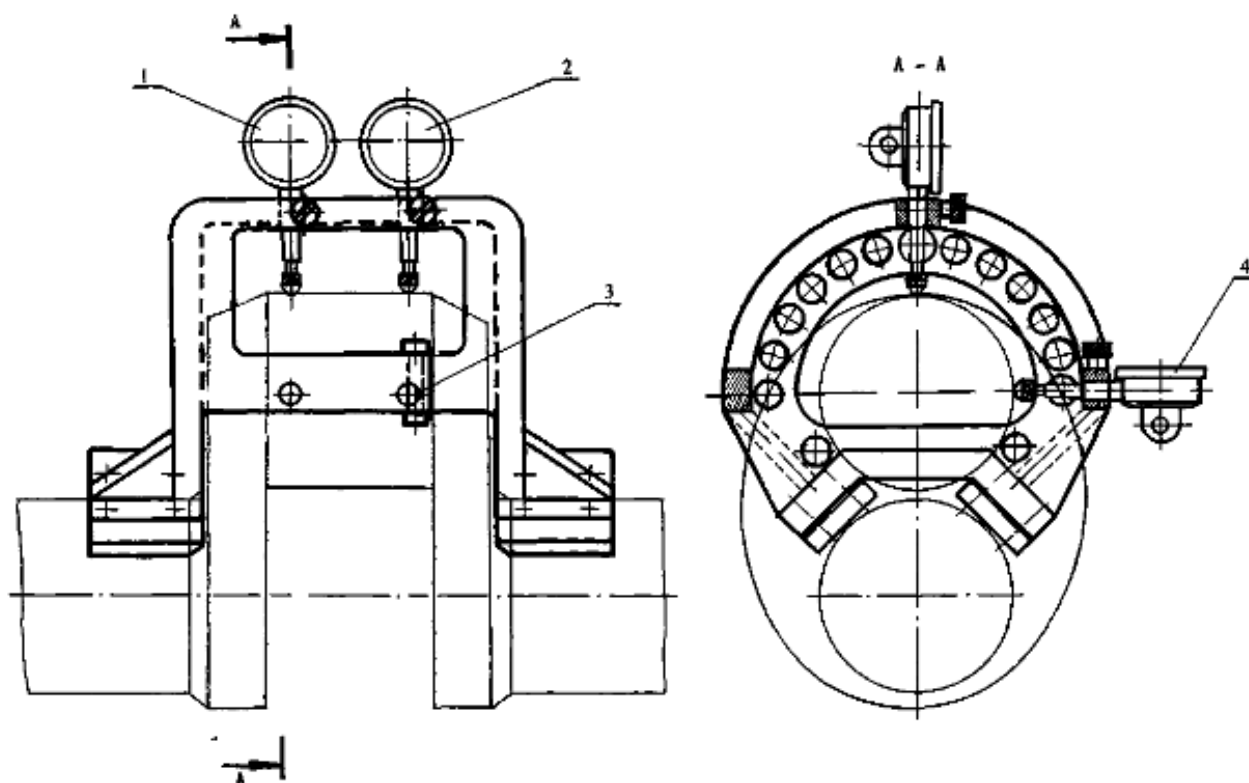


Рисунок 1 – Приспособление для контроля отклонений от параллельности шеек коленчатого вала:

1, 2, 4 – индикаторные головки; 3 – упор

В таблице 2 приведены метрологические характеристики индикаторов часового типа, которые можно использовать в данном приспособлении.

Таблица 2 – Сравнение индикаторов часового типа по точности

№	Средство измерений	Метрологические параметры		
		Диапазон измерений	Цена деления	Погрешность измерения
1	Индикатор часового типа ИЧ-10	0...10 мм	0,01 мм	±0,01 мм
2	Головка рычажно-зубчатая 1ИГ	±0,05 мм	0,001 мм	±0,002 мм
3	Индикатор многооборотный 1МИГ	0...1 мм	0,001 мм	±0,003 мм
4	Электронный цифровой индикатор Micron МИК 54793	0...12,5 мм	0,001 мм	±0,002 мм

Из таблицы 2 видно, что использовать общеизвестные индикаторы ИЧ-10 в приспособлении нельзя, так как анализируемое отклонение от круглости имеет допуск 0,01 мм, и согласно методике выбора средств измерений погрешность средства измерений не должна быть более 0,003 мкм. Можно использовать все остальные индикаторы, но головку рычажно-зубчатую 1ИГ применять будет достаточно сложно именно при дефектации, так как величины износа обычно больше диапазона измерений. Поэтому основной выбор происходит между Индикатором многооборотным 1МИГ и электронным цифровым индикатором Micron ИЦ, который выигрывает по величине погрешности измерений.

Вывод

Таким образом, предлагается модернизировать приспособление для контроля отклонений от параллельности шеек коленчатого вала путем замены классических индикаторов часового типа ИЧ-10 на электронный цифровой индикатор Micron МИК 54793, что позволит удовлетворить условия выбора средств измерений и повысить точность контроля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вергазова, Ю. Г. Влияние точностных и технологических параметров на долговечность соединения «вал-втулка» / Ю. Г. Вергазова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2014. – № 3(63). – С. 17-19.
2. Леонов, О. А. Взаимозаменяемость / О. А. Леонов, Ю. Г. Вергазова. – 2-е изд., испр. – М. : Издательство «Лань», 2018. – 208 с.
3. Леонов, О. А. Определение предельных функциональных зазоров подшипника скольжения в условиях гидродинамической смазки / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Трение и износ. – 2024. – Т. 45, № 4. – С. 327-334. – DOI 10.32864/0202-4977-2024-45-4-327-334.
4. Леонов, О. А. Расчёт посадок с натягом при комбинированном нагружении / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Вестник машиностроения. – 2021. – № 3. – С. 25-28. – DOI 10.36652/0042-2021-3-25-28.
5. Леонов, О. А. Теоретические основы расчёта допусков посадок при ремонте сельскохозяйственной техники / О. А. Леонов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2010. – № 2(41). – С. 106-109.
6. Леонов, О. А. Дефектация валов и шестерён с позиции обеспечения качества соединений при ремонте редукторов сельхозмашин / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 4. – С. 48-52. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-4-48-52.
7. Методика оценки качества процессов предприятий технического сервиса / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова [и др.] // Компетентность. – 2021. – № 2. – С. 32-38. – DOI 10.24412/1993-8780-2021-2-32-38.
8. Работоспособность технических систем : учебник для ВУЗов по изучению дисциплины / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2022. – 379 с.
9. Обоснование посадок соединений со шпонками / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, Д. У. Хасьянова // Проблемы машиностроения и надёжности машин. – 2022. – № 6. – С. 65-71.
10. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
11. Расчёт допуска посадки с зазором для повышения относительной износостойкости соединений / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова [и др.] // Трение и износ. – 2023. – Т. 44, № 3. – С. 261-269.
12. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с.

13. Создание цифровой модели процесса комплектации и сборки для ремонтного производства / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Л. А. Гринченко, Д. А. Пупкова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 458-466. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-02-54.

14. Теоретические основы выбора рациональных способов восстановления деталей / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Сельский механизатор. – 2019. – № 5. – С. 38-39.

15. Трухачев, В. И. Развитие автотракторного машиностроения на современном этапе / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Р. С. Федоткин // Чтения академика В. Н. Болтинского : сборник статей (Москва, 17-18 января 2024 года). – М.: Российский государственный аграрный университет, ООО «Сам Полиграфист», 2024. – С. 32-42.

16. Шкаруба, Н. Ж. Обоснование допускаемой погрешности измерений при контроле отклонений формы и расположения поверхностей деталей / Н. Ж. Шкаруба, О. А. Леонов // Вестник машиностроения. – 2020. – № 12. – С. 42-45. – DOI 10.36652/4633-0042-2020-12-42-45.

Об авторах:

Вергазова Каталина Яновна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), uverg@mail.ru.

Научный руководитель – Леонов Олег Альбертович, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор, oaleonov@rgau-msha.ru.

About the authors:

Katalina Ya. Vergazova, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), uverg@mail.ru.

Scientific advisor – Oleg A. Leonov, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, Professor, oaleonov@rgau-msha.ru.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ

С. М. Гайдар¹, А. М. Пикина¹, Я. О. Терновая²

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В материалах статьи показаны результаты комплексного исследования защитных свойств охлаждающих жидкостей для двигателей внутреннего сгорания. Исследования по определению защитной эффективности испытуемых составов проводили в соответствии с ГОСТ 28084-89. Выявлено, что исследуемые охлаждающие жидкости способны обеспечивать высокую коррозионную стойкость цветных и черных металлов.

Ключевые слова: охлаждающая жидкость, коррозия, ингибиторы коррозии, двигатель, эксплуатационные факторы.

DETERMINATION OF COOLING LIQUID PROPERTIES

S. M. Gaidar^a, A. M. Pikina^a, Ya. O. Ternovaya^b

^aRussian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

^bKosygin Russian State University (Technologies. Design. Art), Moscow, Russian Federation

Abstract. The article presents the results of a comprehensive study of the protective properties of coolants for internal combustion engines. The studies were conducted in accordance with GOST 28084-89 to determine the protective effectiveness of the tested compositions. It was found that the studied coolants can provide high corrosion resistance for non-ferrous and ferrous metals.

Keywords: coolant, corrosion, corrosion inhibitors, engine, operational factors.

Современные системы охлаждения включают алюминиевые сплавы, чугун, сталь, медь, латунь и паяные соединения, что создает условия для развития гальванической и локальной коррозии в присутствии электролита и растворённых солей [2, 7].

Ряд современных исследований подтверждают, что использование воды или недостаточно ингибированных охлаждающих жидкостей приводит к интенсивной электрохимической коррозии, образованию отложений и снижению эффективности теплообмена [1, 2].

Также установлено, что степень разбавления концентратов охлаждающих

жидкостей оказывает существенное влияние на коррозионную стойкость, стабильность pH и теплотехнические характеристики системы. Оптимальное соотношение этиленгликоля и воды, как правило, находится в диапазоне 40...60 % по объему, обеспечивая баланс между теплоемкостью и ингибирующей способностью [1, 3].

В качестве объектов исследования использовались охлаждающие жидкости VN-RU-30 (готовая к применению) и VN-RU-C (концентрат), а также коммерческие охлаждающие жидкости ОЖ-40 «ЛЕНА» и CoolStreamStandard 40 на основе этиленгликоля.

Физико-химические свойства определялись стандартными методами, рекомендованными GOST 28084, с использованием общепринятых методик измерений плотности, температуры застывания, температуры кипения, pH, пенообразования и щелочности [4, 5, 8].

Обсуждение полученных результатов следует рассматривать, прежде всего, с инженерной и прикладной точки зрения, а не только с позиции отдельных лабораторных коррозионных показателей [6, 9, 10].

Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний технических показателей охлаждающих жидкостей по ГОСТ 28084-89

Наименования показателей	Норм	Результат			
		ОЖ-40«ЛЕНА»	Coolstream standard 40	VN-RU-30	VN-RU-C
Внешний вид	Прозрачная однородная окрашенная жидкость без механических примесей				
Цвет	-	Желто-зеленый	Зеленый	Зеленый	Зеленый
температура застывания, °С	-	< -40	< -40	-33,0	-34,4
температура кипения, °С	-	108	108	108	151
Коррозионное воздействие на металлы (88 °С, 336 ч), г/(м ² ·сут)					
- Медь	≤ 0,1	0,790	0,005	0,005	0,024
- Припой	≤ 0,2	0,053	0,007	0,009	0,035
- Латунь	≤ 0,1	0,026	0,005	-0,007	0,022
- Сталь	≤ 0,1	0,000	0,013	0,000	0,000
- Чугун	≤ 0,1	-0,163	-0,295	-0,059	- 0,050
- Алюминий	≤ 0,1	0,050	0,006	0,000	0,002
Коррозионное воздействие на металлы (92 °С, 84 ч), г/(м ² ·сут)					
- Медь	-	0,252	0,000	0,032	0,056
- Припой	-	0,019	0,000	0,038	0,051
- Латунь	-	0,000	0,000	0,065	0,074
- Сталь	-	0,000	-0,077	-0,065	-0,052
- Чугун	-	- 0,280	-0,183	-0,140	-0,121
- Алюминий	-	0,071	-0,044	0,056	0,065
Вспениваемость					
- объем пены, см ³	≤ 30	20	25	25	25
- устойчивость пены, с	≤ 3 (*)	1,9	2,3	1,8	4,5
Водородный показатель (pH)	7,5 – 11	9,5	8,0	8,4	8,4
Щелочность, см ³ , мл HCl 0,1N/20 мл образца	≥ 10	13,7	2,3	14,6	14,9

Результаты испытаний по ГОСТ 28084-89 показали, что охлаждающие жидкости VN-RU-30 и VN-RU-C сохраняют прозрачность и стабильность в течение 336 ч при 88 °С, а также при дополнительных испытаниях продолжительностью 84 ч при 92 °С. Скорость коррозии всех исследованных металлов оказалась значительно ниже предельных значений, установленных стандартом. Отрицательные значения изменения массы носят методический характер и связаны с особенностями химической очистки образцов после испытаний; они не свидетельствуют об отсутствии коррозионных процессов. По совокупности показателей качество VN-RU-30 и VN-RU-C сопоставимо с коммерческими охлаждающими жидкостями ОЖ-40 «ЛЕНА» и CoolstreamStandard 40.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. The development of corrosion inhibitor used in the automotive coolant / V. V. Huy, H. D. Quang, A. Katolik, N. T. Dan, S. M. Gaidar // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2021. – Vol. 94, No. 12. – P. 1577-1584. – DOI 10.1134/S1070427221120028.
2. Corrosion characteristics of an automotive coolant formulation dispersed with nanomaterials / S. Gandham, V. C. Nettem, V. C. R. Peddy, T. A. Rajiv Kumar, S. Vadapalli // Corrosion Reviews. – 2019. – Vol. 37, No. 3. – P. 245-257. – DOI 10.1515/correv-2018-0033.
3. Suharto, I. The effect of using variations of radiator coolant on the effectiveness of engine cooling and the rate of corrosion of radiator materials in 1300 cc cars / I. Suharto, Y. E. Wibowo // Journal of Mechanical Engineering and Sciences. – 2020. – Vol. 14, No. 3. – P. 7207-7215.
4. Пикина, А. М. Повышение долговечности тонколистовых конструкций, разъёмных и неразъёмных соединений сельскохозяйственной техники в условиях эксплуатации : дис. ... канд. техн. наук / Пикина Анна Михайловна. – Москва, 2022. – 176 с.
5. Разработка технологии переработки жировых отходов в продукты технического назначения / С. М. Гайдар, А. М. Пикина, О. М. Лапсарь, И. Г. Голубев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 3(309). – С. 32-35. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-3-32-35.
6. Исследование эффективности амидов жирных кислот в качестве ингибиторов атмосферной коррозии / С. М. Гайдар, А. М. Пикина, А. С. Барчукова [и др.] // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, № 5. – С. 10-15. – DOI 10.26897/2687-1149-2024-5-10-15.
7. Консервационные составы на основе водорастворимых ингибиторов коррозии / Е. Г. Кузнецова, Л. Г. Князева, В. Д. Прохоренков, С. М. Гайдар // Наука в центральной России. – 2013. – № 5. – С. 43-47.
8. Гайдар, С. М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии и износа с применением нанотехнологий : специальность 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве» : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Гайдар Сергей Михайлович. – Москва, 2011. – 33 с.

9. Гайдар, С. М. Концепция создания ингибиторов коррозии с использованием нанотехнологических подходов / С. М. Гайдар, Р. К. Низамов, М. И. Голубев // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2012. – № 7. – С. 140-142.

10. Tempering Behavior of Novel Low-Alloy High-Strength Steel / V. Dudko, D. Yuzbekova, S. Gaidar [et al.] // Metals. – 2022. – Vol. 12, No. 12. – P. 2177. – DOI 10.3390/met12122177.

Об авторах:

Гайдар Сергей Михайлович, заведующий кафедрой «Материаловедение и технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), ведущий научный сотрудник ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (119071, Российская Федерация, Москва ул. Малая Калужская, д. 1), доктор технических наук, профессор, techmash@rgau-msha.ru.

Пикина Анна Михайловна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (119071, Российская Федерация, Москва ул. Малая Калужская, д.1), кандидат технических наук, techmash@rgau-msha.ru.

Терновая Ярославна Олеговна, ведущий инженер, ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (119071, Российская Федерация, Москва ул. Малая Калужская, д. 1), ternovaya-yao@rguk.ru.

About the authors:

Sergey M. Gaidar, Head of the Department of Materials Science and Technology of Mechanical Engineering, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Leading Researcher, Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art) (119071, Russian Federation, Moscow, Malaya Kaluzhskaya str., 1), Doctor of Technical Sciences, Professor, techmash@rgau-msha.ru.

Anna M. Pikina, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Senior Lecturer, Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art) (119071, Russian Federation, Moscow, Malaya Kaluzhskaya str., 1), Candidate of Technical Sciences, techmash@rgau-msha.ru.

Yaroslavna O. Ternovaya, Leading Engineer, Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art) (119071, Russian Federation, Moscow, Malaya Kaluzhskaya str., 1), ternovaya-yao@rguk.ru.

ОЦЕНКА ЗАЩИТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ

С. М. Гайдар¹, А. М. Пикина¹, Я. О. Терновая²

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Отличительной особенностью настоящей работы является моделирование условий эксплуатации системы охлаждения двигателя, уже подвергшейся коррозионному разрушению вследствие использования воды, с целью оценки защитной эффективности охлаждающей жидкости VN-RU-30. Такой подход позволяет приблизить лабораторные условия испытаний к реальным условиям работы изношенных систем охлаждения, в которых уже присутствуют продукты коррозии и частично нарушенные защитные поверхности металлов.

Ключевые слова: охлаждающая жидкость, коррозия, ингибиторы коррозии, двигатель, эксплуатационные факторы.

ASSESSMENT OF COOLANT FLUIDS PROTECTIVE EFFECTIVENESS

S. M. Gaidar^a, A. M. Pikina^a, Ya. O. Ternovaya^b

^aRussian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

^bKosygin Russian State University (Technologies. Design. Art), Moscow, Russian Federation

Abstract. A distinctive feature of this work is the modeling of the operating conditions of the engine cooling system, which has already been subjected to corrosion damage due to the use of water, in order to assess the protective effectiveness of the VN-RU-30 coolant. This approach allows for the approximation of laboratory test conditions to the actual operating conditions of worn-out cooling systems, which already contain corrosion products and partially damaged metal surfaces.

Keywords: coolant, corrosion, corrosion inhibitors, engine, operating factors.

Испытания проводили в два последовательных этапа [4, 8].

На первом этапе выполняли коррозионные испытания металлических образцов в водопроводной воде в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 28084-89 [4]. Данный этап моделировал эксплуатацию системы охлаждения при

использовании воды в качестве теплоносителя и позволял сформировать коррозионно-активную поверхность металлов [1, 7].

На втором этапе использовали тот же комплект металлических образцов, ранее подвергнутых воздействию водопроводной воды. Эти образцы помещали в охлаждающую жидкость VN-RU-30 и проводили испытания с целью оценки способности продукта подавлять дальнейшее развитие коррозии и восстанавливать защитные свойства системы [1, 6].

Результаты испытаний представлены рисунке 1 и в таблице 1, где наглядно показано различие в характере коррозионных процессов на первом и втором этапах испытаний [4, 8].



а – После 336 ч испытаний с водопроводной водой (1-й этап)



б – После 336 ч испытаний с охлаждающей жидкостью VN-RU-30 (2-й этап)

Рисунок 1 – Металлические образцы после моделирования коррозионного воздействия охлаждающей жидкости VN-RU-30 на систему охлаждения, бывшую в эксплуатации

Таблица 1 – Результаты моделирования коррозионного воздействия охлаждающей жидкости VN-RU-30 на систему охлаждения, бывшую в эксплуатации

Коррозионное воздействие на металлы, г/(м ² ·сут)	Медь	Припой	Латунь	Сталь	Чугун	Алюминий
Первый этап	0,18	2,87	0,15	8,84	5,32	2,36
Второй этап	0,08	0,04	0,12	-0,05	-0,30	0,16

Анализ результатов испытаний показал следующее.

На первом этапе испытаний после 336 ч в испытательном сосуде наблюдалось значительное количество продуктов коррозии (отложений), осажённых на поверхности металлических образцов и на дне сосуда. Поверхность металлов

подверглась интенсивному разрушению (рисунок 1а) [2, 7]. Наибольшая скорость коррозии была зафиксирована для стали и составила 8,84 г/(м²·сут). По сравнению с требованиями стандарта ГОСТ 28084-89 скорость коррозии стали превышала нормативное значение в 88,4 раза, чугуна – в 53,2 раза, припоя – в 28,7 раза, алюминия – в 23,6 раза [4].

На втором этапе испытаний после 336 ч изменения поверхности металлических образцов были незначительными; зоны коррозии практически не распространялись (рис. 1б). Испытательный раствор оставался прозрачным, без образования осадка и продуктов коррозии. Количественные показатели коррозионного воздействия представлены в таблице 1 [1, 9].

Визуальный анализ и результаты количественных измерений свидетельствуют о стабилизации состояния металлических поверхностей, отсутствии распространения коррозионных очагов и вторичного образования отложений. Это указывает на то, что VN-RU-30 проявляет не только профилактическое, но и стабилизирующее действие в системах охлаждения, находившихся в эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. The development of corrosion inhibitor used in the automotive coolant / V. V. Huy, H. D. Quang, A. Katolik, N. T. Dan, S. M. Gaidar // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2021. – Vol. 94, No. 12. – P. 1577-1584. – DOI 10.1134/S1070427221120028.
2. Corrosion characteristics of an automotive coolant formulation dispersed with nanomaterials / S. Gandham, V. C. Nettem, V. C. R. Peddy, T. A. Rajiv Kumar, S. Vadapalli // Corrosion Reviews. – 2019. – Vol. 37, No. 3. – P. 245-257.
3. Suharto, I. The effect of using variations of radiator coolant on the effectiveness of engine cooling and the rate of corrosion of radiator materials in 1300 cc cars / I. Suharto, Y. E. Wibowo // Journal of Mechanical Engineering and Sciences. – 2020. – Vol. 14, No. 3. – P. 7207-7215.
4. Пикина, А. М. Повышение долговечности тонколистовых конструкций, разъёмных и неразъёмных соединений сельскохозяйственной техники в условиях эксплуатации : дис. ... канд. техн. наук / Пикина Анна Михайловна. – Москва, 2022. – 176 с.
5. Разработка технологии переработки жировых отходов в продукты технического назначения / С. М. Гайдар, А. М. Пикина, О. М. Лапсарь, И. Г. Голубев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 3(309). – С. 32-35. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-3-32-35.
6. Исследование эффективности амидов жирных кислот в качестве ингибиторов атмосферной коррозии / С. М. Гайдар, А. М. Пикина, А. С. Барчукова [и др.] // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, № 5. – С. 10-15. – DOI 10.26897/2687-1149-2024-5-10-15.
7. Консервационные составы на основе водорастворимых ингибиторов коррозии / Е. Г. Кузнецова, Л. Г. Князева, В. Д. Прохоренков, С. М. Гайдар // Наука в центральной России. – 2013. – № 5. – С. 43-47.
8. Гайдар, С. М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии и износа с применением нанотехнологий : специальность 05.20.03 «Технологии и

средства технического обслуживания в сельском хозяйстве» : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Гайдар Сергей Михайлович. – Москва, 2011. – 33 с.

9. Гайдар, С. М. Концепция создания ингибиторов коррозии с использованием нанотехнологических подходов / С. М. Гайдар, Р. К. Низамов, М. И. Голубев // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2012. – № 7. – С. 140-142.

10. Tempering Behavior of Novel Low-Alloy High-Strength Steel / V. Dudko, D. Yuzbekova, S. Gaidar [et al.] // Metals. – 2022. – Vol. 12, No. 12. – P. 2177. – DOI 10.3390/met12122177.

Об авторах:

Гайдар Сергей Михайлович, заведующий кафедрой «Материаловедение и технология машиностроения», ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), ведущий научный сотрудник ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (119071, Российская Федерация, Москва ул. Малая Калужская, д. 1), доктор технических наук, профессор, techmash@rgau-msha.ru.

Пикина Анна Михайловна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (119071, Российская Федерация, Москва ул. Малая Калужская, д. 1), кандидат технических наук, techmash@rgau-msha.ru.

Терновоя Ярославна Олеговна, ведущий инженер, ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (119071, Российская Федерация, Москва ул. Малая Калужская, д. 1), ternovaya-yao@rguk.ru.

About the authors:

Sergey M. Gaidar, Head of the Department of Materials Science and Technology of Mechanical Engineering, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Leading Researcher, Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art) (119071, Russian Federation, Moscow, Malaya Kaluzhskaya str., 1), Doctor of Technical Sciences, Professor, techmash@rgau-msha.ru.

Anna M. Pikina, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Senior Lecturer, Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art) (119071, Russian Federation, Moscow, Malaya Kaluzhskaya str., 1), Candidate of Technical Sciences, techmash@rgau-msha.ru.

Yaroslavna O. Ternovaya, Leading Engineer, Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art) (119071, Russian Federation, Moscow, Malaya Kaluzhskaya str., 1), ternovaya-yao@rguk.ru.

УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА ОПЕРАТОРА ТРАКТОРНО-МАШИННОГО КОМПЛЕКСА

О. А. Глазова, Г. Е. Митягин

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается возможность улучшения условий труда операторов тракторно-машинных комплексов в сельском хозяйстве и выявлению факторов, негативно влияющих на безопасность и эффективность их деятельности. Освещена проблема важности повышения эргономичности и безопасности оборудования, а также организации процесса труда.

Ключевые слова: оператор тракторно-машинного комплекса, оценка профессиональной подготовки, эффективность работы, эргономика, демпфирующий материал.

IMPROVING WORKING CONDITIONS FOR OPERATORS OF TRACTOR-MACHINE COMPLEXES

O. A. Glazova, G. E. Mityagin

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article discusses the possibility of improving working conditions for operators of tractor-machine complexes in agriculture and identifies factors that negatively affect safety and efficiency of their work. It highlights the importance of enhancing equipment ergonomics and safety as well as organizing labor processes effectively.

Keywords: tractor-machine complex operator, professional training assessment, work efficiency, ergonomics, damping material.

В современных условиях агропромышленного производства оператор тракторно-машинных комплексов (ТМК) сталкивается с многочисленными трудностями, среди которых высокая травмоопасность, недостаточный уровень профессиональной подготовки и неудовлетворительные параметры рабочего места. Практика показывает, что возникновение производственного травматизма часто связано с несовершенством технических процессов, эргономики и организационных аспектов труда.

Цель работы – исследовать комплексную методику по улучшению условий труда операторов ТМК через выявление ключевых проблем и предложения конкретных технических и организационных решений. Для достижения поставленной цели предстоит системно проанализировать существующие проблемы в под-

готовке кадров и эксплуатации сельскохозяйственных машин, определить причины и виды рисков травматизма на рабочих местах, а также исследовать способы повышения эргономики и безопасности [1].

Актуальность внедрения и совершенствования методик оценки профессиональной подготовки операторов ТМК обусловлена необходимостью повышения безопасности и надежности их работы, что важно в контексте увеличения механизации и автоматизации производственных процессов [2].

При эксплуатации сельскохозяйственной техники и выполнении с ней ремонтных и сборочных задач операторы подвергаются физическим и психофизиологическим нагрузкам, связанным с виброакустическим воздействием, шумом и токсическими веществами (например, пестицидами), оказывающими отрицательное влияние на здоровье трактористов и способствующих развитию профессиональных заболеваний [3].

Рост требований к качеству продукции, соблюдению нормативов охраны труда, в том числе внедрение цифровых технологий для мониторинга состояния труда и совершенствования производственных процессов, делает важным комплексное рассмотрение проблем взаимодействия оператора и техники [4].

Важнейшим документом, регулирующим вопросы охраны труда в аграрном секторе, является Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации № 746н от 27 октября 2020 года. Данный приказ утверждает Правила по охране труда в сельском хозяйстве, основанные на статье 209 Трудового кодекса РФ [5]. Правила охватывают широкий спектр требований, учитывающих вредные и опасные условия, характерные для сельскохозяйственных работ, включая воздействие повышенного шума, инфразвука, ультразвука и вибраций на рабочих местах [6].

Методики оценки профессиональной подготовки операторов ТМК включают психофизиологические тесты, направленные на измерение скорости реакции, устойчивости внимания и координации движений [7]. Технический интеллект оператора также является значимым параметром профессиональной успешности [8]. Оценка данных характеристик позволяет прогнозировать степень безопасности труда и уровень эффективности работы в условиях повышенных стрессовых нагрузок.

Особое внимание в современных практиках уделяется тренажёрной подготовке операторов с учётом экстремальных и нестандартных ситуаций. Имитация реальных условий работы позволяет формировать навыки быстрого и правильного реагирования на аварийные обстоятельства, минимизируя риски ошибок при управлении техникой и снижая возможность травмирования. Использование данных методик интегрировано в образовательный процесс профессиональных учебных заведений и предприятий аграрного сектора.

Комплексный подход к безопасности предусматривает создание системы «оператор – машина – среда», обеспечивающей защиту от вредных и опасных факторов производственной среды в мобильной сельскохозяйственной технике.

Одним из ключевых направлений такого подхода является внедрение технических инноваций, адаптированных к полевым условиям эксплуатации. В

частности, разработаны патентные технические решения, призванные минимизировать травмы и повысить комфорт оператора. Примером служит безопасная съёмная нескользящая подошва для обуви операторов МСХТ (патент Республики Беларусь №12586), снижающая риск падений и связанных с ними травм при работе в условиях скользких и неровных поверхностей [3]. Такие средства индивидуальной защиты дополняют общую систему мер, делая эксплуатацию техники безопаснее.

К инженерно-техническим решениям относятся также мероприятия по улучшению эргономики кабины оператора, внедрение вибро- и шумоизоляции, автоматизированных систем контроля технического состояния машин и вспомогательных средств обслуживания. Применение современных демпфирующих материалов, оптимизация конструкций кресел и органов управления снижает усталость и повышает концентрацию внимания, что уменьшается вероятность ошибок в работе. Важным направлением является автоматизация ряда процессов, что облегчает эксплуатацию техники.

Организационные меры дополняют технические: регламентируются процедуры инструктажей, регулярные тренинги по безопасности, ведется систематический анализ инцидентов и разработка превентивных рекомендаций. Совместно с инженерной службой эти меры формируют комплексную стратегию предупреждения травматизма.

Особое значение отводится анализу факторов травмоопасности, среди которых выделяются конструктивные дефекты машин, ошибки в эксплуатации, а также неудовлетворительные условия рабочего места, влияющие на усталость и внимательность оператора. Разработка инженерно-технических решений направлена на улучшение эргономики кабин тракторов и машин, повышение автоматизации отдельных процессов и внедрение систем контроля безопасности. Организационно-управленческие меры предполагают совершенствование системы инструктажей, периодических проверок и мотивации работников к соблюдению правил.

Выводы

Предложенные инженерно-технические решения способствуют снижению рисков травматизма через улучшение эргономики кабин, внедрение вибро- и шумоизоляции, а также автоматизацию работы и применение средств индивидуальной защиты. Сочетание инноваций в техническом оснащении с организационными мероприятиями обеспечивает эффективное повышение безопасности труда операторов тракторно-машинных комплексов в полевых условиях. Эти решения создают базу для дальнейшего развития программ подготовки кадров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Москвичев, Д. А. Методика определения периодичности технического обслуживания перспективных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(64). – С. 112-117. – DOI 10.31563/1684-7628-2022-64-4-112-117.

2. Дидманидзе, О. Н. Основные направления развития тягово-транспортных средств в АПК / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, А. М. Карев // Доклады ТСХА, Москва, 02-04 декабря 2014 года. Том 1. – М. : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.

3. Москвичев, Д. А. Влияние критериев надёжности при техническом обслуживании модульных транспортных средств / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – № 4(75). – С. 27-32. – DOI 10.33979/2073-7432-2021-75-4-27-32.

4. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.

5. Оценка достоверности экспериментальных данных технического обслуживания модульного транспорта сельскохозяйственного назначения / О. Н. Дидманидзе, Д. А. Москвичев, Р. Т. Хакимов, А. М. Спиридонов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 5(74). – С. 104–113. – DOI 10.24411/2078-1318-2023-5-104-113.

6. Оценка технического состояния машины по данным ее системы управления / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Н. Н. Пуляев // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. – С. 10-19.

7. Теоретические основы создания программного обеспечения для эксплуатации и технического обслуживания тракторов и автомобилей / Д. А. Москвичев, А. В. Евграфов, Р. Н. Егоров, Г. Е. Митягин. – М. : Российский государственный аграрный университет, 2025. – 129 с.

8. Дидманидзе, О. Н. Оптимизация параметров машинно-тракторных агрегатов / О. Н. Дидманидзе, О. П. Андреев, Е. П. Парлюк. – М. : Учебно-методический центр «Триада», 2017. – 77 с.

Об авторах:

Глазова Ольга Александровна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), glazova-olga2018@yandex.ru.

Митягин Григорий Евгеньевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, mityagin@rgau-msha.ru.

About the authors:

Olga A. Glazova, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), glazova-olga2018@yandex.ru.

Grigory E. Mityagin, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, mityagin@rgau-msha.ru.

ОПТИМИЗАЦИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК С ПОМОЩЬЮ ГИБРИДНЫХ МОДЕЛЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Е. С. Глущенко

Научный руководитель – Д. А. Москвичев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к оптимизации мультимодальных перевозок на основе гибридных моделей искусственного интеллекта (ИИ) и технологий Интернета вещей (IoT). Показано, что сочетание алгоритмов машинного обучения, нейросетей, цифровых двойников и распределённых IoT-платформ обеспечивает повышение точности прогнозирования, оптимизацию маршрутов, сокращение логистических издержек и минимизацию рисков. Особое внимание уделено практическим аспектам внедрения и перспективам развития интеллектуальных систем в транспортной логистике.

Ключевые слова: мультимодальные перевозки, искусственный интеллект, IoT, цифровой двойник, логистика, транспортные системы, оптимизация маршрутов.

OPTIMIZATION OF MULTIMODAL TRANSPORTATION USING HYBRID ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND INTERNET OF THINGS MODELS

E. S. Glushchenko

Scientific advisor – D. A. Moskvichev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article discusses modern approaches to optimizing multimodal transportation based on hybrid models of artificial intelligence (AI) and Internet of Things (IoT) technologies. It is shown that the combination of machine learning algorithms, neural networks, digital twins, and distributed IoT platforms improves forecasting accuracy, optimizes routes, reduces logistics costs, and minimizes risks. Special attention is paid to the practical aspects of implementing and the prospects for developing intelligent systems in transport logistics.

Keywords: multimodal transportation, artificial intelligence, IoT, digital twin, logistics, transport systems, route optimization.

Цель исследования – определение возможностей и преимуществ применения гибридных ИИ-моделей и IoT-инфраструктуры для оптимизации мультимодальных перевозок, анализа их влияния на эффективность логистических процессов и выявления перспектив дальнейшего развития интеллектуальных транспортных систем.

Современная логистическая отрасль сталкивается с ростом сложности транспортных цепей, постоянным увеличением объёмов перевозок и повышенными требованиями к скорости, надёжности и прозрачности процессов. В этих условиях всё большее значение приобретают технологии цифровизации, среди которых особую роль играют гибридные модели искусственного интеллекта и системы Интернета вещей [6, 7]. В отличие от традиционных методов управления, интеллектуальные платформы способны в режиме реального времени анализировать большие массивы данных, формировать прогнозы, предлагать оптимальные маршруты и обеспечивать высокую устойчивость мультимодальных систем [1, 2].

Мультимодальные перевозки, подразумевающие использование нескольких видов транспорта в рамках единого логистического процесса, требуют точной координации, согласования графиков и постоянного контроля за состоянием груза. Усложнение цепей доставки увеличивает вероятность задержек, нарушений стыковок и роста стоимости перевозки. Именно эта вариативность делает мультимодальную логистику одной из наиболее перспективных сфер для внедрения интеллектуальных систем, сочетающих возможности ИИ и инфраструктуру IoT [8].

Развитие логистики в последние годы тесно связано с цифровизацией транспортных процессов и внедрением интеллектуальных технологий, которые позволяют обеспечить более высокую скорость и точность обработки данных. Усложнение транспортных цепей, увеличение объёмов грузопотока и необходимость координации разных видов транспорта делают традиционные методы планирования всё менее эффективными. На этом фоне всё большее значение приобретают гибридные модели искусственного интеллекта и инфраструктура Интернета вещей, способные интегрироваться в единую транспортную систему и обеспечивать непрерывный обмен данными. Благодаря этому мультимодальные перевозки становятся более предсказуемыми, безопасными и устойчивыми [3, 4].

Интернет вещей формирует основу для развития современных логистических платформ. Огромное число сенсоров, телематических устройств и навигационных модулей передает информацию о состоянии транспортных средств, местоположении грузов и загруженности инфраструктуры. Накопление больших массивов данных создаёт условия для более глубокого анализа, выявления закономерностей и построения точных прогнозов [9]. Это особенно важно для мультимодальных перевозок, где каждая точка стыковки транспортных звеньев является потенциально уязвимой зоной. Если одно звено системы задерживается, это немедленно влияет на остальные этапы перемещения груза. Своевременное получение информации позволяет заранее предупредить критические ситуации, перестроить маршруты и скорректировать планы перевозок. Основные элементы мультимодальной транспортной системы представлены на рисунке 1.

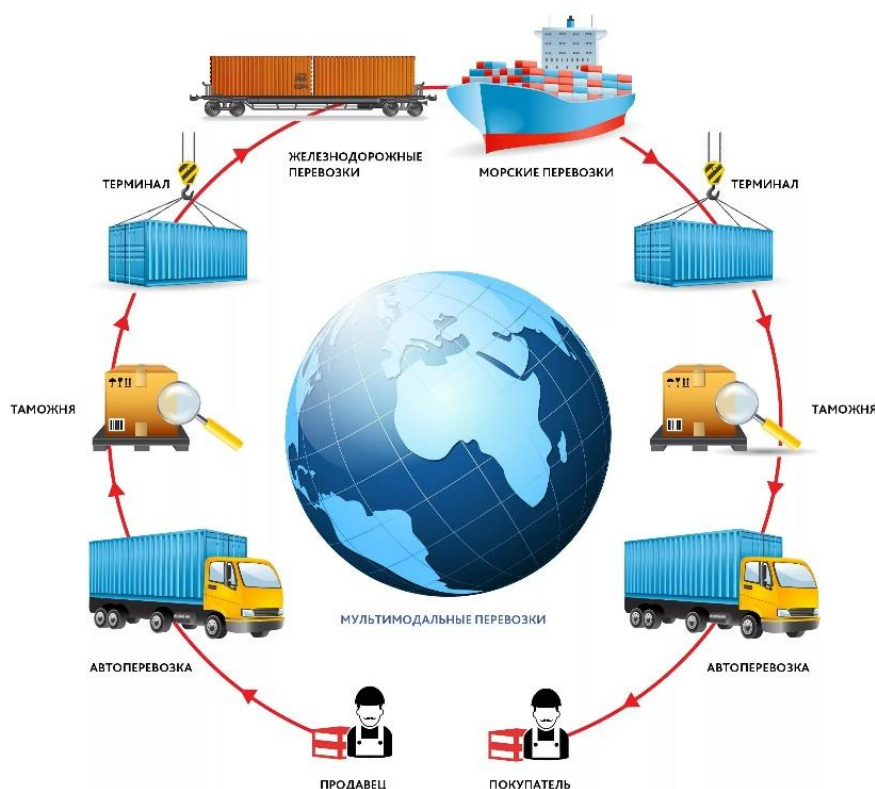


Рисунок 1 – Основные элементы мультимодальной транспортной системы

Использование гибридных моделей искусственного интеллекта позволяет логистическим операторам перейти от простого мониторинга к полноценному прогнозированию. Искусственный интеллект способен анализировать данные о скорости перемещения грузов, погодных условиях, пробках, состоянии путей и инфраструктуры, а также учитывать сезонные колебания и статистику задержек. Нейронные сети выявляют скрытые зависимости, которые трудно обнаружить традиционными методами. На основе таких моделей строятся цифровые двойники транспортных систем, позволяющие тестировать различные сценарии перевозок и выбирать наиболее устойчивые варианты [5]. Применение цифровых двойников особенно ценно в мультимодальной логистике, поскольку позволяет оценивать влияние одного изменения сразу на несколько элементов всей цепи. Структура IoT-платформы для логистики представлена на рисунке 2.

Интеграция искусственного интеллекта и IoT создаёт новую форму управления транспортными потоками. Если раньше данные обрабатывались с существенной задержкой, а оперативная информация была ограничена, то современные системы предоставляют полную картину происходящего практически в реальном времени. При возникновении неблагоприятных условий – например, перегруженности терминала или изменении расписания – системы автоматически предлагают альтернативные маршруты или перестраивают очередность операций. Это сокращает время простоя транспорта, уменьшает вероятность задержек и снижает финансовые потери. В результате повышается общая устойчивость логистических процессов, поскольку система становится менее чувствительной к внешним факторам.

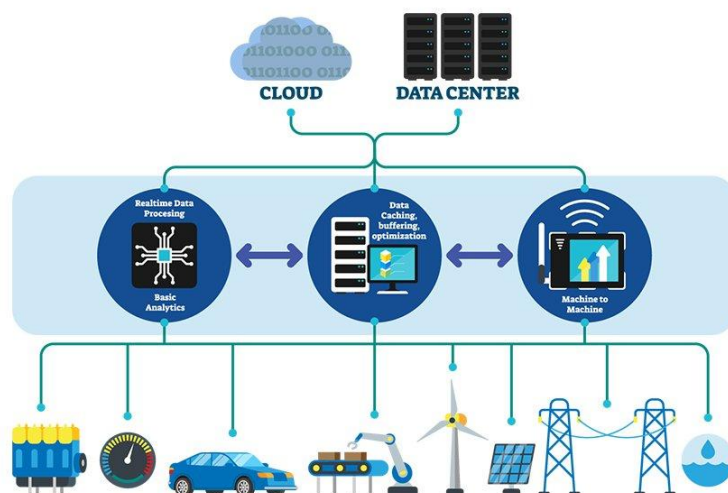


Рисунок 2 – Структура IoT-платформы для логистики



Рисунок 3 – Схема гибридной ИИ-модели для анализа логистических данных

Интеллектуальные технологии уже находят широкое применение в различных видах транспорта. В автомобильных перевозках телематические платформы позволяют контролировать техническое состояние машин и прогнозировать возможность поломки. В железнодорожной сфере создаются системы анализа расписаний и загрузки участков пути, которые помогают более точно планировать стыковки с автомобильными и морскими перевозками. Морские перевозчики используют датчики для мониторинга контейнеров и определения оптимального времени захода судов в порт. В авиационной логистике искусственный интеллект анализирует изменения погодных условий и обеспечивает выбор оптимальных временных окон для отправки грузов. Общей особенностью всех этих реше-

ний является использование больших массивов данных и способность гибридных моделей работать в условиях неполноты или неопределённости информации.

Заключение

Использование искусственного интеллекта и IoT не только повышает точность планирования перевозок, но и способствует значительной экономии ресурсов. Оптимизация маршрутов позволяет сокращать время транспортировки, что особенно важно в условиях высокой конкуренции между логистическими компаниями. Одновременно уменьшается расход топлива, что благоприятно влияет на экологическую обстановку и снижает углеродный след логистических операций. Прогнозирование технических неисправностей помогает предотвратить дорогостоящие ремонты и аварии, а также продлить срок службы оборудования и транспортных средств.

В перспективе ожидается дальнейшее развитие интеллектуальных транспортных систем, которые будут объединять алгоритмы самообучения, цифровые двойники городов и транспортных узлов, а также средства автоматизации, включая беспилотные автомобили и дроны. Постепенная интеграция таких технологий позволит сформировать единую цифровую транспортную среду, обеспечивающую устойчивую и эффективную координацию различных видов транспорта. Мультимодальная логистика, основанная на гибридных ИИ-моделях, станет более точной, гибкой и адаптивной к изменениям окружающей среды.

Таким образом, применение искусственного интеллекта и Интернета вещей в мультимодальных перевозках открывает новые возможности для оптимизации логистических процессов. Современные цифровые решения позволяют не только ускорить и удешевить перевозки, но и создать более устойчивую транспортную инфраструктуру, соответствующую требованиям будущего. Постепенная интеграция ИИ и IoT неизбежно приведёт к формированию нового уровня управления перевозками, в котором будет обеспечена максимальная прозрачность, предсказуемость и эффективность всей транспортной цепи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Москвичев, Д. А. Методика определения периодичности технического обслуживания перспективных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(64). – С. 112–117. – DOI 10.31563/1684-7628-2022-64-4-112-117.
2. Оценка достоверности экспериментальных данных технического обслуживания модульного транспорта сельскохозяйственного назначения / О. Н. Дидманидзе, Д. А. Москвичев, Р. Т. Хакимов, А. М. Спиридонов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 5(74). – С. 104–113. – DOI 10.24411/2078-1318-2023-5-104-113. – EDN TGGODS.
3. Дидманидзе, О. Н. Транспорт в агропромышленном комплексе : учебник / О. Н. Дидманидзе, Н. Н. Пуляев, А. А. Солнцев [и др.]. – М. : РГАУ-МСХА, 2024. – 474 с.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024683359 Российская Федерация. «Техническое обслуживание и ремонт автомобилей» : № 2024682911 : заявл. 02.10.2024 : опубл. 14.10.2024 / Д. А. Москвичев, А. С. Гузалов, А. В. Евграфов, Д. А. Филимонов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

5. Евграфов, А. В. Разработка программы для анализа, оценки и прогнозирования эвтрофикации водоёмов на языке программирования Python / А. В. Евграфов, Д. А. Москвичев, М. В. Климакина // Природообустройство. – 2025. – № 3. – С. 77–84. – DOI 10.26897/1997-6011-2025-3-77-84.

6. Эйдис, А. Л. Управление техническими системами / А. Л. Эйдис, Е. П. Парлюк. – М. : Издательство ООО «ВНИПР», 2010. – 72 с.

7. Теоретические основы создания программного обеспечения для эксплуатации и технического обслуживания тракторов и автомобилей / Д. А. Москвичев, А. В. Евграфов, Р. Н. Егоров, Г. Е. Митягин. – М. : Российский государственный аграрный университет, 2025. – 129 с.

8. Автомобильные перевозки / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, А. М. Карев [и др.]. – М.: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2018. – 554 с. – ISBN 978-5-7367-1436-0.

9. Дидманидзе, О. Н. Оптимизация параметров машинно-тракторных агрегатов / О. Н. Дидманидзе, О. П. Андреев, Е. П. Парлюк. – М. : Учебно-методический центр «Триада», 2017. – 77 с.

Об авторах:

Глущенко Егор Сергеевич, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Москвичев Дмитрий Александрович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, moskvichev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Egor S. Glushchenko, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Dmitry A. Moskvichev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, moskvichev@rgau-msha.ru.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ТОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЯ С ЗАЗОРОМ

П. В. Голиницкий

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрено влияние цифровых технологий на получаемые параметры соединения с зазором относительно допуска посадки на примере соединения распределительный вал – втулка двигателя ЯМЗ-236.

Ключевые слова: соединение с зазором, точность, цифровые технологии, распределительный вал, втулка.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF DIGITAL TECHNOLOGIES ON THE ACCURACY OF CLEARANCE FIT JOINTS

P. V. Golinitzkiy

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The influence of digital technologies on the obtained parameters of a connection with a gap relative to the fit tolerance is considered using the example of a camshaft-to-bushing connection of the YaMZ-236 engine.

Keywords: gap connection, precision, digital technology, camshaft, bushing.

Посадки с зазором часто используются в качестве узла подшипников скольжения, которые получили широкое распространение в машинах и механизмах благодаря возможности работать в сложных условиях, в частности, при высокой ударной и вибрационной нагрузке. Основным условием работы подшипников скольжения, является нахождение зазора в определенном диапазоне [1, 2]. Поскольку продолжительность эксплуатации соединений в значительной степени зависит от точности изготовления деталей [3], необходимо отдавать предпочтение методам, обеспечивающим стабильное достижение требуемых параметров [4, 5, 6].

Развитие цифровых технологий и появление современных многофункциональных обрабатывающих центров позволило достичь высокой точности при обработке сложных деталей сделав возможным применение новых методов взаимозаменяемости, одним из которых является – цифровой подбор [7, 8].

Сущность данного метода заключается в изготовлении с высокой точностью компенсирующей детали относительно базовой тем самым осуществляя индивидуальный подбор [9-12].

Применение данного метода возможно, только если действительная зона

рассеивания размеров, компенсирующей детали будет значительно меньше её допуска. Выполнение данного условия необходимо для обеспечения возможности смещения зоны рассеивания получаемых размеров компенсирующей детали в рамках своего допуска, нивелируя отклонения базовой детали и сохраняя начальный зазор минимальным.

Для проведения оценки получаемого с помощью метода цифриного подбора запаса на износ было выбрано соединение распределительный вал - втулка широко распространённого двигателя ЯМЗ-236. Диаметр опорных шеек данного двигателя после проведения обработки под первый ремонтный размер равен $53,7_{-0,105}^{-0,065}$ мм, соответствующим ему втулкам $\varnothing 53,7_{\square}^{+0,3}$ мм. Исходя из этого начальный зазор ($S_{\text{нач}}$) для данного соединения равен 0,065 мм, согласно ремонтной документации, предельно допустимый зазор ($S_{\text{пред.доп}}$) – 0,240 мм, запас на износ при этом составит 0,105...0,175 мм.

Поскольку данный метод обладает повышенной точностью то важно достоверно определить начальный зазор согласно выражению:

$$S_{\text{нач}} = D_k - (d \pm \Delta_{\Sigma}) + IT_k,$$

где D_k – диаметр компенсирующей детали; d – диаметр базовой детали; Δ_{Σ} – суммарная погрешность средства измерения; IT_k – допуск на изготовления компенсирующей детали.

Исходя из этого требуется использовать средства измерений, позволяющие избежать ошибок, например, цифровые. Оборудование для изготовления компенсирующей детали должно иметь на порядок выше точность по сравнению с применяемым для базовой.

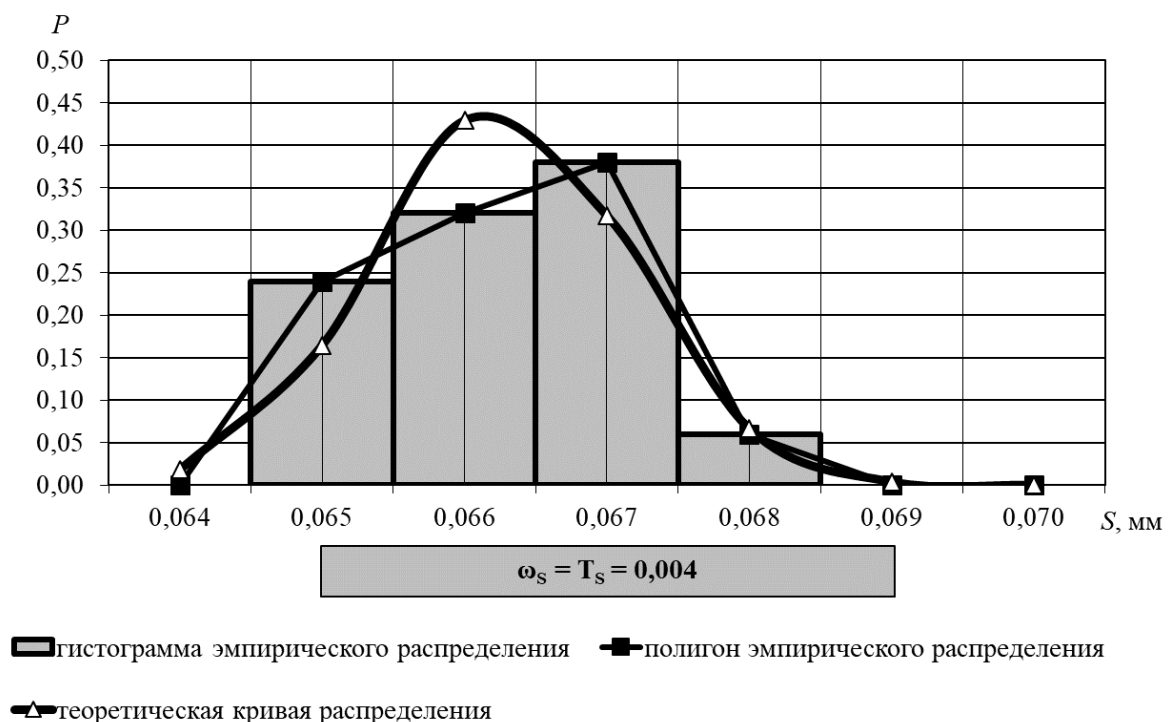


Рисунок 1 – Рассеивание зазоров, полученных при использовании цифрового подбора

Так в соединении распределительный вал – подшипниковая втулка двигателя ЯМЗ-236 компенсирующей деталью будет являться последняя, применение многофункциональных обрабатывающих центров позволяет достичь точности изготовления в 0,002 мм. Для выполнения компенсирующей функции необходимо провести корректировку допуска внутреннего размера втулки, который после корректировки составит $53,7_{-0,04}^{+0,04}$ мм. Данный метод позволяет максимально приблизиться значению начального зазора, тем самым обеспечив наибольшую точность.

Для оценки реально получаемого зазора в соединении (рисунок 1) было отобрано сто соединений.

При применении метода цифрового подбора наблюдается равенство между зоной рассеяния зазора и допуском на обработку, разница при этом между наибольшим и наименьшим значением не более 5 %, что позволяет приблизиться к максимально возможной точности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Расчёт допуска посадки с зазором для повышения относительной износостойкости соединений / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова [и др.] // Трение и износ. – 2023. – Т. 44, № 3. – С. 261-269. – DOI 10.32864/0202-4977-2023-44-3-261-269.
2. Леонов, О. А. Определение предельных функциональных зазоров подшипника скольжения в условиях гидродинамической смазки / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Трение и износ. – 2024. – Т. 45, № 4. – С. 327-334. – DOI 10.32864/0202-4977-2024-45-4-327-334.
3. Леонов, О. А. Дефектация валов и шестерён с позиции обеспечения качества соединений при ремонте редукторов сельхозмашин / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 4. – С. 48-52. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-4-48-52.
4. Проектная оценка надёжности соединения циркуляционно-нагруженного кольца подшипника качения с валом класса допуска js6 / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Проблемы машиностроения и надёжности машин. – 2023. – № 4. – С. 61-70. – DOI 10.31857/S0235711923040089.
5. Расчёт посадок соединений упругих втулочно-пальцевых муфт с валами / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 2. – С. 96-101. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-2-96-101.
6. Анализ точности изготовления поверхностей валов и отверстий цилиндрического соединения со шпонкой / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2023. – № 4. – С. 41-49. – DOI 10.52261/02346206_2023_4_41.
7. Голиницкий, П. В. Использование цифровых технологий в обеспечении максимального запаса на изнашивание соединений с зазором / П. В. Голиницкий, О. А. Леонов, У. Ю. Антонова // Вестник машиностроения. – 2025. – Т. 104, № 8. – С. 650-656. – DOI 10.36652/0042-4633-2025-104-8-650-656.

8. Цифровизация процесса дефектации коленчатых валов / П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова, Г. Н. Темасова [и др.] // Проблемы машиностроения и надёжности машин. – 2024. – № 3. – С. 76-84. – DOI 10.31857/S0235711924030107.

9. Работоспособность технических систем : учебник для ВУЗов по изучению дисциплины / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2022. – 379 с.

10. Повышение ресурса соединения с зазором методом цифрового подбора / О. А. Леонов, П. В. Голиницкий, Ю. Г. Вергазова, В. С. Бондарев // Сельский механизатор. – 2025. – № 10. – С. 34-36. – DOI 10.47336/0131-7393-2025-10-34-36.

11. Технология машиностроения : Лабораторный практикум / А. В. Коломейченко, И. Н. Кравченко, Н. В. Титов [и др.]. – СПб. : Издательство «Лань», 2015. – 272 с. – ISBN 978-5-8114-1901-2.

12. Пучин, Е. А. Средства технологического оснащения в системе технического сервиса АПК / Е. А. Пучин, О. Н. Дидманидзе, В. М. Корнеев. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2004. – 99 с. – ISBN 5-9546-0003-1.

Об авторе:

Голиницкий Павел Вячеславович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, gpv@rgau-msha.ru.

About the author:

Pavel V. Golinitzky, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, gpv@rgau-msha.ru.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПАРКА АВТОТРАНСПОРТ- НОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

С. С. Голубев, Д. А. Москвичев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье исследуются актуальные проблемы организации технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) подвижного состава автотранспортных предприятий. Предлагается концепция интеллектуальной системы управления ТО и Р, основанная на принципах предиктивной аналитики, интеграции данных и оптимизации ресурсов. Рассматриваются методологические аспекты перехода от планово-предупредительной модели обслуживания к адаптивной системе, учитывающей реальное техническое состояние транспортных средств.

Ключевые слова: техническое обслуживание, ремонт, автотранспортное предприятие, предиктивная аналитика, интеллектуальная система управления, цифровизация, коэффициент технической готовности.

IMPROVEMENT OF THE TECHNICAL SERVICE AND REPAIR SYSTEM OF A MOTOR TRANSPORT ENTERPRISE'S FARM BY IMPLEMENTING INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS

S. S. Golubev, D. A. Moskvichev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article explores the current problems of organizing maintenance and repair (M&R) of rolling stock in motor transport enterprises. It proposes a concept of an intelligent M&R management system based on the principles of predictive analytics, data integration, and resource optimization. The article discusses the methodological aspects of transitioning from a planned-preventive maintenance model to an adaptive system that takes into account the actual technical condition of vehicles.

Keywords: maintenance, repair, motor transport enterprise, predictive analytics, intelligent management system, digitalization, technical readiness factor.

Цель исследования – разработка методологии построения интеллектуальной системы управления ТО и Р автотранспортного парка, обеспечивающей повышение эффективности эксплуатации за счет внедрения современных методов диагностики, прогнозирования и оптимизации.

Эффективность функционирования автотранспортных предприятий в значительной степени определяется надежностью их подвижного состава. Традиционные системы технического обслуживания и ремонта, основанные на регламентных интервалах, не учитывают индивидуальные условия эксплуатации, фактический износ узлов и агрегатов, что приводит к неоптимальному использованию ресурсов [1]. Современные тенденции цифровизации позволяют переосмыслить подходы к управлению техническим состоянием парка, внедряя интеллектуальные системы, основанные на данных [2].

Анализ практики работы автотранспортных предприятий выявляет ряд системных проблем. Работы часто выполняются после возникновения отказов, что ведет к незапланированным простоям и увеличению затрат [3]. Жесткие регламенты не учитывают вариативность условий эксплуатации (нагрузки, режимы движения, климатические факторы) [4]. Данные от водителей, механиков, телематических систем и службы снабжения не интегрированы в единое информационное пространство. Ручной сбор и обработка данных затрудняют выявление закономерностей отказов и планирование превентивных мероприятий [5].

Решение указанных проблем видится во внедрении интеллектуальной системы управления, построенной на следующих принципах [7]. Создание единого цифрового контура, аккумулирующего информацию от всех источников: датчиков телематики, диагностического оборудования, систем учета (1С), человеческого фактора (водители, механики). Использование методов статистического анализа и машинного обучения для построения моделей прогнозирования отказов на основе исторических данных о поломках, параметрах эксплуатации и результатах диагностики [8-11]. Это позволяет перейти от обслуживания «по пробегу/времени» к обслуживанию «по состоянию». Формирование динамических графиков ТО и ремонтов с учетом: прогнозов технического состояния каждого транспортного средства, приоритетов эксплуатации (график перевозок), доступности ресурсов (ремонтные посты, персонал, запасные части), экономических факторов (стоимость простоя vs. стоимость ремонта). Прогнозирование потребности в запасных частях и материалах на основе планов работ и статистики расхода. Автоматизация процессов складского учета, формирования заявок и управления запасами. Автоматический расчет ключевых показателей эффективности, таких как: коэффициент технической готовности (КТГ) парка, средняя стоимость ТО и Р на 1 км пробега, процент внеплановых ремонтов, среднее время простоя на ремонте. Визуализация данных через интерактивные дашборды для оперативного принятия управленческих решений.

Внедрение интеллектуальной системы управления ТО и Р требует последовательного выполнения этапов: формализация и анализ текущих процедур ТО и Р, выявление «узких мест». Оснащение подвижного состава датчиками и телематическими устройствами для сбора данных. Создание или адаптация про-

граммного обеспечения, реализующего функционал системы. Критически важными являются модули сбора данных, аналитическое ядро и интерфейсы интеграции. Накопление репрезентативной исторической базы данных для «обучения» прогнозных моделей. Подготовка сотрудников к работе в новой системе, пересмотр должностных инструкций и нормативных документов предприятия.

Переход к интеллектуальной системе управления техническим обслуживанием и ремонтом представляет собой стратегическое направление повышения конкурентоспособности автотранспортных предприятий. Реализация предлагаемой концепции позволяет:

- снизить эксплуатационные затраты за счет сокращения внеплановых ремонтов и оптимизации использования ресурсов;
- повысить коэффициент технической готовности и надежность парка;
- улучшить управляемость процессами ТО и Р за счет цифровизации и объективной аналитики;
- создать основанную на данных систему принятия решений, способную адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку конкретных алгоритмов прогнозирования отказов для различных типов транспортных средств, а также на оценку экономической эффективности внедрения подобных систем на предприятиях различного масштаба.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025687344 Российская Федерация. Программа для диагностики узлов и агрегатов тракторов : заявл. 24.09.2025 : опубл. 09.10.2025 / Д. А. Москвичев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

2. Дидманидзе, О. Н. Прогнозирование параметрической надежности двигателей автотранспортных средств в нормальном и специальном эксплуатационных режимах / О. Н. Дидманидзе, Д. В. Варнаков // Международный технико-экономический журнал. – 2013. – № 3. – С. 94-98.

3. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.

4. Москвичев, Д. А. Особенности разработки компьютерной программы для систем управления тракторами сельскохозяйственного назначения на основе искусственного интеллекта / Д. А. Москвичев, Р. Т. Хакимов // АгроЭкоИнженерия. – 2024. – № 4(121). – С. 29–37. – DOI 10.24412/2713-2641-2024-4121-29-37.

5. Экспериментальные исследования влияния освещения на эвтрофикацию водоёмов и работу систем капельного орошения / О. Н. Дидманидзе, А. В. Евграфов, Д. А. Москвичев [и др.] // Природообустройство. – 2024. – № 3. – С. 6-12. – DOI 10.26897/1997-6011-2024-3-6-12.

6. Москвичев, Д. А. Совершенствование методов технического обслуживания перспективных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения : дис. ... канд. техн. наук / Москвичев Дмитрий Александрович. – 2023. – 250 с.

7. Оценка достоверности экспериментальных данных технического обслуживания модульного транспорта сельскохозяйственного назначения / О. Н. Дидманидзе, Д. А. Москвичев, Р. Т. Хакимов, А. М. Спиридонов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 5(74). – С. 104-113. – DOI 10.24411/2078-1318-2023-5-104-113.

8. Москвичев, Д. А. Методика определения периодичности технического обслуживания перспективных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(64). – С. 112–117. – DOI 10.31563/1684-7628-2022-64-4-112-117.

9. Организация технического сервиса по фактическому состоянию машин на основе оценки их параметрической надежности / О. Н. Дидманидзе, Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, А. М. Карев. – М. : ООО «УМЦ Триада», 2016. – 128 с. – ISBN 978-5-9546-0107-7.

10. Транспорт в агропромышленном комплексе : учебник / О. Н. Дидманидзе, Н. Н. Пуляев, А. А. Солнцев [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет, 2024. – 474 с.

Об авторах:

Голубев Сергей Сергеевич, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Москвичев Дмитрий Александрович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, moskvichev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Sergey S. Golubev, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Dmitry A. Moskvichev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, moskvichev@rgau-msha.ru.

АРХИТЕКТУРА И ПРОТОКОЛЫ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ДОВЕРИЯ В МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ КОРИДОРАХ НА ОСНОВЕ БЛОКЧЕЙН И СМАРТ-КОНТРАКТОВ

Д. Д. Грицай, Д. А. Москвичев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются архитектурные принципы и протоколы децентрализованного доверия в мультимодальных транспортных коридорах с применением технологий блокчейн и смарт-контрактов. Показано, что использование распределённых реестров позволяет повысить прозрачность логистических процессов, снизить операционные риски и обеспечить достоверность данных при взаимодействии различных участников перевозочного процесса. Особое внимание уделяется интеграции блокчейн-платформ с навигационными и телематическими системами, формирующими цифровой след мультимодальной перевозки. Отмечены перспективы внедрения данных технологий в условиях цифровизации транспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: мультимодальные перевозки, блокчейн, смарт-контракты, децентрализованное доверие, логистика, транспортные коридоры, цифровизация.

ARCHITECTURE AND PROTOCOLS OF DECENTRALIZED TRUST IN MULTIMODAL BLOCKCHAIN AND SMART CONTRACTS CORRIDORS

D. D. Gritsay, D. A. Moskvichev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article discusses the architectural principles and protocols of decentralized trust in multimodal transport corridors using blockchain technologies and smart contracts. It is shown that the use of distributed registries can increase the transparency of logistics processes, reduce operational risks, and ensure the reliability of data in the interaction between various participants in the transportation process. Special attention is paid to the integration of blockchain platforms with navigation and telematics systems that create a digital trace of multimodal transportation. The article highlights the prospects for implementing these technologies in the context of the digitalization of transport infrastructure.

Keywords: multimodal transportation, blockchain, smart contracts, decentralized trust, logistics, transport corridors, digitalization.

Цель исследования заключается в анализе архитектуры и принципов функционирования систем децентрализованного доверия в мультимодальных транспортных коридорах, а также в оценке возможностей применения технологий блокчейн и смарт-контрактов для повышения эффективности и надёжности перевозочного процесса.

Современное развитие транспортно-логистических систем характеризуется ростом объёмов мультимодальных перевозок, в рамках которых груз последовательно перемещается с использованием различных видов транспорта [1, 2]. Такая схема позволяет оптимизировать маршруты и сократить затраты, однако одновременно усложняет процессы координации и контроля. Каждый этап перевозки связан с передачей ответственности, оформлением документации и обменом данными между участниками, что в условиях централизованных информационных систем нередко приводит к задержкам, дублированию информации и снижению уровня доверия. В этой связи актуальной становится задача формирования единого информационного пространства, способного обеспечить прозрачность и неизменяемость данных на всём протяжении транспортного коридора.

Одним из перспективных решений данной задачи является внедрение децентрализованной архитектуры на основе технологии блокчейн. В отличие от традиционных централизованных баз данных, блокчейн представляет собой распределённый реестр, в котором информация хранится одновременно у всех участников сети и подтверждается с использованием механизмов криптографической защиты [3]. Это позволяет исключить возможность несанкционированного изменения данных и формирует основу для доверия между сторонами без необходимости привлечения единого контролирующего центра. В условиях мультимодальных перевозок такая архитектура особенно важна, поскольку в процесс вовлечены перевозчики, терминальные операторы, экспедиторы, страховые компании и государственные органы. Общая архитектура децентрализованного доверия в мультимодальном транспортном коридоре представлена на рисунке 1.

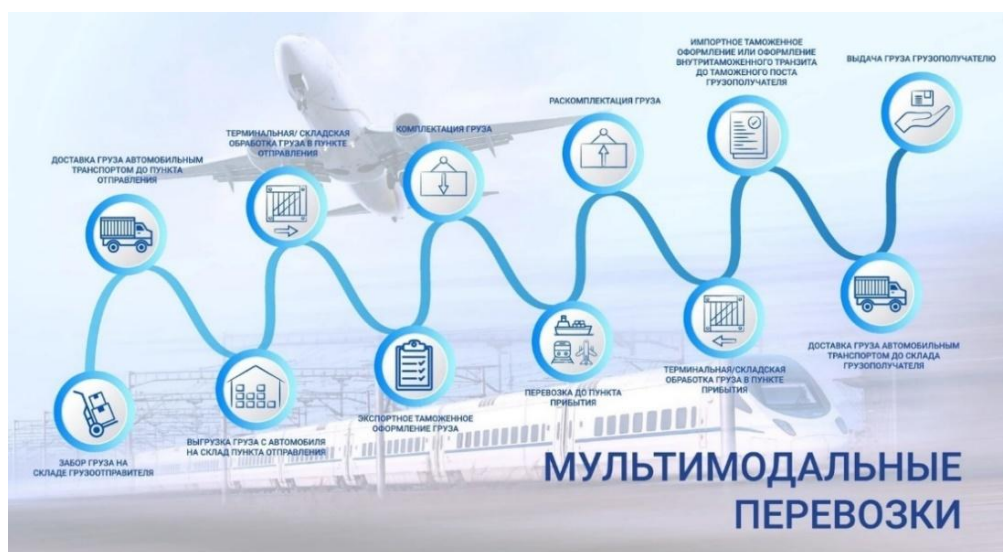


Рисунок 1 – Общая архитектура децентрализованного доверия в мультимодальном транспортном коридоре

Функциональное развитие блокчейн-систем в логистике связано с применением смарт-контрактов, которые представляют собой программные алгоритмы, автоматически исполняющие заранее заданные условия. В транспортных коридорах смарт-контракты могут использоваться для автоматизации расчётов между участниками, фиксации факта выполнения этапов перевозки, контроля соблюдения договорных условий и параметров доставки. Такой подход снижает влияние человеческого фактора, ускоряет принятие решений и повышает предсказуемость логистических процессов.

Протоколы децентрализованного доверия в мультимодальных системах основываются на механизмах идентификации участников, распределённого подтверждения транзакций и разграничения доступа к данным. На практике наибольшее распространение получают разрешённые блокчейн-сети, в которых каждый участник проходит предварительную верификацию. Это особенно важно для транспортной отрасли, где требуется соблюдение нормативных требований и защита коммерчески значимой информации. В результате достигается компромисс между открытостью логистических данных и их конфиденциальностью. Использование смарт-контрактов при передаче груза между видами транспорта представлено на рисунке 2.



Рисунок 2 – Использование смарт-контрактов при передаче груза между видами транспорта

Использование смарт-контрактов при передаче груза между видами транспорта позволяет существенно повысить прозрачность и управляемость мультимодальных перевозок, особенно на этапах смены перевозчика и зоны ответственности. В традиционных схемах этот процесс сопровождается оформлением документов, ручной фиксацией состояния груза и временными задержками, связанными с согласованием действий между участниками. Смарт-контракты, функционирующие на основе технологии распределённого реестра, позволяют автоматически фиксировать факт прибытия груза на терминал, подтверждать выполнение заданных условий перевозки и регистрировать момент передачи ответственности между сторонами на основе объективных данных телематики и IoT-датчиков [4, 5].

Интеграция смарт-контрактов с цифровыми платформами управления перевозками обеспечивает синхронизацию физических операций перегрузки с цифровыми процессами учёта и расчётов. При соблюдении всех условий смарт-контракт автоматически обновляет статус груза, запускает расчёт между перевозчиками и снижает риск спорных ситуаций, связанных с повреждением или задержкой доставки. В случае отклонений от заданных параметров выполнение контракта приостанавливается, что позволяет оперативно выявить проблему и предотвратить распространение ошибок по всей логистической цепочке, повышая общую устойчивость мультимодальных перевозок. Существенную роль в формировании децентрализованных систем доверия играют навигационные и телематические технологии. Данные о местоположении транспортных средств, времени прибытия, условиях перевозки и отклонениях от маршрута могут автоматически передаваться в блокчейн-сеть, формируя объективный цифровой профиль перевозки. Интеграция навигационных систем с распределёнными реестрами позволяет не только повысить точность контроля, но и создать основу для интеллектуального управления мультимодальными коридорами в реальном времени [6, 7].

Несмотря на значительный потенциал, внедрение блокчейн-решений в транспортной отрасли сталкивается с рядом ограничений, связанных с необходимостью стандартизации, масштабируемости систем и адаптации нормативно-правовой базы. Однако в условиях цифровой трансформации транспортной инфраструктуры данные технологии рассматриваются как один из ключевых инструментов повышения устойчивости и эффективности логистических цепей, особенно при организации международных и межрегиональных перевозок.

Заключение

Применение архитектуры децентрализованного доверия на основе блокчейн и смарт-контрактов в мультимодальных транспортных коридорах позволяет существенно повысить прозрачность, надёжность и управляемость перевозочного процесса. Интеграция распределённых реестров с навигационными и телематическими системами формирует единое цифровое пространство, обеспечивающее достоверность данных на всех этапах перевозки. Несмотря на существующие ограничения, развитие данных технологий открывает перспективы создания более эффективных и устойчивых транспортно-логистических систем, отвечающих требованиям современной цифровой экономики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024683359 Российская Федерация. «Техническое обслуживание и ремонт автомобилей» : № 2024682911 : заявл. 02.10.2024 : опубл. 14.10.2024 / Д. А. Москвичев, А. С. Гузалов, А. В. Евграфов, Д. А. Филимонов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

3. Москвичев, Д. А. Проектирование автотранспортных предприятий : учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта / Д. А. Москвичев, Е. А. Евграфов, А. С. Гузалов. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2024. – 70 с.

4. Экспериментальные исследования влияния освещения на эвтрофикацию водоёмов и работу систем капельного орошения / О. Н. Дидманидзе, А. В. Евграфов, Д. А. Москвичев [и др.] // Природообустройство. – 2024. – № 3. – С. 6–12. – DOI 10.26897/1997-6011-2024-3-6-12.

5. Автомобильные перевозки / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, А. М. Карев [и др.]. – М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2018. – 554 с. – ISBN 978-5-7367-1436-0.

6. Москвичев, Д. А. Эффективность модернизации сельскохозяйственной техники путём использования модульного транспорта / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». – 2018. – № 2(84). – С. 33-36. – DOI 10.26897/1728-7936-2018-2-33-36.

7. Evgrafov, A. Experimental studies of temperature-dynamic properties of peat soils in agricultural lands / A. Evgrafov, A. Guzalov, D. Moskvichev // E3S Web of Conferences : XI International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (Termez, Uzbekistan, 31 октября – 02 ноября 2024 года). – Termez, Uzbekistan : EDP Sciences, 2025. – P. 5003. – DOI 10.1051/e3sconf/202561305003.

Об авторах:

Грицай Данила Дмитриевич, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Москвичев Дмитрий Александрович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, moskvichev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Danila D. Gritsai, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Dmitry A. Moskvichev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, moskvichev@rgau-msha.ru.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PYTHON

Д. О. Гукин, Д. А. Москвичев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные проблемы организации технического обслуживания (ТО) автомобильного транспорта на автотранспортных предприятиях. Предлагаются направления оптимизации процессов ТО на основе цифровых решений, а также концепция программного обеспечения на языке Python, направленного на повышение эффективности, снижение затрат и увеличение коэффициента технической готовности подвижного состава.

Ключевые слова: техническое обслуживание, автотранспортные предприятия, оптимизация процессов, предиктивная аналитика, цифровизация, Python.

IMPROVING THE TECHNICAL MAINTENANCE OF ROAD TRANSPORT AT ROAD TRANSPORT ENTERPRISES USING PYTHON

D. O. Gukin, D. A. Moskvichev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article discusses the current problems of organizing vehicle maintenance (VM) at motor transport enterprises. It proposes directions for optimizing VM processes based on digital solutions, as well as the concept of Python-based software aimed at increasing efficiency, reducing costs, and increasing the technical availability rate of rolling stock.

Keywords: vehicle maintenance, motor transport enterprises, process optimization, predictive analytics, digitalization, Python.

Цель исследования – разработать концепцию программного обеспечения на языке Python для совершенствования системы технического обслуживания автомобильного транспорта за счет внедрения предиктивной аналитики, оптимизации планирования работ и автоматизации учётно-отчётных процессов.

Одной из ключевых задач автотранспортных предприятий является поддержание подвижного состава в исправном техническом состоянии. Неэффективная организация технического обслуживания ведёт к увеличению простоев,

росту затрат на ремонт, снижению безопасности эксплуатации и ухудшению финансовых показателей предприятия [1].

К основным проблемам существующих систем ТО можно отнести следующие показатели [2]. Реактивный характер обслуживания, при котором работы часто выполняются после возникновения отказов, что ведёт к незапланированным простоям [3]. Графики ТО не учитывают реальную интенсивность эксплуатации, условия работы и фактическое состояние агрегатов. Ручное ведение журналов, сложность анализа накопленных данных по отказам и ремонтам [4]. Неоптимальное планирование потребности в запасных частях и материалах. Разрозненность информации от водителей, механиков, систем телематики и склада. Решением указанных проблем является внедрение интеллектуальной системы управления техническим обслуживанием, ядро которой может быть реализовано с помощью языка программирования Python [5].

Направления совершенствования с применением IT-решений состоит из предиктивной аналитики и прогнозирования отказов. Модуль анализирует данные телематики (пробег, нагрузки, режимы работы, данные с датчиков), историю отказов и ремонтов для построения моделей прогнозирования остаточного ресурса узлов [6]. Система формирует динамические графики ТО на основе прогнозов, приоритетов эксплуатации и доступности ресурсов (персонал, запчасти, посты). Прогнозирование потребности в запчастях, управление складскими запасами, автоматизация формирования заявок на поставку [7]. Автоматизированный сбор данных о выполненных работах, затратах, формирование отчётов и расчёт ключевых показателей эффективности (KPI) ТО. Python, благодаря своей экосистеме библиотек для анализа данных, машинного обучения и веб-разработки, является оптимальным инструментом для создания подобных систем [8, 9].

Архитектура условной программы может включать следующие модули:

1. Модуль сбора и обработки данных (Data Pipeline). *Библиотеки:* pandas, numpy, SQLAlchemy. *Функции:* приём и консолидация данных из различных источников (телематические блоки, диагностические сканеры, учетные системы 1С, ручной ввод). Очистка и структурирование данных.

2. Модуль аналитики и прогнозирования (Analytics & ML Core). *Библиотеки:* scikit-learn, statsmodels, prophet, xgboost. *Функции:* анализ трендов износа, построение моделей для прогнозирования времени наступления отказов (Predictive Maintenance), кластеризация типовых неисправностей.

3. Модуль оптимизации и планирования (Optimization Engine). *Библиотеки:* ortools, pulp. *Функции:* решение задач календарно-сетевого планирования работ ТО, оптимизация загрузки ремонтных постов и персонала, формирование оптимальных маршрутов для выездных бригад.

4. Модуль управления ресурсами (Resource Manager). *Функции:* управление складом запчастей, прогноз потребности, интеграция с системами закупок. Учет трудозатрат и формирование смет.

5. Визуализация и интерфейс (Frontend / Dashboard). *Библиотеки:* Dash (Plotly), Streamlit, Flask+Jinja2. *Функции:* интерактивные дашборды для руково-

дителей и механиков с отображением КРІ (коэффициент технической готовности, средняя стоимость ТО на 1 км, процент внеплановых ремонтов), графики загрузки, карты состояния парка.

6. Модуль интеграции и уведомлений. *Библиотеки*: requests. *Функции*: интеграция с корпоративными системами (1С, CRM), СМС/email-уведомления для водителей о предстоящем ТО, оповещения для снабжения о критическом уровне запасов.

Таким образом Python имеет ряд преимуществ. Возможность быстро адаптировать алгоритмы под специфику парка и виды транспортных средств.

Использование open-source решений значительно снижает затраты на лицензионное программное обеспечение. Лёгкость интеграции с аппаратным обеспечением (диагностическое оборудование, датчики) и существующими корпоративными информационными системами. Широкие возможности для глубокого анализа данных и внедрения передовых методов машинного обучения для перехода от планово-предупредительного к предиктивному обслуживанию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Москвичев, Д. А. Методика определения периодичности технического обслуживания перспективных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(64). – С. 112-117. – DOI 10.31563/1684-7628-2022-64-4-112-117

2. Оценка достоверности экспериментальных данных технического обслуживания модульного транспорта сельскохозяйственного назначения / О. Н. Дидманидзе, Д. А. Москвичев, Р. Т. Хакимов, А. М. Спиридонов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 5(74). – С. 104-113. – DOI 10.24411/2078-1318-2023-5-104-113.

3. Москвичев, Д. А. Совершенствование методов технического обслуживания перспективных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения : дис. ... канд. техн. наук / Москвичев Дмитрий Александрович. – 2023. – 250 с.

4. Москвичев, Д. А. Особенности разработки компьютерной программы для систем управления тракторами сельскохозяйственного назначения на основе искусственного интеллекта / Д. А. Москвичев, Р. Т. Хакимов // АгроЭкоИнженерия. – 2024. – № 4(121). – С. 29-37. – DOI 10.24412/2713-2641-2024-4121-29-37.

5. Зайцев, К. Р. Преимущества и проблемы эксплуатации электромобилей / К. Р. Зайцев // Чтения академика В. Н. Болтинского, посвящённые 300-летию Российской академии наук : сборник статей (Москва, 17-18 января 2024 года). – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2024. – С. 172-177.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024683359 Российская Федерация. «Техническое обслуживание и ремонт автомобилей» : № 2024682911 : заявл. 02.10.2024 : опубл. 14.10.2024 / Д. А. Москвичев, А. С. Гузалов, А. В. Евграфов, Д. А. Филимонов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

7. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.

8. Дидманидзе, О. Н. Проектирование производственных процессов в растениеводстве с использованием компьютерных технологий / О. Н. Дидманидзе, О. П. Андреев, А. Н. Журилин. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2018. – 150 с.

9. Автотранспортная психология : учебник / Д. А. Москвичев, А. В. Еврафов, А. С. Гузалов [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет, 2025. – 101 с.

Об авторах:

Гукин Дмитрий Олегович, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Москвичев Дмитрий Александрович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, moskvichev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Dmitry O. Gukin, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Dmitry A. Moskvichev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, moskvichev@rgau-msha.ru.

ПОВЫШЕНИЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ СТРЕЛ АВТОКРАНОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РЕМОНТНЫХ СИСТЕМ

В. Л. Дедюлин

Научный руководитель – Н. С. Севрюгина

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрены технологии ремонта кранового оборудования. Предложено применение интеллектуальной системы позиционирования секций стрелы автокрана, обеспечивающей повышение точности и надёжности ремонтных операций.

Ключевые слова: автокран, ремонтное оборудование, автоматизация, лазерные датчики, негабаритные конструкции, надёжность.

IMPROVING THE RELIABILITY OF TRUCK CRANE BOOMS USING INTELLIGENT MAINTENANCE SYSTEMS

V. L. Dedyulin

Scientific advisor – N. S. Sevryugina

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article discusses the technologies for repairing crane equipment. The application of an intelligent positioning system for the jib sections of a truck crane is proposed, which ensures increased accuracy and reliability of repair operations.

Keywords: truck crane, repair equipment, automation, laser sensors, oversized structures, reliability.

В условиях современного строительства и промышленного производства автомобильные краны широко применяются для выполнения операций по подъёму, удержанию и перемещению грузов различной массы и габаритов. При этом в процессе эксплуатации данные машины подвержены интенсивному износу, особенно в отношении крупногабаритных элементов металлоконструкций, к которым относится стреловое оборудование. Это обуславливает необходимость проведения регулярных ремонтно-диагностических мероприятий.

На практике восстановление и контроль состояния стрел автокранов во многих случаях осуществляется с применением традиционных технологий, основанных на ручных операциях и визуальной оценке. Подобные методы характеризуются ограниченной точностью и высокой трудоёмкостью, что приводит к

увеличению продолжительности ремонтных работ, росту эксплуатационных затрат и повышению рисков, связанных с безопасностью обслуживающего персонала. [1].



Рисунок 1 – Площадки размещения стрелы крана для ремонта

Согласно данным отраслевых исследований, простои автомобильных кранов, связанные с проведением ремонтных работ, формируют существенные экономические потери, тогда как внедрение автоматизированных и цифровых решений позволяет значительно сократить продолжительность ремонтов и повысить эффективность использования техники.

Целью настоящего исследования является совершенствование технологического оборудования ремонтного предприятия за счёт внедрения цифровых и интеллектуальных средств в существующие производственные процессы. В качестве базового элемента рассматривается специализированное устройство для размещения и позиционирования стрелового оборудования автокрана, обеспечивающее разделение стрелы на секции и создание условий для выполнения ремонтных операций.

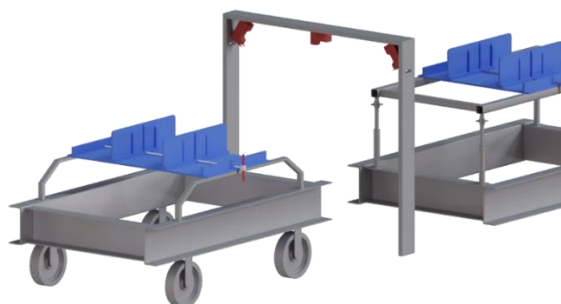


Рисунок 2 – Принцип функционирования системы лазерного сканирования и перемещения транспортирующей тележки

Применение подвижных транспортирующих устройств позволяет повысить точность и удобство обращения с крупногабаритными элементами конструкции. Рассматриваемая подвижная тележка интегрируется в систему посредством приводных механизмов, функционирование которых осуществляется под управлением программируемого контроллера. Использование датчиков перемещения обеспечивает реализацию обратной связи, что позволяет автоматизировать продольное перемещение тележки вдоль стрелы и синхронизировать его с процессом измерений и сканирования [3].

Для повышения эффективности ремонтных операций в структуру стенда введён цифровой модуль, предназначенный для автоматизации процесса дефектоскопии металлоконструкций стрелового оборудования. Данный модуль обеспечивает анализ геометрических параметров конструкции и формирование рекомендаций по выбору рационального способа восстановления на основе встроенной базы справочных данных (рисунок 3). Ключевым элементом системы является центральный контроллер, координирующий работу измерительных датчиков, приводных механизмов и исполнительных устройств, а также обеспечивающий взаимодействие с оператором через интерфейс визуализации и мониторинга.

Тип оборудования	Пример оборудования	Описание	Основные функции
Диагностические системы	Bosch KTS 560 	Компьютерная система для диагностики состояния стрелы и других узлов	Определение повреждений, измерение деформаций, оценка износа
Ультразвуковые дефектоскопы	ВД-10А 	Оборудование для неразрушающего контроля сварных швов и материалов	Обнаружение трещин и дефектов внутри металлоконструкций
Лазерные измерительные системы	Leica Absolute Tracker AT960 	Лазерное устройство для точного измерения геометрии стрелы	Определение деформаций и контроль вылета стрелы
3D-сканеры		Система для создания трёхмерных моделей деталей и узлов	Восстановление геометрии, проверка соответствия спецификациям

Рисунок 3 – Автоматизированный комплекс оборудования для цифрового управления ремонтными работами

Алгоритм автоматизации реализуется в виде последовательного цикла операций. На первом этапе секции стрелы фиксируются на опорных элементах стенда, после чего контроллер управляет подъёмом домкратных устройств до заданного рабочего положения. Далее активируются лазерные датчики, выполняющие пространственное сканирование поверхности с формированием трёхмерной модели и выявлением отклонений от нормативной геометрии, включая деформации и локальные повреждения [4].

На основе результатов анализа измерительных данных система автоматически корректирует положение транспортирующей тележки и опорных механизмов, концентрируя внимание на зонах с выявленными дефектами. Применяемые алгоритмы обработки позволяют не только фиксировать текущие повреждения, но и оценивать вероятность развития дефектов путём сопоставления полученных параметров с эталонными значениями. При необходимости разборки или перераспределения секций перемещение осуществляется в автоматическом режиме, что снижает механические нагрузки и уменьшает риск повреждения элементов конструкции.

По завершении ремонтных операций выполняется повторное лазерное сканирование, результаты которого используются для подтверждения соответствия геометрических параметров установленным требованиям. На основании полученных данных формируется отчёт о техническом состоянии стрелы. Применение данного подхода позволяет существенно снизить влияние человеческого фактора и повысить точность и оперативность ремонтных работ [5, 6].

Внедрение автоматизированных решений способствует снижению вероятности ошибок, оптимизации использования материальных и трудовых ресурсов, а также повышению общей эффективности ремонтного производства. В дальнейшем разработанный стенд может быть адаптирован для обслуживания аналогичных металлоконструкций, что расширяет область применения интеллектуальных технологий в машиностроении и строительной отрасли.

Разработанная система обеспечивает бесконтактный контроль геометрических параметров, синхронизированное управление исполнительными механизмами и элементы предиктивного анализа дефектов, что повышает уровень безопасности и надёжности ремонтных операций. Возможности масштабирования и интеграции с цифровыми платформами создают предпосылки для перехода ремонтных предприятий к интеллектуальным производственным системам в условиях цифровой трансформации промышленности [7].

Вывод. В работе представлена концепция интеллектуального ремонтного стенда для обслуживания негабаритных конструкций автомобильных кранов, основанная на применении лазерных измерительных датчиков и средств автоматизированного управления. Предложенное решение направлено на повышение точности диагностики, сокращение времени ремонта и снижение влияния человеческого фактора при восстановлении стрелового оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тарасов, А. С. Методы выявления скрытых дефектов в динамически нагружаемых конструкциях / А. С. Тарасов, И. А. Новиков, Н. С. Севрюгина // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2016. – Т. 3, № 3(6). – С. 72-75.
2. Дедюлин, В. Л. Влияние выбора технологии ремонта стрелы автокрана на её отказоустойчивость / В. Л. Дедюлин, Н. С. Севрюгина // Будущее науки –

2024 : сборник научных статей 11-й Международной молодёжной научной конференции. В 5-ти томах (Курск, 18-19 апреля 2024 года). – Курск : ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 116-118.

3. Дедюлин, В. Л. Интеллектуальное ремонтное оборудование для негабаритных конструкций автомобильных кранов / В. Л. Дедюлин, Н. А. Корсаков // Реинжиниринг и цифровая трансформация эксплуатации транспортно-технологических машин и робототехнических комплексов. – М. : РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2024. – С. 300-304.

4. Apatenko, A. Tensometry of Interfaces of the Working Body of Technology Machines for Reclamation Works / A. Apatenko, N. Sevryugina // Smart Innovation, Systems and Technologies. – 2022. – Vol. 247. – P. 73-81. – DOI 10.1007/978-981-16-3844-2_9.

5. РД 10-112-2-09. Методические рекомендации по экспертному обследованию грузоподъёмных машин. Часть 2. Краны стреловые общего назначения.

6. Проблемы ремонта мобильных кранов / М. Минигулов, Е. Петров, А. Бойков, К. Позынич // ТехНадзор. – 2015. – № 10(107). – С. 422-423.

7. Божанов, А. А. Обзор технических характеристик ведущих производителей автокранов / А. А. Божанов, П. А. Кузин // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 3-1(78). – С. 36-40. – DOI 10.33979/2073-7432-2022-1(78)-3-36-40.

8. Подъёмно-транспортное оборудование : каталог / под ред. В. И. Чернованова. – М. : Информагротех, 1992. – 115 с.

9. Родионов, Ю. В. Производственно-техническая инфраструктура предприятий автомобильного транспорта / Ю. В. Родионов. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2015. – 409 с.

Об авторах:

Дедюлин Владимир Леонидович, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Севрюгина Надежда Савельевна, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, доцент, svan0000@mail.ru.

About the authors:

Vladimir L. Dedyulin, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Nadezhda S. Sevryugina, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, svan0000@mail.ru.

ВНЕДРЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В РАБОТУ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. А. Дупак

Научный руководитель – Н. С. Севрюгина

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье дана оценка эксплуатационным методам БПЛА в сфере орошения. Предложено рассмотрение разработки малых аппаратов для малого агробизнеса.

Ключевые слова: БПЛА, точное земледелие, автоматизация, оптимизация, негабаритные конструкции, дрон, надежность.

INTRODUCTION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN THE WORK OF SMALL ENTERPRISES

A. A. Dupak

Scientific advisor – N. S. Sevryugina

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article provides an assessment of the operational methods of UAVs in the field of irrigation. It proposes the development of small UAVs for small agribusiness.

Keywords: UAV, precision farming, automation, optimization, oversized structures, drone, reliability.

В рамках современной модернизации агропромышленных процессов практикуется множество технологических методов и оборудования для оптимизации производственных циклов [1, 2]. Традиционные подходы к способам обработки, наблюдения и орошения густо засаженных полей сталкиваются как с проблемой рисков для здоровья сотрудников, так и избыточной нагрузкой, чрезмерным расходам используемых химикатов и воды, а также несвоевременным уходом за проблемными секторами культурных растений, что приводит к меньшей урожайности. Все вышеперечисленные проблемы имеют различные пути решения, одним из которых является эксплуатация беспилотных летательных аппаратов.

В агропромышленном секторе эксплуатация такого оборудования возможна для предприятий с большим капиталом, так как стоимость одного устройства достаточно высокая и требует дополнительных навыков обслуживающего

персонала, а также требует особых деталей, соблюдающих определённые технические и эксплуатационные стандарты, включая регулярное обновление программного обеспечения, калибровку сенсоров и использование специализированных комплектующих [3, 4, 5].

Цель исследований: рассмотреть варианты решения проблемы с внедрением методов эксплуатации БПЛА для небольших фермерских хозяйств АПК.

В рамках работы были рассмотрены потребности малых и средних фермерских хозяйств и проведен анализ рынка беспилотных летательных аппаратов по показателям технико-экономической эффективности, применительно к агропромышленному сектору [6].

Территориально были выбраны агрокультурные поля Самарской области. Общая площадь агротехнического использования земли по данным Минсельхозпрода Самарской области от 2022 года, 2,2 млн га, на которые приходится более 1635 тысяч гектаров зерновых.



Рисунок 1 – Распределение земельных ресурсов

Оценка технологий инновационного развития показывает общие для АПК проблемы его замедленного внедрения:

- низкие темпы технической модернизации отрасли, куда включаются все этапы агрокультурного цикла, как подготовка поля, уход, сбор урожая, хранение и транспортировка товара;
- деградация земель как из-за экологических, так и из-за производственных процессов;
- недостаточная активность реализации программ самообразования и повышения компетентности в условиях интенсификации внедрения инновационных технологий.

Перенесение выделенных проблем на техническое довооружение фермерских хозяйств беспилотными системами помощи, сопровождения и корректирования сельскохозяйственных работ указывает на возможность их комплексного решения.

Представлен алгоритм, показывающий эффективность применения БПЛА для управления хозяйственной деятельностью фермерских хозяйств.



Рисунок 2 – Алгоритм внедрения БПЛА в аграрные работы фермерского хозяйства

Решение организационных задач требует получения расчетных показателей по загруженности отдельными задачами в заданный временной период.

Представляется, что на заявленной в примере площади по Самарской области нет необходимости небольшим хозяйствам иметь на балансе дорогостоящие аппараты, а достаточно создать систему кооперативного использования, повышая эффективность их применения.

Анализ имеющихся практик внедрения системы управления показал, что хорошо апробированная система автоматического регулирования дорожного движения с контролем из единого центра может быть рассмотрена для адаптации основных практик в АПК [7-9].

Схема реализации коллективного использования БПЛА представлена несколькими этапами:

- зонирование территории по определению реперных точек установки блоков зарядки и хранения компонентной базы БПЛА;
- создание центра управления с планированием графика выполнения заявленных операций;
- формирование аппаратно-программного центра сбора и интерпретации информации от отдельного фермерского хозяйства с координацией в центре управления в режиме реального времени.

Ключевым преимуществом предлагаемой концепции является возможность совмещения режимов сотрудничества: онлайн и офлайн, при этом фермеру достаточно подать заявку на выполнение операций и в работу включится автономная система управления по выполнению задачи из координационного центра.



Рисунок 3 – Обработка полей БПЛА

Вывод

Имеющиеся данные предполагают, что внедрение передового оборудования в регион Самары и его развитие могут дать в быстрой перспективе как финансовую выгоду предприятиям, так и в долгосрочной улучшить экологическую обстановку на крупных засевах, так как снизится востребованность в работе крупной техники. Однако требуется помощь со стороны для реализации данных перспектив, так как финансовое состояние АПК данного региона не готово к самостоятельному интегрированию новых методик.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Puška, A. Evaluation of Affordable Agricultural Drones for Small and Medium Farms / A. Puška, M. Nedeljković // Engineering. – 2024. – Vol. 5, No. 4. – P. 3161-3173. – DOI: 10.3390/eng5040166.
2. Garg, A. Agri-Drone Usage for Small Farmers in Uganda [Электронный ресурс] / A. Garg. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/386253773_Evaluation_of_Affordable_Agricultural_Drones_for_Small_and_Medium_Farms (дата обращения: 24.09.2025).
3. Mahasneh, H. Drones in Agriculture: Real-World Applications and Impactful Case Studies / H. Mahasneh // Journal of Natural Science Review. – 2024. – Vol. 2, Special Issue. – P. 643-656. – DOI: 10.62810/jnsr.v2iSpecial.Issue.164.
4. Rejeb, A. Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis / A. Rejeb, A. Abdollahi, K. Rejeb, H. Treiblmaier // Computers and Electronics in Agriculture. – 2022. – Vol. 198. – P. 107017. – DOI: 10.1016/j.compag.2022.107017.
5. Кондратьева, А. М. Современное применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [Электронный ресурс] / А. М. Кондратьева. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-primenenie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-bpla> (дата обращения: 24.09.2025).
6. Применение беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве : дайджест. Вып. 9 (47) / сост. А. Г. Цырульник. – М., 2023. – 11 с.
7. Моделирование устойчивого управления ресурсами окружающей среды на основе принципов экологической кибернетики / Н. С. Севрюгина, Н. А. Загородний, М. А. Модина, М. В. Константинова // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2025. – № 2. – С. 37-42.

8. Дидманидзе, О. Н. Проектирование производственных процессов в растениеводстве с использованием компьютерных технологий / О. Н. Дидманидзе, О. П. Андреев, А. Н. Журилин. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2018. – 150 с.

9. Севрюгина, Н. С. Цифровые модули контроля функционирования мелиоративных систем / Н. С. Севрюгина, А. Ю. Фомин, И. И. Руденко // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: сборник трудов XI Международной научно-практической конференции (Саратов, 15-16 мая 2024 года). – Саратов : Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, 2024. – С. 52-58.

Об авторах:

Дупак Александр Алексеевич, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), Sasha_dupak@mail.ru.

Научный руководитель – Севрюгина Надежда Савельевна, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, доцент, sevruginans@rgau-msha.ru.

About the authors:

Alexander A. Dupak, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Sasha_dupak@mail.ru.

Scientific advisor – Nadezhda S. Sevryugina, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, sevruginans@rgau-msha.ru.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ ПАССАЖИРСКОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ (НА ПРИМЕРЕ ПАТП «УРЮПИНСКОЕ»)

С. А. Дутова

Научный руководитель - О. П. Андреев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрены актуальные проблемы функционирования производственно-технической базы (ПТБ) пассажирских автотранспортных предприятий (ПАТП) в условиях ограниченного финансирования и износа основных фондов. На примере ПАТП «Урюпинское» проведен анализ текущего состояния инфраструктуры, ремонтного обслуживания и логистики предприятия. Выявлены ключевые «узкие места»: низкая пропускная способность и износ зон ТО и ТР, неоптимальная планировка территории, использование устаревшего диагностического оборудования. Предложен комплекс мер по оптимизации, включающий реконструкцию производственных зон, внедрение системы планирования производственных ресурсов (ERP-системы) и переход к ремонту по фактическому состоянию агрегатов на основе телематических данных. Расчет экономической эффективности показал возможность сокращения простоев подвижного состава на 15...20 % и снижения затрат на ТО и ТР на 10...12 % в среднесрочной перспективе.

Ключевые слова: пассажирский автотранспорт, производственно-техническая база, техническое обслуживание и ремонт, оптимизация, эффективность, ПАТП.

OPTIMIZATION OF THE PRODUCTION AND TECHNICAL BASE OF A PASSENGER ROAD TRANSPORT ENTERPRISE: A CASE STUDY OF PATP «URYUPINSKOE»

S. A. Dutova

Scientific advisor – O. P. Andreev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. This article examines current issues affecting the operation of production and technical facilities (PTF) at passenger motor transport enterprises (PMTEs) in the context of limited funding and depreciation of fixed assets. Using the Uryupinskoye PMTE as a case study, an analysis of the current state of the enterprise's infrastructure, repairs, and logistics is conducted. Key bottlenecks are identified: low throughput and

depreciation of maintenance and repair areas, suboptimal site layout, and the use of outdated diagnostic equipment. A set of optimization measures is proposed, including the reconstruction of production areas, the implementation of an enterprise resource planning (ERP) system, and a transition to condition-based repairs based on telematics data. Cost-effectiveness calculations demonstrated the potential to reduce rolling stock downtime by 15...20 % and decrease maintenance and repair costs by 10...12 % in the medium term.

Keywords: *passenger motor transport, production and technical base, maintenance and repair, optimization, efficiency, passenger motor transport enterprise.*

Введение

Пассажирский автомобильный транспорт является жизненно важной отраслью, обеспечивающей мобильность населения, особенно в малых и средних городах, где он зачастую выступает основным видом общественного транспорта [1]. Эффективность и надежность работы пассажирских автотранспортных предприятий (ПАТП) напрямую зависят от состояния их производственно-технической базы (ПТБ). Под ПТБ понимается комплекс зданий, сооружений, оборудования и технологических процессов, предназначенных для хранения, технического обслуживания (ТО), ремонта (ТР) и обеспечения эксплуатационной готовности подвижного состава.

В современных экономических условиях многие муниципальные и частные ПАТП, особенно в регионах, сталкиваются с проблемой хронического недофинансирования, что приводит к физическому и моральному старению ПТБ. Это, в свою очередь, вызывает рост простоев подвижного состава в ремонте, увеличение эксплуатационных затрат, снижение качества технической готовности и, как следствие, ухудшение качества транспортного обслуживания населения [2, 3].

Целью данной статьи является разработка практических мер по оптимизации ПТБ для ПАТП «Урюпинское» с целью повышения эффективности его основной деятельности. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: провести анализ текущего состояния ПТБ предприятия; выявить ключевые проблемы и «узкие места»; предложить комплекс организационно-технических мероприятий по оптимизации; оценить ожидаемую экономическую эффективность предлагаемых решений [4].

Объектом исследования выступает ПАТП «Урюпинское», осуществляющее регулярные пассажирские перевозки в г. Урюпинск и прилегающем районе. Предмет исследования – организационно-технологические процессы его производственно-технической базы.

1. Анализ текущего состояния ПТБ ПАТП «Урюпинское»

ПАТП «Урюпинское» эксплуатирует 52 автобуса средней и малой вместимости (в основном моделей ПАЗ и ЛиАЗ различных лет выпуска). ПТБ предприятия включает в себя: закрытую неотапливаемую автостоянку на 55 машиномест, производственный корпус с зонами ЕТО, ТО-1, ТО-2, постами текущего ремонта, сварочным и аккумуляторным участками, склад запасных частей и материально-технических ценностей.

Проведенный анализ выявил ряд системных проблем:

Моральный и физический износ инфраструктуры: производственный корпус построен более 30 лет назад, планировка не соответствует современным требованиям потока ТО и ТР. Ширина проездов и ворот недостаточна для маневрирования современных автобусов большей габаритной длины.

Низкая эффективность зон ТО и ТР: количество постов (2 поста ТО-1, 2 поста ТО-2, 3 поста ТР) не позволяет обеспечить равномерную загрузку в пиковые периоды (перед выходными днями, сезонное обслуживание). Отсутствуют специализированные посты для шиномонтажа и промывки агрегатов. Используемое оборудование (домкраты, подъемники, диагностические стенды) устарело и часто выходит из строя, увеличивая время простоя [5].

Неоптимальная организация складского хозяйства и логистики: складская система организована по устаревшему принципу, отсутствует четкая система адресации и инвентаризации. Это приводит к потерям времени на поиск запчастей, образованию неликвидов и «замораживанию» оборотных средств.

Отсутствие интегрированной системы управления: учет работ по ТО и ТР, расход запчастей и материалов ведется в бумажных журналах и простых электронных таблицах, что приводит к ошибкам, сложностям в анализе и планировании ремонтов.

Данные проблемы являются типичными для многих аналогичных предприятий и приводят к превышению нормативов простоя в ТО и ТР на 25...30 %, росту стоимости ремонтных работ и общей нестабильности графика движения.

2. Комплекс мер по оптимизации ПТБ ПАТП «Урюпинское»

Оптимизация ПТБ должна носить комплексный характер, сочетая умеренные капитальные вложения в модернизацию с внедрением современных организационных технологий [6, 7].

Реконструкция и перепланировка производственных зон (техническое перевооружение):

- объединение зон ЕТО, ТО-1 и уборочно-моечных работ в единый технологический поток с использованием проходной мойки;
- выделение и оснащение специализированного поста для шиномонтажа и балансировки колес;
- замена двухстоечных подъемников на более надежные и безопасные четырехстоечные на постах ТО-2 и ТР;
- приобретение современного мотор-тестера и сканера для диагностирования электронных систем автобусов, что позволит перейти от ремонта по регламенту к ремонту по фактическому состоянию [2].

Внедрение информационной системы управления (ERP-система для АТП):

- внедрение специализированного программного модуля для управления ТО и ТР, который позволит вести историю каждого автобуса, планировать ремонты по пробегу или данным телематики, формировать электронные заявки на запчасти, контролировать трудозатраты и простои;
- организация на базе системы штрихкодирования складского учета, что резко сократит время на операции приемки, отбора и инвентаризации.

Оптимизация логистики и снабжения:

- заключение долгосрочных договоров с поставщиками на поставку основных расходных материалов и «расходных» запчастей по фиксированным ценам;
- внедрение системы минимум-максимум для складских запасов, которая позволит автоматически формировать заказы при достижении минимального уровня, избегая как дефицита, так и излишков;
- организация централизованного вывоза и утилизации отходов (масла, фильтры, покрышки).

3. Оценка экономической эффективности

Затраты на предлагаемую оптимизацию можно разделить на единовременные (капитальные) и текущие.

Капитальные затраты: реконструкция зон ($\approx 3,5$ млн руб.), замена подъемников ($\approx 1,2$ млн руб.), покупка диагностического оборудования ($\approx 0,8$ млн руб.), лицензия на ERP-систему и ее внедрение ($\approx 0,5$ млн руб.). Итого: $\approx 6,0$ млн руб.

Текущие затраты: обучение персонала, подписка на ПО, повышенные затраты на энергоносители из-за увеличения пропускной способности.

Источники эффекта:

- сокращение простоев подвижного состава в ремонте на 15...20 % (с 8 до 7 дней в месяц в среднем на единицу). Это позволит увеличить коэффициент выпуска и, при сохранении маршрутной сети, сократить потребный парк на 2...3 единицы или ввести дополнительные рейсы.
- снижение затрат на ТО и ТР на 10...12 % за счет точной диагностики, сокращения времени ремонта, оптимизации запасов и снижения стоимости хранения.
- увеличение межремонтного пробега на 5...7 % за счет ремонта по состоянию.

Простой срок окупаемости капитальных вложений, рассчитанный по годовому экономическому эффекту (за счет сокращения затрат и условного дохода от высвобождения парка), составит ориентировочно 3,5...4 года. Качественный эффект проявится в повышении регулярности и надежности перевозок, улучшении условий труда, что позитивно скажется на имидже предприятия.

Заключение

Оптимизация производственно-технической базы пассажирского АТП – не разовое мероприятие, а непрерывный процесс, требующий системного подхода. На примере ПАТП «Урюпинское» показано, что наиболее результативным является сочетание частичного технического перевооружения критических участков с глубокой организационной перестройкой процессов на основе цифровых технологий.

Предложенный комплекс мер, нацеленный на реконструкцию зон ТО и ТР, внедрение ERP-системы и оптимизацию логистики, позволит предприятию выйти на новый уровень операционной эффективности. Ключевыми результатами станут сокращение эксплуатационных издержек, повышение технической готовности и регулярности движения, что в конечном итоге приведет к улучшению качества транспортного обслуживания населения города Урюпинска и района.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на детальную проработку внедрения телематических систем для прогнозного технического обслуживания и интеграции системы управления ПТБ с общегородскими системами интеллектуального управления транспортом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Организация технического сервиса по фактическому состоянию машин на основе оценки их параметрической надежности / О. Н. Дидманидзе, Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, А. М. Карев. – М. : ООО «УМЦ Триада», 2016. – 128 с.
2. ГОСТ Р 53905-2010. Техническое обслуживание и ремонт автомобильной техники. Термины и определения. – М. : Стандартинформ, 2010.
3. Напольский, Г. М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания / Г. М. Напольский. – М. : Транспорт, 2017. – 271 с.
4. Данные годовых отчетов и технической документации ПАТП «Урюпинское» за 2021-2023 гг. (внутренние материалы).
5. Комплексная диагностика двигателя : учебное пособие / О. П. Андреев, Г. Е. Митягин, О. В. Виноградов, Р. Н. Егоров, В. И. Стафеев, А. Н. Журилин. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2016. – 109 с.
6. Зангиев, А. А. Выбор ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур / А. А. Зангиев, О. Н. Дидманидзе, О. П. Андреев. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 1994. – 124 с.
7. Основы теории надёжности / А. В. Чепурин, О. П. Андреев, Е. Л. Чепурина, Д. А. Рыбалкин, Д. Л. Кушнарева. – М. : Типография ПМГ, 2023. – 232 с.

Об авторах:

Дутова София Андреевна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), dvv_83@list.ru.

Научный руководитель – Андреев Олег Петрович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, aopmsau@rgau-msha.ru.

About the authors:

Sofia A. Dutova, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), dvv_83@list.ru.

Scientific advisor – Oleg P. Andreev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, aopmsau@rgau-msha.ru.

АВТОТРАКТОРНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ: ОТ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ ЭПОХИ К ЭПОХЕ КОНВЕРГЕНЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ

С. А. Дутова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье исследуются ключевые тенденции и трансформации в автотракторном машиностроении, обусловленные конвергенцией технологических мегатрендов. Рассматриваются драйверы изменений, такие как экологический императив, цифровая трансформация и переход к сервисным моделям. Выделены перспективные технологические направления: мультитопливные силовые установки, искусственный интеллект и циклическая экономика. Особое внимание уделено российскому контексту, в котором глобальные вызовы создают возможности для построения новой технологической платформы отрасли. Определены стратегические приоритеты и барьеры для развития.

Ключевые слова: автотракторное машиностроение, электрификация, цифровая трансформация, искусственный интеллект, технологическая конвергенция.

AUTOTRACTOR ENGINEERING AT THE PRESENT STAGE: FROM THE INDUSTRIAL ERA TO THE ERA OF TECHNOLOGY CONVERGENCE

S. A. Dutova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article explores key trends and transformations in the automotive and tractor engineering industry, driven by the convergence of technological megatrends. It examines the drivers of change, such as the environmental imperative, digital transformation, and the shift towards service-based models. The article highlights promising technological areas, including multi-fuel propulsion systems, artificial intelligence, and the cyclical economy. Special attention is given to the Russian context, where global challenges present opportunities for building a new technological platform for the industry. The article identifies strategic priorities and barriers to development.

Keywords: automotive engineering, electrification, digital transformation, artificial intelligence, and technological convergence.

Автотракторное машиностроение – традиционный столп мировой индустрии и гарант продовольственной и транспортной безопасности [1]. Оно стоит

на пороге самой глубокой трансформации за свою более чем вековую историю. Если XX век был эпохой массового производства и двигателя внутреннего сгорания, то XXI век бросает отрасли беспрецедентный вызов, требуя переосмысления самих основ: от силовой установки до бизнес-модели и роли техники в жизни общества. Нынешний этап развития уже нельзя назвать простой эволюцией; это настоящая технологическая революция, движимая конвергенцией четырех ключевых мегатрендов: «зеленой» трансформации, всепроникающей цифровизации, сдвига в потребительских парадигмах и геополитической перестройки глобальных цепочек создания стоимости [2]. Успешное прохождение этого перехода определит не только лидеров рынка, но и технологический суверенитет целых стран, включая Россию.

1. Ключевые вызовы и драйверы изменений: давление новой реальности [3].

Отрасль больше не развивается в изоляции, испытывая мощное внешнее давление, которое и формирует вектор ее изменений.

1.1. Экологический императив как главный стратегический вызов.

Климатическая повестка и ужесточение экологического регулирования (стандарты Евро-7, китайские CN, корпоративные стандарты углеродного следа) превратились из второстепенного фактора в основной драйвер инноваций. Простой модернизации ДВС уже недостаточно, требуется глобальная электрификация.

1.2. Цифровая трансформация: от «железа» к «софту» и данным.

Современная машина все менее является чисто механическим устройством и все более – «компьютером на колесах» или «подключенным роботом». Эта трансформация имеет три ключевых проявления: автономность, интернет вещей и большие данные, цифровые двойники.

1.3. Переход от продукции к услугам.

Меняется сама философия потребления. В урбанизированной среде растет спрос на мобильность как сервис. Аналогичный тренд приходит в B2B-сектор. Это стимулирует появление сервисных компаний и заставляет производителей думать о полной стоимости владения (ТСО) и надежности.

2. Перспективные направления развития: формирование контуров будущего

Вызовы формируют и конкретные технологические дорожные карты, по которым движется отрасль [4].

2.1. Мультитопливное будущее силовых установок.

Эра доминирования одного типа двигателя уходит. Будущее – в разнообразии и выборе решений: аккумуляторные электромобили (BEV), водородные топливные элементы (FCEV), синтетические и биотоплива.

2.2. Искусственный интеллект как системообразующая технология.

ИИ становится центральной нервной системой машины. Алгоритмы машинного зрения позволяют беспилотным тракторам отличать культурное растение от сорняка. Нейросети прогнозируют отказы узлов.

2.3. Циклическая экономика и эко-дизайн.

Устойчивость переходит в разряд конкурентных преимуществ. Это означает: проектирование для разборки (DfD), материальную революцию, вторую жизнь компонентов.

2.4. Гиперперсонализация и адаптивные платформы.

В автомобилестроении это проявляется в программно-определяемых автомобилях (SDV). В сельском хозяйстве – в агроботах переменной конструкции.

3. Российский контекст: кризис как окно возможностей [5].

Для России нынешний глобальный перелом – это не только вызов, но и исторический шанс для «перепрыгивания» через технологические уклады.

3.1. Стратегические приоритеты:

- Локализация полного цикла критических технологий;
- Фокус на практическую эффективность и суверенитет;
- Создание национальных цифровых экосистем;
- Прорыв в новых материалах и аддитивных технологиях.

3.2. Вызовы для России:

- Кадровый голод;
- Инфраструктурное отставание;
- Кооперация науки и бизнеса.

4. Проблемы и этические дилеммы внедрения

Технологический рывок сопровождается комплексом проблем: кибербезопасность, юридическая ответственность, социальные последствия, цифровое неравенство [6-10].

Заключение

Перспективы развития автотракторного машиностроения на современном этапе рисуют картину отрасли, кардинально отличающейся от индустриального гиганта XX века. Будущее принадлежит архитекторам технологических экосистем. Для России этот глобальный переход представляет собой уникальный шанс. Успех будет зависеть от способности сконцентрировать ресурсы на прорывных направлениях и сделать ставку на подготовку поколения инженеров, способных мыслить междисциплинарно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамов, И. К. Цифровая трансформация машиностроительных предприятий: теория и практика / И. К. Абрамов, В. Л. Смирнов. – М. : Инфра-Инженерия, 2021. – 245 с.
2. Трухачев, В. И. Какие сельскохозяйственные тракторы нужны завтра России? / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар : сборник статей, Москва, 22-24 января 2020 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2020. – С. 11-19.
3. The Future of Automotive and Tractor Engineering: Convergence of Megatrends // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2023. – Vol. 125, Is. 3–4. – P. 1123–1137.

4. Кузнецов, Д. В. Водородная энергетика в транспортном комплексе: перспективы для России / Д. В. Кузнецов // Энергетическая политика. – 2022. – № 5. – С. 45–59.

5. Дидманидзе, О. Н. Основные направления развития тягово-транспортных средств в АПК / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, А. М. Карев // Доклады ТСХА, Москва, 02-04 декабря 2014 года. Том 1. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.

6. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.

7. Столяров, Д. М. Анализ современных двигателей внутреннего сгорания с электросиловыми установками / Д. М. Столяров, Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев // Наука без границ. – 2019. – № 6(34). – С. 56-59.

8. ABC-анализ показателей качества картофелеуборочных комбайнов / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Сельский механизатор. – 2022. – № 7. – С. 4-5. – DOI 10.47336/0131-7393-2022-7-4-5.

9. Internal Losses in Machine Tool Production / O. A. Leonov, N. Zh. Shkaruba, Yu. G. Vergazova [et al.] // Russian Engineering Research. – 2023. – Vol. 43, No. 7. – P. 802-807. – DOI 10.3103/s1068798x2307016x.

10. Технология машиностроения : лабораторный практикум / А. В. Коломейченко, И. Н. Кравченко, Н. В. Титов [и др.]. – СПб. : Издательство «Лань», 2015. – 272 с. – ISBN 978-5-8114-1901-2.

Об авторе:

Дутова София Андреевна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), dvv_83@list.ru.

About the author:

Sofia A. Dutova, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), dvv_83@list.ru.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОБУСНЫХ ПЕРЕВОЗОК В ГОРОДЕ УЛЬЯНОВСКЕ

Д. В. Ежов

Научный руководитель – Р. Н. Егоров

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье рассматриваются существующие проблемы пассажирских перевозок города Ульяновска и пути его возможного улучшения.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, городской транспорт, Ульяновск.

IMPROVING THE BUS TRANSPORTATION SYSTEM IN ULYANOVSK

D. V. Ezhov

Scientific advisor – R. N. Egorov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. This article examines the existing problems of passenger transportation in Ulyanovsk and possible ways to improve the system.

Keywords: passenger transportation, urban transport, Ulyanovsk.

Развитая сеть пассажирский перевозок это нужная и необходимая часть городской инфраструктуры. От общественного транспорта зависит развитие региона, его экономический рост, комфорт населения и т.д. В городе Ульяновск существуют проблемы с транспортом, которые не дают полностью раскрыться потенциалу города [1].

Одна из главных проблем пассажирских перевозок города Ульяновск это отсутствие единого оператора. На рынке перевозок существует много частных компаний и индивидуальных предпринимателей, что приводит к несвязности перевозчиков, не рациональному распределению автопарка по маршрутам, отсутствию общих правил комфорта и обслуживания. Данные проблемы ухудшаются тем фактом, что подвижной состав города устарел и нуждается в замене и постоянном ремонте. Как ответвление от проблемы с подвижным составом, отсутствует информация о местоположении автобуса и о времени его прибытия [2, 3].

Из-за несвязанности перевозчиков в Ульяновске сложилась не хорошая ситуация с транспортной системой. В городе не налажено сообщение между некоторыми микрорайонами, но при этом существует перегруженность центральных маршрутов, особенно в час пик [4].

Решение проблем пассажирских перевозок в городе Ульяновск, содержат в себе несколько направлений [5-7]:

Объединение всех перевозчиков в одну компанию, постепенное поглощение частных предприятий, индивидуальных предприятий или работа с ними на общих для всех условиях посредством контракта. Это позволит более эффективно распределять средства на закупки и логистику, перейти к общему стандарту качества, возможность проводить исследование для наиболее эффективного размещения автобусного парка на маршрутах следования и консолидировать расписание;

Введение транспортной карты, способа оплаты, позволяющего снизить потери выручки по сравнению с наличной оплатой, сократить время оплаты и время посадки пассажиров в автобус, позволит следить за пассажиропотоком и даст возможность централизованно вводить льготные проездные;

Замена подвижного состава на новые модели и типы автобусов, необходимых для более эффективной работы маршрутной сети и соответствующих современным нормам экологичности. Это позволит сократить расходы на ТО и ремонт, снизит загрязнение окружающей среды и повысит комфорт пассажиров;

Внедрение системы отслеживания и мониторинга, установка «умных» установок с электронными табло и информацией о автобусах, останавливающейся в данном месте, установка GPS-трекеров на весь подвижной состав и постоянное отслеживание автобуса на его пути в приложении карт с информацией о его приблизительном прибытии. Все это будет экономить время пассажиров и позволит более точно планировать свой выход;

Обновление транспортной сети, запустить новые маршруты через Новый мост для связи Засвяжского и Заволжского районов, чтобы сократить время в пути и разгрузить центральные маршруты. Необходимо ликвидировать дублирующиеся маршруты и пустить дополнительный подвижной состав в час пик.

Подводя итог, можно сказать, что проблемы пассажирских перевозок в городе Ульяновске нуждаются в решении, требуют комплексного подхода, выделения дополнительного финансирования, привлечения частных инвестиций и государственного/муниципального контроля для реализации предложенных решений. Решения данных проблем закрепят развитие региона, повысит качество жизни горожан и увеличит доход города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постановление администрации города Ульяновска от 27 декабря 2023 года № 1701 Об утверждении муниципальной программы «Развитие транспортного обслуживания в муниципальном образовании «город Ульяновск» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/407122028?ysclid=mp0wt0j83286982103>.

2. Постановление Правительства Ульяновской области от 13 июля 2015 года № 16/319-П Об утверждении стратегии социально-экономического развития Ульяновской области до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://ulmeria.gosuslugi.ru/netcat_files/userfiles/Investory/Strategiya/Postanovlenie_Pravitelstva_Ulyanovskoy_oblasti_ot_13_07_201.pdf?ysclid=mp0wtcai2s773143476

3. Дидманидзе, О. Н. Основные направления развития тягово-транспортных средств в АПК / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, А. М. Карев // Доклады Тимирязевской сельскохозяйственной академии (см. в книгах). – 2015. – Т. 1, № 287-2. – С. 180-182.

4. Андреев, О. П. Проблемы и перспективы развития маршрутов регулярных перевозок в городе Элиста с целью оптимизации / О. П. Андреев, О. Г. Каратаева, Н. С. Митенев // Приоритетные направления регионального развития: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием. – 2020. – С. 12-15.

5. Волкова, Е. М. Новые требования к региональным транспортным системам и развитие мультимодальных услуг на рынке пассажирских перевозок / Е. М. Волкова, М. А. Лякина, И. Л. Сакович // Развитие экономической науки на транспорте: проблема оптимизации бизнеса: материалы Пятой Международной научно-практической конференции. – Киров: МЦНИП, 2016. – С. 94-101.

6. Дидманидзе, О. Н. Перспективные направления развития транспортной системы России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев // Чтения Академика В. Н. Болтинского. – 2021. – С. 20-26.

7. Егоров, Р. Н. Анализ факторов нестабильности грузопотока автотранспорта / Р. Н. Егоров, Д. В. Попов // Чтения Академика В. Н. Болтинского. – 2022. – С. 145-150.

Об авторах:

Ежов Данил Вадимович, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Егоров Роман Николаевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, egorov@rgau-msha.ru.

About the authors:

Danil V. Ezhov, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Roman N. Egorov, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, egorov@rgau-msha.ru.

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ КИБЕРУСТОЙЧИВОСТИ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ЛОГИСТИКИ

П. В. Ермакова, Д. А. Москвичев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье предлагается исследовательская методология оценки киберустойчивости цифровых платформ мультимодальной логистики, рассматриваемых как критический «связующий слой» между участниками перевозочного процесса, данными телематики и цифровыми сервисами управления цепями поставок. Логика оценки опирается на риск-ориентированный подход и жизненный цикл платформы, а также на согласование показателей защищённости и устойчивости к инцидентам, поскольку для логистики важна не только профилактика атак, но и способность продолжать работу, корректно восстанавливаться и адаптироваться к изменившимся условиям. Показано, что практическая оценка киберустойчивости должна учитывать не только ИТ-контуры, но и «физический эффект» – простои, срывы окон перегрузки, нарушения трассировки, потери достоверности статуса груза и конфликтность данных между видами транспорта.

Ключевые слова: киберустойчивость, цифровая платформа, мультимодальная логистика, риск-менеджмент, инциденты, телематика, цепи поставок, критическая инфраструктура.

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE CYBER RESILIENCE OF DIGITAL PLATFORMS OF MULTIMODAL LOGISTICS

P. V. Ermakova, D. A. Moskvichev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article proposes a research methodology for assessing the cyber resilience of digital platforms for multimodal logistics, which are considered as a critical «connecting layer» between the participants in the transportation process, telematics data, and digital supply chain management services. The assessment logic is based on a risk-oriented approach and the platform's lifecycle, as well as on the alignment of security and incident resilience indicators, as it is important for logistics not only to prevent attacks but also to be able to continue operating, recover correctly, and adapt to changing conditions. It has been shown that a practical assessment of cyber resilience should take into account not only IT systems, but also the «physical effect» –

downtime, disruptions of overload windows, tracing violations, loss of cargo status reliability, and data conflicts between modes of transport.

Keywords: *cyber resilience, digital platform, multimodal logistics, risk management, incidents, telematics, supply chains, critical infrastructure.*

Цель исследования состоит в разработке методологии, позволяющей формализованно оценивать киберустойчивость цифровых платформ мультимодальной логистики через систему согласованных критериев, отражающих способность платформы предотвращать нарушения, выявлять атаки и сбои, сохранять управляемость процессов, восстанавливаться и улучшаться на основе опыта инцидентов.

Цифровая платформа мультимодальной логистики сегодня фактически выполняет роль «операционного центра», даже если юридически таковой не считается: через неё проходит планирование маршрутов и окон терминальной обработки, обмен электронными документами, статусы доставки, события телематики, расчёты и претензионные процедуры [1]. В реальной эксплуатации уязвимость платформы проявляется не только в компрометации данных, но и в распаде доверия между участниками – когда разные стороны начинают опираться на разные версии событий, а диспетчеризация теряет опору на единую картину. Поэтому в методологии оценки киберустойчивости принципиально важно не ограничиваться «проверкой защиты», а измерять устойчивость логистической функции: способна ли система продолжать обеспечивать перевозку в условиях атак, ошибок интеграции, отказов провайдеров связи и деградации качества данных.

В качестве базовой рамки удобно использовать подход, близкий к структуре функций NIST CSF, где результаты группируются вокруг управляемости и рисков, идентификации активов и зависимостей, защитных мер, обнаружения, реагирования и восстановления, поскольку это позволяет связать технические и организационные показатели с наблюдаемыми эффектами в операциях перевозки. Одновременно для инженерной трактовки устойчивости полезна позиция NIST по киберустойчивым системам как способности предвосхищать, выдерживать, восстанавливаться и адаптироваться к неблагоприятным воздействиям, что для логистической платформы напрямую означает сохранение маршрутизации, трассировки и управляемости цепочки при ухудшении внешних условий [2, 3].

В практической части методологии критически важно явно фиксировать границы платформы: её сервисы, интерфейсы с терминалами, перевозчиками и государственными системами, контуры телематики и обмена документами, а также зависимости от внешних облачных сервисов, картографии и каналов связи, поскольку именно на стыках чаще всего формируются риски, которые затем «распаковываются» в срыв графиков и простои. Здесь методология предлагает рассматривать киберустойчивость как интегральную характеристику, собираемую из трёх взаимосвязанных блоков: устойчивости управления (политики, роли, контроль изменений, готовность к кризису), устойчивости данных (целостность, доказуемость источников событий, консистентность статусов, защищённость API) и устойчивости операций (допустимые режимы деградации, ручные

процедуры, резервные маршруты данных, сценарии восстановления). Для каждого блока важно задавать не «абстрактные» требования, а наблюдаемые критерии, которые можно проверить: например, наличие актуальной модели активов и критичности сервисов, полнота журналирования событий интеграции, время обнаружения аномалии в цепочке событий, наличие регламентов реагирования на массовые ошибки телематики или подмену статусов, а также метрики восстановления – не только время поднятия сервиса, но и время возвращения корректной картины перевозки и согласования данных между участниками. При этом методология логично опирается на систему менеджмента информационной безопасности, так как для платформы важны регулярность оценки рисков, управляемость контроля и непрерывное улучшение, что прямо соответствует подходу ISO/IEC 27001 к построению ISMS и риск-менеджмента. Отдельным слоем в мультимодальной логистике выступает устойчивость цепочки поставок ИТ-компонентов и подрядчиков: интеграторы, облачные провайдеры, поставщики телематических устройств и шлюзов обмена данными.

Практика показывает, что атака или сбой у подрядчика часто воспринимается пользователями как «отказ платформы», поэтому методология должна включать оценку мер по управлению рисками поставок и проверку готовности к сценариям, когда часть внешних сервисов недоступна или недостоверна; это согласуется с рекомендациями ENISA по кибербезопасности цепочек поставок и подходом к критическим секторам, включая транспорт [4, 5].

Итоговая оценка киберустойчивости в предлагаемой логике строится как сравнение целевого профиля устойчивости платформы и фактического профиля, полученного по результатам анализа архитектуры, документации, тестовых инцидентов и эксплуатационных данных, а также «сшивается» с экономикой: каждая недоработка интерпретируется через потенциальный ущерб в логистике – простои, штрафы, срыв сроков, рост претензий и затраты на ручные обходные процессы. Это позволяет сделать выводы не только о «наличии мер защиты», но и о том, насколько платформа реально готова обеспечивать непрерывность мультимодальных перевозок в условиях киберрисков и техногенных сбоев, а также какие направления улучшений дадут максимальный эффект именно в перевозочном процессе. Концептуальная схема цифровой платформы мультимодальной логистики и критические точки киберрисков представлена на рисунке 1.

Схема цифровой платформы мультимодальной логистики представляет собой многоуровневую систему, в которой киберриски распределены неравномерно и тесно связаны с точками концентрации данных и управленческих функций. Для обеспечения устойчивой работы цифровых двойников и предиктивного управления транспортными узлами необходимо учитывать эти критические точки уже на этапе проектирования платформы. Это предполагает внедрение механизмов защиты каналов связи, валидации данных телематики, резервирования вычислительных ресурсов и контроля целостности моделей цифровых двойников [6-8].

Таким образом, анализ схемы цифровой платформы и связанных с ней киберрисков является важной частью формирования надёжной и устойчивой циф-

ровой среды мультимодальной логистики, способной поддерживать эффективное функционирование транспортных хабов в условиях цифровой трансформации. Модель жизненного цикла оценки киберустойчивости: от границ платформы к метрикам восстановления и адаптации представлена на рисунке 2.

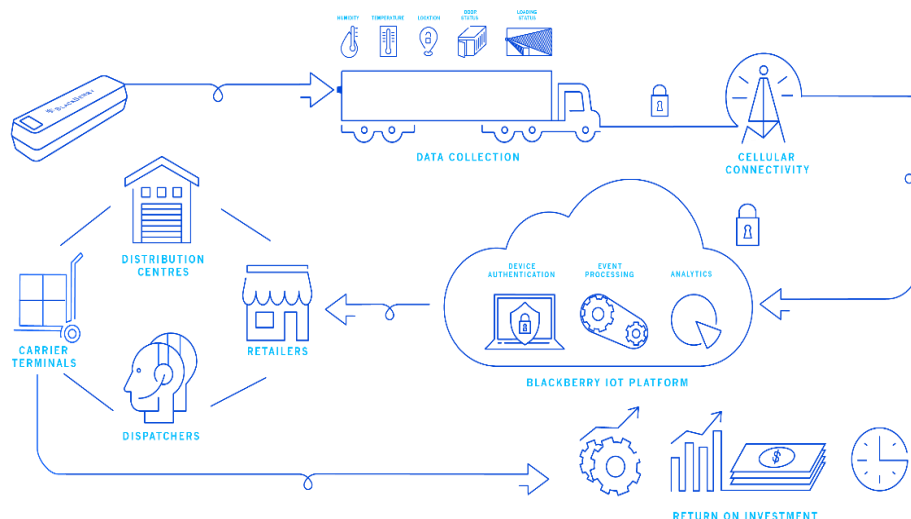


Рисунок 1 – Концептуальная схема цифровой платформы мультимодальной логистики и критические точки киберрисков



Рисунок 2 – Модель жизненного цикла оценки киберустойчивости: от границ платформы к метрикам восстановления и адаптации

Модель жизненного цикла оценки киберустойчивости цифровой платформы мультимодальной логистики начинается с формального определения границ системы и её функциональной структуры. На данном этапе устанавливается, какие программные и аппаратные компоненты входят в состав платформы, какие внешние сервисы и информационные системы с ней интегрированы, а также какие каналы передачи данных используются для взаимодействия между участниками перевозочного процесса. Чёткое описание границ позволяет выявить критические активы, определить уровни ответственности и сформировать исходное представление о потенциальных точках возникновения киберрисков, особенно на стыках различных транспортных и информационных подсистем.

Следующий этап жизненного цикла связан с оценкой устойчивости платформы к нарушениям в процессе её функционирования. Здесь анализируется способность системы своевременно обнаруживать инциденты, сохранять управляемость ключевых сервисов и обеспечивать непрерывность логистических операций при частичной деградации отдельных компонентов. Для этого используются метрики времени обнаружения, скорости реагирования и уровня сохранения функциональности, которые отражают не только техническое состояние платформы, но и её влияние на реальные процессы мультимодальных перевозок. Такой подход позволяет связать показатели киберустойчивости с операционными эффектами, включая задержки доставки, простои терминалов и нарушения согласованности данных.

Завершающим этапом модели жизненного цикла является оценка восстановления и адаптации цифровой платформы после инцидентов. На этом уровне анализируется полнота восстановления данных, корректность возврата бизнес-процессов и способность системы учитывать опыт прошедших сбоев для повышения собственной устойчивости. Метрики адаптации включают обновление моделей угроз, корректировку архитектуры и совершенствование регламентов управления, что позволяет платформе эволюционировать в ответ на изменяющиеся условия и новые виды угроз. Таким образом, модель жизненного цикла оценки киберустойчивости рассматривает безопасность как непрерывный процесс, обеспечивающий долгосрочную надёжность и устойчивость цифровых платформ мультимодальной логистики.

Заключение

Разработанная методология оценки киберустойчивости цифровых платформ мультимодальной логистики показывает, что ключ к практической применимости – это привязка показателей безопасности к операционным эффектам перевозки и к жизненному циклу платформы. Использование рамочных подходов NIST и принципов риск-менеджмента ISO/IEC 27001 обеспечивает структуру и сопоставимость результатов, однако для логистики решающим становится расширение оценки на интеграции, качество данных телематики и готовность к деградации сервисов без разрушения управления перевозкой. В результате оценка киберустойчивости может выступать не формальной проверкой соответствия, а инструментом повышения надёжности мультимодальных коридоров и устойчивости цифровой инфраструктуры перевозок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ермакова, П. В. Экологические аспекты грузоперевозок на автомобильном транспорте / П. В. Ермакова, Д. А. Москвичев // Перспективные научные исследования высшей школы: материалы III Всероссийской студенческой научной конференции, Рязань, 15 мая 2025 года. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, 2025. – С. 344-345.
2. Москвичев, Д. А. Методика определения периодичности технического обслуживания перспективных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Вестник Башкирского

государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(64). – С. 112-117. – DOI 10.31563/1684-7628-2022-64-4-112-117.

3. Оценка достоверности экспериментальных данных технического обслуживания модульного транспорта сельскохозяйственного назначения / О. Н. Дидманидзе, Д. А. Москвичев, Р. Т. Хакимов, А. М. Спиридонов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 5(74). – С. 104-113. – DOI 10.24411/2078-1318-2023-5-104-113.

4. Москвичев, Д. А. Совершенствование методов технического обслуживания перспективных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения: дис. ... канд. техн. наук / Москвичев Дмитрий Александрович, 2023. – 250 с.

5. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024683359 Российская Федерация. «Техническое обслуживание и ремонт автомобилей»: № 2024682911: заявл. 02.10.2024: опубл. 14.10.2024 / Д. А. Москвичев, А. С. Гузалов, А. В. Евграфов, Д. А. Филимонов; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева».

7. Автомобильные перевозки / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, А. М. Карев [и др.]. – М.: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2018. – 554 с. – ISBN 978-5-7367-1436-0.

8. Планирование автотранспортных перевозок в сельском хозяйстве / Ю. Н. Ризаева, В. Л. Пильщиков, Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев. – М.: ООО «УМЦ «Триада», 2018. – 70 с.

Об авторах:

Ермакова Полина Вячеславовна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Москвичев Дмитрий Александрович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, moskvichev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Polina V. Ermakova, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Dmitry A. Moskvichev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, moskvichev@rgau-msha.ru.

ИНТЕГРАЦИЯ АВТОНОМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ «ПОСЛЕДНЕЙ МИЛИ»: ЭКОНОМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

К. Р. Зайцев

Научный руководитель – Д. А. Москвичев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается интеграция автономных транспортных систем в мультимодальные перевозки «последней мили» как направление, одновременно технологическое и экономическое: решение должно быть не только работоспособным по датчикам, картам и алгоритмам, но и устойчивым по затратам, рискам и качеству сервиса. Предложена экономико-технологическая модель, описывающая «последнюю милю» как управляемую связку микросклада/хаба, цифровой платформы и автономного исполнителя доставки (робот, автономный фургон, дрон или гибридные схемы). Показано, что эффект автономизации формируется за счёт снижения удельной стоимости доставки и времени выполнения заказа, но критически зависит от плотности спроса, ограничений городской среды, требований безопасности, а также от уровня интеграции с магистральными и терминальными звеньями мультимодальной цепочки.

Ключевые слова: автономная доставка, последняя миля, мультимодальная логистика, цифровая платформа, микрофулфилмент, экономико-технологическая модель, роботы доставки, устойчивость.

INTEGRATION OF AUTONOMOUS TRANSPORT SYSTEMS IN MULTIMODAL «LAST MILE» TRANSPORTATION: AN ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL MODEL

K. R. Zaitsev

Scientific advisor – D. A. Moskvichev

Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article discusses the integration of autonomous transport systems into multimodal last-mile transportation as a technological and economic direction: the solution must be not only functional in terms of sensors, maps, and algorithms, but also sustainable in terms of costs, risks, and service quality. An economic and technological model is proposed that describes the last mile as a controlled combination of a micro-

warehouse/hub, a digital platform, and an autonomous delivery agent (robot, autonomous van, drone, or hybrid schemes). It has been shown that the effect of autonomization is formed by reducing the specific cost of delivery and order fulfillment time, but it critically depends on the density of demand, urban environment restrictions, safety requirements, and the level of integration with the main and terminal links of the multimodal chain.

Keywords: *autonomous delivery, last mile, multimodal logistics, digital platform, microfulfillment, economic and technological model, delivery robots, sustainability.*

Цель исследования заключается в разработке и обосновании экономико-технологической модели интеграции автономных транспортных систем в мультимодальные перевозки «последней мили», позволяющей связать архитектуру решений (хабы, платформы, исполнители) с измеримыми экономическими показателями, операционными ограничениями и устойчивостью сервиса.

«Последняя миля» в мультимодальной логистике на практике является самым «дорогим» и одновременно самым чувствительным к сбоям участком [1]: после относительно стабильной магистральной доставки остаётся короткое, но сложное плечо до получателя, где появляются пробки, ограничения по парковке, плотный пешеходный поток, узкие временные окна и высокий удельный вклад ручного труда. Поэтому автономные транспортные системы здесь рассматриваются не как экспериментальная технология, а как попытка изменить структуру затрат и повысить управляемость выполнения заказов, особенно при росте электронных продаж и фрагментации спроса. При этом автономность в «последней миле» почти никогда не является «самостоятельным продуктом»: она становится модулем мультимодальной схемы, где магистральный транспорт, терминал или городской хаб формируют «пакет задач» на доставку, а автономные исполнители закрывают микрорайон или конкретную зону обслуживания. Современная научная повестка показывает, что наибольший интерес вызывают многоэшелонные схемы распределения, где автономные технологии комбинируются с хабами и микро-складами для разгрузки центра города и повышения эффективности маршрутизации [2].

Экономико-технологическую модель интеграции целесообразно строить так, чтобы она одновременно описывала технологический контур (кто и как выполняет доставку) и экономический контур (за счёт чего формируется эффект). В базовом виде модель можно представить как систему, в которой итоговая эффективность определяется суммой приведённых затрат и потерь качества на единицу выполненного заказа, а управляемыми параметрами выступают уровень автономизации, архитектура хаба и правила формирования заданий на доставку [3]. В такой постановке ключевым объектом становится цифровая платформа мультимодальной логистики, которая агрегирует заказы, «сшивает» их с магистральными прибытием/убытием, назначает точки консолидации и рассчитывает задания автономным исполнителям. На уровне данных платформа опирается на телематику, позиционирование и контроль состояния груза; на уровне управления – на планирование маршрутов, диспетчеризацию, мониторинг инцидентов и возвратов. Для Института механики и энергетики имени В. П. Горячкина РГАУ-

МСХА имени К. А. Тимирязева такая логика характерна, поскольку в учебно-научных публикациях и материалах по транспортной логистике и цифровизации подчёркивается роль информационных систем в управлении транспортными процессами и инфраструктурой. Архитектура интеграции автономных транспортных систем в мультимодальную логистику «последней мили» представлена на рисунке 1.

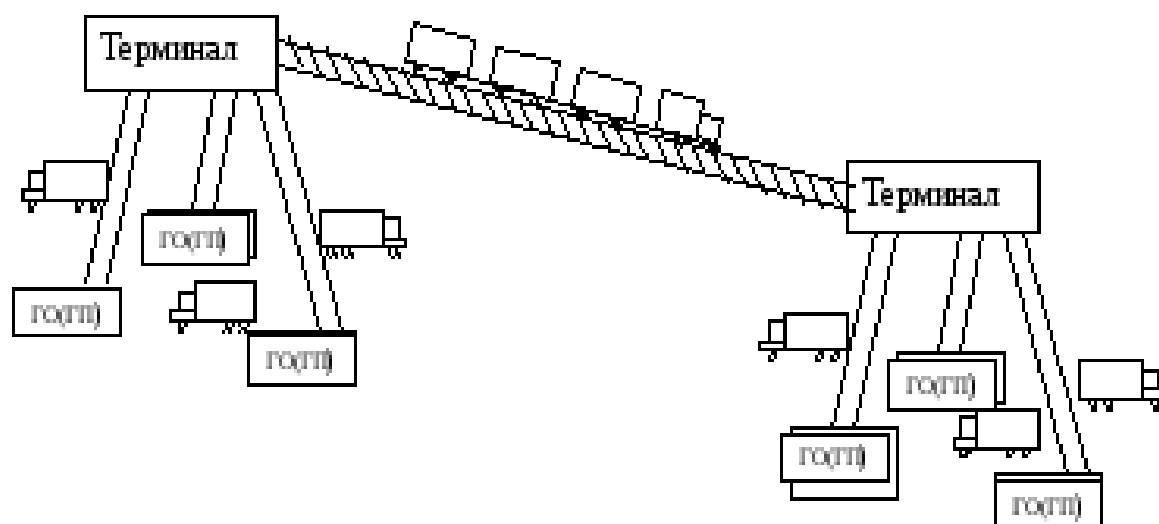


Рисунок 1 – Архитектура интеграции автономных транспортных систем в мультимодальную логистику «последней мили»

С технологической точки зрения интеграция автономных систем даёт смысл тогда, когда автономный исполнитель получает стабильный поток задач в зоне, где его ограничения не «съедают» выгоду. Для роботов доставки это обычно ограниченная скорость, зависимость от качества тротуарной инфраструктуры и необходимость корректной работы в смешанном пешеходном потоке; для автономных фургонов – требования к картографированию, безопасной навигации и нормативным допускам; для дронов – погодные ограничения, коридоры полёта и требования к безопасности [4]. Поэтому модель должна учитывать «условия применимости», то есть границы, при которых технология способна работать с нужным уровнем надёжности. С экономической стороны важен эффект масштаба: автономный парк начинает окупаться при достаточной плотности заказов и минимизации холостых пробегов, а также при корректной балансировке между количеством микроскладов, временем комплектации и плечом доставки. В исследованиях по маршрутизации «последней мили» с автономными доставочными средствами подчёркивается, что оптимизация маршрутов и правильная постановка задач (включая двухуровневые схемы) существенно влияют на итоговую стоимость и устойчивость сервиса, поскольку автономные средства предъявляют специфические ограничения к времени, запасу хода и обслуживанию [5].

Если переводить это в «студенческую» прикладную форму, то экономикотехнологическая модель может быть раскрыта через три взаимосвязанных показателя: себестоимость доставки, время выполнения заказа и риск срыва сервиса.

Себестоимость складывается из капитальных затрат на автономный парк и инфраструктуру (зарядные точки, док-станции, сенсорное оснащение), эксплуатационных расходов (энергия, обслуживание, связь, удалённый контроль), затрат на цифровую платформу и интеграцию с участниками мультимодальной цепочки, а также из потерь от возвратов и ошибок доставки. Время выполнения заказа определяется не только движением автономного средства, но и задержками на «стыках» мультимодальной схемы: разгрузка магистрального транспорта, сортировка, передача в микрофулфилмент, ожидание окна отправки. Риск срыва, в свою очередь, связан с неопределённостью внешней среды и качеством данных: при деградации связи, ошибках идентификации груза или неверной картографии автономный контур либо останавливается, либо переходит в режим удалённого вмешательства, что напрямую влияет на экономику.



Рисунок 2 – Цифровая платформа и автономные исполнители

С практической точки зрения наиболее рациональным сценарием интеграции автономных систем в мультимодальность «последней мили» выглядит гибридная схема «хаб + автономные средства + интеллектуальная диспетчеризация», где автономный контур не заменяет полностью человека, а снижает долю ручного труда и повышает повторяемость операций. Например, магистральный поток прибывает на терминал, дальше товар переводится в микросклад (внутригородской или приузловой), где сортировка и комплектование выполняются в ускоренном режиме, после чего автономные средства забирают уже сформированные «пакеты доставки» и выполняют маршруты в пределах ограниченной зоны [6]. В таком сценарии ключевым технологическим требованием становится качество цифровой платформы: она должна согласовывать расписания прибытия, ограничения по времени доставки, зарядные циклы автономных средств и доступность док-станций [7, 8]. С экономической стороны эффект достигается не только снижением затрат на курьеров, но и сокращением времени простоя

транспорта, уменьшением количества неудачных доставок и повышением точности обещанного времени прибытия. Цифровая платформа и автономные исполнители представлена на рисунке 2.

Заключение

Интеграция автономных транспортных систем в мультимодальные перевозки «последней мили» целесообразна при рассмотрении её как экономико-технологической системы, где автономность выступает частью архитектуры, а не самоцелью. Предложенная модель показывает, что итоговый эффект формируется на стыке трёх факторов: технологической применимости (среда, нормативы, безопасность), экономической целесообразности (плотность спроса, загрузка парка, структура затрат) и качества цифровой интеграции (платформа, данные, диспетчеризация). В условиях роста требований к устойчивости логистики и сокращению экологического следа автономные решения могут стать реальным инструментом повышения эффективности, но только при грамотной «сшивке» с мультимодальными звеньями и при наличии управляемой цифровой инфраструктуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автомобильные перевозки / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, А. М. Карев [и др.]. – М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2018. – 554 с. – ISBN 978-5-7367-1436-0.
2. Москвичев, Д. А. Проектирование автотранспортных предприятий / Д. А. Москвичев, Е. А. Евграфов, А. С. Гузалов. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2024. – 70 с.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024683359 Российская Федерация. «Техническое обслуживание и ремонт автомобилей»: № 2024682911: заявл. 02.10.2024: опубл. 14.10.2024 / Д. А. Москвичев, А. С. Гузалов, А. В. Евграфов, Д. А. Филимонов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».
4. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
5. Планирование автотранспортных перевозок в сельском хозяйстве / Ю. Н. Ризаева, В. Л. Пильщиков, Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев. – М.: ООО «УМЦ «Триада», 2018. – 70 с.
6. Работоспособность технических систем / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – 379 с.
7. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.

8. Дидманидзе, О. Н. Общий курс транспорта / О. Н. Дидманидзе, Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Автограф», 2019. – 90 с.

Об авторах:

Зайцев Кирилл Романович, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Москвичев Дмитрий Александрович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, moskvichev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Kirill R. Zaitsev, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Dmitry A. Moskvichev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, moskvichev@rgau-msha.ru.

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ОШИБОК КОНТРОЛЯ НА КАЧЕСТВО РЕМОНТА ДВИГАТЕЛЕЙ

В. К. Зимогорский, Я. К. Зимогорский, В. О. Леонов

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрены теоретические особенности влияния ошибок контроля на качество ремонта двигателей.

Ключевые слова: опоры блока цилиндров, ремонт, контроль, ошибка второго рода.

FEATURES OF THE INFLUENCE OF CONTROL ERRORS ON THE QUALITY OF ENGINE REPAIRS

V. K. Zimogorsky, Ya. K. Zimogorsky, V. O. Leonov

Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article examines the theoretical features of the influence of control errors on the quality of engine repairs.

Keywords: Cylinder block supports, repair, inspection, type II error.

Введение

Современное развитие отечественного сельхозмашиностроения диктует не только способы повышения энергоемкости техники наравне с зарубежными аналогами [1-4], но и вопросы обеспечения и улучшения качества выпускаемой продукции [5, 6]. Новое металлорежущее оборудование стало обладать повышенной точностью, можно начинать эксплуатацию с меньших зазоров и с средних натягов, поэтому необходимо рассчитывать предельные зазоры и посадки с зазором [7-9], посадки с натягами в соединениях [10, 11], отклонения формы и расположения поверхностей [12], моделировать шероховатость поверхности [13]. И главными параметрами, подлежащими контролю, являются вышеперечисленные параметры точности обработки.

Если требования к контролю снижены, возникают риски и потери от брака, что отрицательно сказывается на экономике предприятия [14-15].

Результаты исследований и их анализ

Для получения аналитически вычисляемых выражений рассмотрим частный, но практически значимый случай, когда:

1) Распределение истинных размеров деталей – нормальное:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(x - \mu_x)^2}{2\sigma_x^2} \right], \quad (1)$$

2) Случайная погрешность измерения – нормальная с нулевым математическим ожиданием и дисперсией σ_Y^2 :

$$\mu(\gamma) = \frac{1}{\sigma_Y \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{\gamma^2}{2\sigma_Y^2} \right]. \quad (2)$$

В силу свойства устойчивости нормального закона, измеренное значение $x^* = x + \gamma$ также имеет нормальное распределение:

$$x^* \sim N(\mu x, \sigma_x^2 + \sigma_Y^2). \quad (3)$$

Введём суммарное стандартное отклонение:

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_Y^2}. \quad (4)$$

Тогда вероятность правильного принятия годной детали (1) принимает вид:

$$P_{\Gamma\Gamma} = \Phi \left(\frac{D_{max} - \varphi_x}{\sigma_\Sigma} \right) - \Phi \left(\frac{D_{min} - \varphi_x}{\sigma_\Sigma} \right), \quad (5)$$

где $\Phi(z)$ – функция Лапласа.

Частный случай: симметричная настройка и малое рассеяние размеров.

В условиях ремонта часто выполняются следующие допущения. Настройка технологической операции выполнена по центру поля допуска:

$$\varphi_x = D_{ном} = \frac{D_{min} + D_{max}}{2}; \quad (6)$$

Рассеяние размеров после финишной обработки пренебрежимо мало по сравнению с погрешностью СИ ($\sigma_x \ll \sigma_Y$), что характерно для расточки под ремонтный размер с жёсткой наладкой. Тогда:

$$\sigma_\Sigma \approx \sigma_Y. \quad (7)$$

Положив $\Delta = T_D/2$, где $T_D = D_{max} - D_{min}$, получим:

$$\frac{D_{max} - \varphi_x}{\sigma_Y} = \frac{\Delta}{\sigma_Y}, \quad \frac{D_{min} - \varphi_x}{\sigma_Y} = -\frac{\Delta}{\sigma_Y}.$$

С учётом чётности функции $1 - \Phi(z)$, вероятность ошибки первого рода (забраковка годных деталей) при условии $P_{дг} \ll P_{гд}$ (что справедливо при центрировании и малом σ_x) упрощается до:

$$P_{гд} \approx 2 \left[1 - \Phi \left(\frac{T_D}{2\sigma_Y} \right) \right]. \quad (8)$$

Используя известное приближение $\Phi(z) \approx 1 - \frac{e^{-\frac{z^2}{2}}}{z\sqrt{2\pi}}$, расчёт по формуле (8) даёт следующие значения:

Таблица 1 – Расчет параметров

Отношение $\frac{T_D}{\sigma_Y}$	Аргумент $\frac{T_D}{2\sigma_Y}$	$P_{гд}, \%$
6 (правило «1/6 допуска»)	3,0	0,27
6 (правило «1/8 допуска»)	4,0	0,0063
10	5,0	0,000057

Сравнение с требованиями РД 50-98-86 показывает: для изделий категории «А» допускается $n_1 \leq 0,5\%$;

правило «1/6 допуска» формально удовлетворяет этому требованию лишь при идеальных условиях.

Однако в реальных условиях ремонта АПК-техники (температурные колебания, износ измерительных наконечников, субъективная составляющая оператора), систематическая погрешность может достигать 30...50 % от σ_Y . Это приводит к смещению распределения x^* , резкому росту $P_{дг}^{(H)}$ и нарушению нормативных ограничений.

Вывод

Соотношение $\frac{\sigma_Y}{T_D} \leq \frac{1}{6}$ не является эмпирическим правилом, а следует из расчёта риска при заданных ограничениях на $P_{гд}$ и $P_{дг}$. Для ответственных соединений (коренные опоры, шатунные вкладыши) рекомендуется использовать СИ имеющие $\frac{\sigma_Y}{T_D} \leq \frac{1}{8}$ и проводить периодическую поверку с оценкой случайной и систематической составляющей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI: 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
2. Энергообеспечение сельскохозяйственного тракторостроения России / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк, В. А. Марков // Агроинженерия. – 2021. – № 2(102). – С. 4-8. – DOI: 10.26897/2687-1149-2021-2-4-8.
3. Руководство по диагностике, ТО и ремонту комбинированной энергоустановки гибридного автомобиля Toyota Prius NHW20/0 / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, Д. Г. Асадов [и др.]. – М. : ООО «Издательство Триада», 2006. – 357 с.
4. Дидманидзе, О. Н. Использование суперконденсаторов в комбинированных энергоустановках тягово-транспортных средств / О. Н. Дидманидзе. – М. : ООО «Триада», 2004. – 160 с.
5. Основы проектирования операций входного контроля на машиностроительных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. – М. : ООО «ОнтоПринт», 2020. – 89 с. – ISBN: 978-5-6042437-5-6. – DOI: 10.37738/VNIIGIM.2020.43.25.001.
6. Леонов, О. А. Дефектация валов и шестерён с позиции обеспечения качества соединений при ремонте редукторов сельхозмашин / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 4. – С. 48-52. – DOI: 10.26897/2687-1149-2022-4-48-52.
7. Обоснование посадок соединений со шпонками / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, Д. У. Хасьянова // Проблемы машиностроения и надёжности машин. – 2022. – № 6. – С. 65-71. – DOI: 10.31857/S0235711922060074.
8. Расчёт допуска посадки с зазором для повышения относительной износостойкости соединений / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова [и др.] //

Трение и износ. – 2023. – Т. 44, № 3. – С. 261-269. – DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-3-261-269.

9. Леонов, О. А. Определение предельных функциональных зазоров подшипника скольжения в условиях гидродинамической смазки / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Трение и износ. – 2024. – Т. 45, № 4. – С. 327-334. – DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-4-327-334.

10. Леонов, О. А. Расчёт посадок с натягом при комбинированном нагружении / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Вестник машиностроения. – 2021. – № 3. – С. 25-28. – DOI: 10.36652/0042-2021-3-25-28.

11. Расчёт посадок соединений упруго-втулочно-пальцевых муфт с валами / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 2. – С. 96-101. – DOI: 10.36652/0042-4633-2023-102-2-96-101.

12. Применение размерного анализа для расчёта суммарного отклонения от соосности манжеты относительно вала / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Проблемы машиностроения и надёжности машин. – 2021. – № 6. – С. 61-67. – DOI: 10.31857/S0235711921060067.

13. Расчёт параметров шероховатости поверхности деталей при проектировании норм точности ответственных соединений / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, Д. У. Хасьянова // Проблемы машиностроения и надёжности машин. – 2025. – № 2. – С. 42-50. – DOI: 10.31857/S0235711925020053.

14. Леонов, О. А. Методика оценки внешних потерь от брака на предприятиях машиностроения / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова // Проблемы машиностроения и надёжности машин. – 2025. – № 4. – С. 69-78. – DOI: 10.31857/S0235711925040102.

15. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.

Об авторах:

Зимогорский Владислав Кириллович, ассистент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), zimogorskiy@rgau-msha.ru.

Зимогорский Ярослав Кириллович, аспирант кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Леонов Василий Олегович, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

About the authors:

Vladislav K. Zimogorsky, Assistant of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University – Moscow

Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), zimogorskij@rgau-msha.ru.

Yaroslav K. Zimogorsky, Postgraduate student of the department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49).

Vasiliy O. Leonov, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49).

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ВНУТРЕННЕГО БРАКА НА РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК

Я. К. Зимогорский

Научный руководитель – Г. Н. Темасова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные проблемы, связанные с оценкой внутреннего брака на ремонтных предприятиях агропромышленного комплекса. Представлены основные причины возникновения и основные направления оценки внутреннего брака.

Ключевые слова: брак, причины возникновения брака, методы оценки брака, направления оценки брака.

MODERN PROBLEMS OF ASSESSMENT OF INTERNAL DEFECTS AT AGRICULTURAL REPAIR ENTERPRISES

Ya. K. Zimogorsky

Scientific advisor – G. N. Temasova

Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article discusses current problems related to the assessment of internal defects at repair facilities of the agro-industrial complex. The main causes of internal defects and the main directions of their assessment are presented.

Keywords: defects, causes of defects, methods of estimating losses from defects, directions of estimating losses from defects.

Специфика сельскохозяйственного производства и необходимость поддержания высокого уровня качества производимой продукции являются решающим условием в задачах оценки внутреннего брака на ремонтных предприятиях агропромышленного комплекса [1-4]. В этом вопросе важную роль играет контроль на ремонтных предприятиях, который реализуется во многих факторах – при дефектации, при контроле операций мехобработки и при итоговом контроле [5-7].

Проблема оценки внутреннего брака на ремонтных предприятиях АПК включает широкий спектр вопросов, начиная от технологических аспектов производства и заканчивая организационно-экономическими факторами [8-10].

Причины возникновения внутреннего брака представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Причины возникновения внутреннего брака

Оценка внутреннего брака на ремонтных предприятиях АПК представляет собой сложную многоуровневую задачу, решение которой можно обеспечить посредством своевременного выявления и устранения недостатков, возникающих в ходе производства и ремонта сельскохозяйственной техники. Целью данной процедуры является предотвращение выхода дефектной продукции.

Для оценки внутреннего брака используются следующие методы:

1. статистический анализ отказов и рекламаций потребителей;
2. проведение выборочных испытаний готовой продукции;
3. применение автоматизированных систем мониторинга производственных процессов;
4. регулярный аудит соответствия стандартам качества ИСО 9001 и другим нормам.

Однако даже применение современных методик не гарантирует полного устранения риска появления брака. Поэтому важно постоянно совершенствовать систему менеджмента качества предприятия, внедряя инновационные технологии и повышая квалификацию сотрудников [11-14].

На рисунке 2 представлены основные направления оценки внутреннего брака.

Решение задачи оценки внутреннего брака требует комплексного подхода, включающего разработку адекватных методик оценки, внедрение эффективных инструментов контроля и обучение кадров. Только такая стратегия обеспечит стабильность качества продукции и повысит конкурентные преимущества предприятия на рынке сельхозтехники.



Рисунок 2 – Основные направления оценки внутреннего брака

Реализация указанных мер позволит значительно снизить уровень внутреннего брака, повысить конкурентоспособность ремонтных предприятий АПК и обеспечить стабильное развитие отрасли в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Леонов, О. А. Экономика качества, стандартизации и сертификации : / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Н. Ж. Шкаруба. – М. : Инфра-М, 2019. – 251 с. – ISBN 978-5-16-005371-4.
2. Леонов, О. А. Управление качеством : учебник / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова. – 4-е издание, стереотипное. – М. : Издательство «Лань», 2020. – 180 с. – ISBN 978-5-8114-2921-9.

3. Технология машиностроения : лабораторный практикум / А. В. Коломейченко, И. Н. Кравченко, Н. В. Титов [и др.]. – СПб. : Издательство «Лань», 2015. – 272 с. – ISBN 978-5-8114-1901-2.
4. Филимонов, Д. А. Износ рабочих органов почвообрабатывающих машин на примере лап культиватора / Д. А. Филимонов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2012. – № 8. – С. 47-49.
5. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
6. Обоснование посадок соединений со шпонками / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, Д. У. Хасьянова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2022. – № 6. – С. 65-71.
7. Леонов, О. А. Дефектация валов и шестерен с позиции обеспечения качества соединений при ремонте редукторов сельхозмашин / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 4. – С. 48-52. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-4-48-52.
8. Assessing External Defects at Manufacturing Enterprises / G. I. Bondareva, G. N. Temasova, O. A. Leonov [et al.] // Russian Engineering Research. – 2022. – Vol. 42, No. 2. – P. 151-154. – DOI 10.3103/S1068798X22020046.
9. Совершенствование QFD-анализа для оценки качества специальной техники / Н. Ж. Шкаруба, О. А. Леонов, Г. Н. Темасова [и др.]. – М. : Логос, 2020. – 90 с. – ISBN 978-5-907258-91-4
10. Темасова, Г. Н. Оценка потерь от внешнего брака на предприятиях технического сервиса АПК / Г. Н. Темасова, О. А. Леонов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2025. – № 3(81). – С. 520-529. – DOI 10.32786/2071-9485-2025-03-58.
11. Управление затратами на качество продукции и услуг предприятий ремонтного профиля : монография / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Г. Н. Темасова [и др.]. – Ставрополь : Логос, 2020. – 133 с. – ISBN 978-5-907258-92-1.
12. Работоспособность технических систем : Учебник для ВУЗов по изучению дисциплины / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева, 2022. – 379 с.
13. Методика оценки брака: процесс контроля коренных шеек коленчатых валов в ремонтном производстве / Г. Н. Темасова, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 6. – С. 39-45. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-6-39-45.
14. Научные основы организации системы менеджмента качества на предприятиях ТС в АПК / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, В. В. Карпузов [и др.]. – Ставрополь : Логос, 2020. – 176 с. – ISBN 978-5-907258-89-1.
15. Инструментальный контроль дефектов коренных опор блока цилиндров / О. А. Леонов, В. К. Зимогорский, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, № 2. – С. 65-70. – DOI 10.26897/2687-1149-2024-2-65-70.

Об авторах:

Зимогорский Ярослав Кириллович, аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), zim-yarik@mail.ru.

Научный руководитель – Темасова Галина Николаевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, доцент, temasova@rgau-msha.ru.

About the authors:

Yaroslav K. Zimogorsky, Postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), zimyarik@mail.ru.

Scientific advisor – Galina N. Temasova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, temasova@rgau-msha.ru.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ

И. А. Зиновьев

Научный руководитель – Д. А. Москвичев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Статья посвящена прикладным аспектам реорганизации системы технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта парка грузовых автомобилей в логистической компании. На основе процессного подхода рассматривается практическая реализация адаптивной модели ТО, особое внимание уделяется роли водительского персонала в системе ранней диагностики, методам оперативного планирования ремонтных работ в условиях неравномерной загрузки парка, а также механизмам мотивации технического персонала. Предлагаются конкретные организационные решения, апробированные в условиях реальной эксплуатации.*

Ключевые слова: *грузовой автомобиль, техническое обслуживание, текущий ремонт, логистическая компания, адаптивное ТО, оперативное планирование, мотивация персонала, водитель-оператор.*

IMPROVING THE TECHNICAL SERVICE AND CUMULATIVE REPAIRS OF TRUCKS IN THE CONDITIONS OF A LOGISTICAL COMPANY

I. A. Zinoviev

Scientific advisor – D. A. Moskvichev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article is devoted to the applied aspects of the reorganization of the maintenance system (TO) and the ongoing repair of the fleet of trucks in a logistics company. Based on the process approach, the practical implementation of the adaptive maintenance model is considered. Special attention is paid to the role of driving personnel in the early diagnosis system, methods of operational planning of repair work in conditions of uneven fleet loading, as well as mechanisms for motivating technical personnel. Specific organizational solutions are proposed, which have been tested in real-world operation.*

Keywords: *truck, maintenance, current repair, logistics company, adaptive maintenance, operational planning, staff motivation, and driver-operator.*

Цель исследования – разработка комплекса практических мер и организационных решений по совершенствованию системы ТО и текущего ремонта грузового автотранспорта логистической компании, обеспечивающих снижение аварийных простоев и рост операционной эффективности за счет вовлечения персонала и оптимизации внутренних процессов.

Эффективность логистической компании, особенно в сегменте автоперевозок, критически зависит от бесперебойной работы парка. Специфика отрасли – высокий среднесуточный пробег, работа в различных климатических и дорожных условиях, жесткая привязка к графикам поставок клиентов – предъявляет уникальные требования к системе технического обслуживания (ТО) и ремонта [1]. Традиционные, жестко регламентированные системы ТО зачастую оказываются негибкими и экономически неэффективными. В данной статье акцент сделан не на общих принципах, а на практических, реализуемых в краткосрочной перспективе шагах, которые позволяют перестроить работу службы эксплуатации логистической компании, минимизируя капитальные затраты [2].

Анализ работы типичной логистической компании выявляет ряд характерных узких мест: плановое ТО зачастую откладывается или выполняется в ускоренном режиме из-за необходимости срочно выпустить автомобиль на маршрут, что ведет к снижению качества работ [3]. Водитель, являясь первым, кто контактирует с техникой, зачастую исключен из системы диагностики. Его замечания носят субъективный характер и не фиксируются системно [4]. Простои и авралы возникают волнообразно, что приводит либо к простоям автомобилей в очереди, либо к неэффективному использованию труда механиков [5]. Затраты на ремонт конкретного автомобиля часто «растворяются» в общих расходах, что мешает оценить его реальную рентабельность и принять решение о ремонте или списании.

Практические инструменты и организационные решения. Внедрение системы пре-трипа и ежесменных отчетов водителя. Чек-лист обязательного предрейсового осмотра (пре-трип), интегрированный в мобильное приложение для водителя. Помимо формальных пунктов по безопасности, включаются простые диагностические пункты: «посторонние шумы при работе двигателя», «температура двигателя в норме», «равномерность торможения» [6]. Ежесменный электронный отчет, куда водитель заносит не только технические замечания, но и особенности рейса (простой под погрузкой, качество дорог, средняя скорость). Эти данные становятся основой для корректировки межсервисных интервалов. Отказ от жесткой даты постановки на ТО в пользу «окна» продолжительностью 3...5 дней. Диспетчерская служба и начальник колонны совместно выбирают конкретный день внутри этого окна, исходя из текущей загрузки парка и маршрутов, минимизируя ущерб от простоя [7]. Создание «плавающего» графика для быстроизнашиваемых элементов (тормозные колодки, шины), привязанного не только к пробегу, но и к данным из отчетов водителей о характере рейсов [8].

Организация работы ремонтной зоны по принципу «срочно/не срочно». Четкое разделение рабочих постов и механиков на две группы. Группа оперативного реагирования занимается устранением мелких неисправностей, препятствующих выезду (замена ламп, подкачка шин, мелкий ремонт), и предрейсовой под-

готовкой. Группа плановых работ выполняет регламентное ТО и запланированные текущие ремонты по графику. Внедрение системы талонов (job cards) на каждую операцию с указанием нормо-часов и фактического времени выполнения, что служит основой для премирования механиков. Система мотивации, основанная на ясных KPI. Бонусная система за отсутствие замечаний по технической части в течение месяца и за своевременное заполнение подробных отчетов. Для механиков: премирование зависит не только от объема, но и от качества работы (отсутствие повторных обращений по той же неисправности в течение гарантийного периода, экономия времени против нормы, рацпредложения по упрощению операций).

Визуализация и «бортовая экономика»: размещение в зоне диспетчера/начальника автоколонны визуальной панели (адонборда), отображающей в реальном времени статус каждого автомобиля: «в рейсе», «простой под ТО», «ремонт», «готов к выдаче». Цветовая индикация (зеленый/желтый/красный) по сроку до следующего ТО. Расчет и открытое доведение до руководителей «себестоимости 1 км пробега» для каждой единицы техники с детализацией по ТО, ремонтам и шинам. Это превращает автомобиль из абстрактной единицы парка в объект управленческого учета.

Реализация указанных мер позволяет получить измеримый эффект в течение 6...9 месяцев: Сокращение времени на согласование постановки на ТО на 40...50 %. Увеличение наработки на отказ за счет раннего выявления проблем силами водителей. Рост производительности труда ремонтного персонала и снижение текучести кадров в службе эксплуатации. Формирование объективной базы для принятия решений о ремонте или списании единицы техники.

Ключевым фактором успеха является не столько технология, сколько управление изменениями: разъяснение новых правил, обучение, вовлечение ключевых сотрудников (водителей-наставников, старших механиков) в процесс разработки чек-листов и норм, а также последовательность и поддержка со стороны высшего руководства компании.

Совершенствование системы ТО и ремонта в логистической компании – это в первую очередь организационная задача. Предложенный комплекс практических мер направлен на создание гибкой, прозрачной и вовлекающей всех участников процесса системы. Она строится не на дорогостоящих IT-решениях, а на перестройке рабочих процедур, коммуникаций и системы мотивации. Такой подход позволяет быстро получить отдачу, повысить ответственность персонала и создать надежный фундамент для дальнейшей, более глубокой цифровизации эксплуатационной деятельности, превратив службу ТО из центра затрат в активный фактор обеспечения конкурентного преимущества логистической компании.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Москвичев, Д. А. Анализ эффективности модульных транспортных средств / Д. А. Москвичев // Информационные технологии и инновации на транспорте : Материалы 5-ой Международной научно-практической конференции,

Орёл, 22-23 мая 2019 года. – Орёл : Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, 2020. – С. 283-287.

2. Москвичев, Д. А. Влияние критериев надежности при техническом обслуживании модульных транспортных средств / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – № 4(75). – С. 27-32. – DOI 10.33979/2073-7432-2021-75-4-27-32.

3. Москвичев, Д. А. Методика определения периодичности технического обслуживания перспективных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(64). – С. 112-117.

4. Дидманидзе, О. Н. Повышение параметрической надежности автомобильных двигателей / О. Н. Дидманидзе, Д. В. Варнаков // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2007. – № 5. – С. 2-7.

5. Москвичев, Д. А. Оценка свойств надежности при техническом обслуживании перспективных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Международный технико-экономический журнал. – 2022. – № 5-6. – С. 96-103.

6. Пучин, Е. А. Средства технологического оснащения в системе технического сервиса АПК / Е. А. Пучин, О. Н. Дидманидзе, В. М. Корнеев. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2004. – 99 с. – ISBN 5-9546-0003-1.

7. Зангиев, А. А. Повышение эффективности работы сервисных служб машинно-технологических станций / А. А. Зангиев, О. Н. Дидманидзе, Г. Е. Митягин. – М. : Агроконсалт, 2001. – 108 с. – ISBN 5-94325-012-3.

8. Москвичев, Д. А. Особенности разработки компьютерной программы для систем управления тракторами сельскохозяйственного назначения на основе искусственного интеллекта / Д. А. Москвичев, Р. Т. Хакимов // АгроЭкоИнженерия. – 2024. – № 4(121). – С. 29-37. – DOI 10.24412/2713-2641-2024-4121-29-37.

Об авторах:

Зиновьев Илья Алексеевич, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Москвичев Дмитрий Александрович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, moskvichev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Ilya A. Zinoviev, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Dmitry A. Moskvichev, Senior Lecturer, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, moskvichev@rgau-msha.ru.

ПРИМЕНЕНИЕ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСТАРТЕРНОГО ПУСКА ДВС МОБИЛЬНЫХ МАШИН

Г. О. Иванов

Научный руководитель – А. В. Бижаев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Традиционные свинцово-кислотные аккумуляторные батареи (АКБ), используемые в системах электростартерного пуска, страдают от значительного снижения ёмкости и роста внутреннего сопротивления при отрицательных температурах. В статье предложено и исследовано применение гибридной системы накопления энергии, объединяющей АКБ уменьшенной ёмкости с модулем суперконденсаторов (ионисторов), для повышения эффективности и надёжности пуска ДВС. Проведён анализ ограничений традиционных решений, сравнительная оценка характеристик различных накопителей энергии – свинцово-кислотных, литий-ионных АКБ и суперконденсаторов. Разработана практическая схема гибридной системы на базе АКБ 40 А·ч и модуля из шести последовательно соединённых суперконденсаторов по 500 Ф (эквивалентная ёмкость 83 Ф, напряжение 16,2 В), обеспечивающего запас энергии ~8,1 кДж. Показано, что предложенная система снижает просадку напряжения при пуске с 20...30 % до 5...10 % при температуре –20 °С, увеличивает ресурс АКБ в 1,5...2 раза и сокращает время восстановления напряжения с 2...5 до 0,5...1 секунды. Результаты подтверждают высокую перспективность гибридных систем для применения в мобильной технике, эксплуатируемой в экстремальных климатических условиях и при интенсивных циклах пуска.

Ключевые слова: запуск двигателя от конденсаторов, ионистор, суперконденсатор, свинцовая АКБ, запуск ДВС, ресурс аккумулятора.

APPLICATION OF SUPERCAPACITORS IN THE ELECTROSTARTING SYSTEM OF MOBILE VEHICLES

G. O. Ivanov

Scientific advisor – A. V. Bizhaev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. Traditional lead-acid batteries (LAs) used in electric starter systems suffer from a significant decrease in capacity and an increase in internal resistance at negative temperatures. The article proposes and studies the use of a hybrid energy storage

system that combines a reduced-capacity LA with a supercapacitor (ionistor) module to improve the efficiency and reliability of engine starting. The article analyzes the limitations of traditional solutions and compares the characteristics of various energy storage devices, including lead-acid, lithium-ion LA, and supercapacitors. A practical scheme of a hybrid system based on a 40 Ah battery and a module of six 500 F supercapacitors connected in series (equivalent capacitance 83 F, voltage 16,2 V) has been developed, providing an energy reserve of ~8,1 kJ. It has been shown that the proposed system reduces the voltage drop during starting from 20...30 % to 5...10 % at a temperature of -20 °C, increases the battery life by 1,5...2 times, and reduces the voltage recovery time from 2...5 to 0,5...1 second. The results confirm the high potential of hybrid systems for use in mobile equipment operating in extreme climatic conditions and with intensive starting cycles.

Keywords: engine starting from capacitors, ionistor, supercapacitor, lead-acid battery, engine starting, battery life.

Надёжный запуск двигателя внутреннего сгорания (ДВС) является критически важным условием эксплуатационной готовности мобильных машин, особенно в условиях низких температур окружающей среды. Традиционная система электростартерного пуска опирается на свинцово-кислотную аккумуляторную батарею (АКБ), которая должна обеспечивать высокий пусковой ток для проворачивания коленчатого вала двигателя через стартер. Однако эксплуатация АКБ в режиме кратковременных высоких нагрузок сопряжена с рядом существенных проблем: значительное падение напряжения на клеммах при старте, ускоренный износ аккумулятора из-за глубоких разрядов, а также необходимость увеличения ёмкости АКБ для обеспечения надёжного пуска.

Одним из перспективных направлений решения данных проблем является использование суперконденсаторов (ионисторов) – источников временного хранения электрического заряда, обладающих высокой удельной мощностью и способностью отдавать большие токи без значительного падения напряжения [1]. В данной статье рассмотрена возможность применения гибридной системы накопления энергии, объединяющей традиционную АКБ и модуль суперконденсаторов, для повышения эффективности работы системы запуска ДВС мобильной машины.

Цель исследования – оценка возможности повышения эффективности и надёжности работы системы электростартерного пуска ДВС мобильной машины за счёт внедрения гибридной схемы накопления энергии. В работе были поставлены следующие задачи:

1. Провести анализ штатной системы запуска ДВС и выявить факторы, снижающие эффективность пуска;
2. Выполнить сравнительный анализ накопителей электрической энергии для систем пуска;
3. Разработать схему гибридного накопителя энергии и оценить её эффективность.

На работу системы электростартерного пуска ДВС существенное влияние оказывают следующие факторы: высокие пусковые токи (200...600 А для бензи-

новых двигателей и 800...1200 А для дизельных); рост внутреннего сопротивления АКБ при отрицательных температурах; тепловые потери в проводниках и коммутационных аппаратах; повышенные механические моменты сопротивления проворачиванию коленчатого вала при низких температурах масла [2]. Особую актуальность проблема надёжного пуска приобретает для техники, эксплуатируемой в северных регионах и в режиме частых циклов «старт-стоп».

Основной проблемой при пуске ДВС в условиях низких температур является недостаточная мощность штатной АКБ для обеспечения требуемого пускового тока. При температуре минус 20°C ёмкость свинцово-кислотного аккумулятора снижается до 50 % от номинальной, а внутреннее сопротивление возрастает в 2...3 раза [1]. Это приводит к глубокой просадке напряжения в момент пуска (до 8...9 В при номинальных 12 В), что затрудняет работу системы зажигания и электронных блоков управления двигателем.

Для систематизации условий пуска введена классификация по температурному фактору (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация условий пуска ДВС по температурному фактору

Класс	Диапазон температур, °C	Характеристика пуска
I	+5...+40	Стандартный
II	0...+5	Умеренно-сложный
III	–10...0	Сложный
IV	–20...–10	Очень сложный
V	< –20	Экстремальный

Рассмотрим возможные пути повышения эффективности системы пуска:

1. Увеличение ёмкости штатной АКБ. Данный способ является наиболее очевидным, однако влечёт за собой увеличение массы, габаритов и стоимости батареи. При этом проблема глубокой просадки напряжения в момент пуска полностью не решается, поскольку внутреннее сопротивление батареи остаётся значительным [3].

2. Применение литий-ионных АКБ. Литий-ионные батареи обладают более высокой удельной энергией (100...200 Вт·ч/кг против 30...50 Вт·ч/кг у свинцово-кислотных) и меньшим внутренним сопротивлением [4]. Однако их применение ограничивается высокой стоимостью, узким диапазоном рабочих температур (–20...+55°C) и необходимостью применения специальных систем управления батареями (BMS).

3. Использование суперконденсаторов (ионисторов). Суперконденсаторы являются накопителями энергии, занимающими промежуточное положение между обычными конденсаторами и аккумуляторами. Они характеризуются высокой удельной мощностью (до 10 кВт/кг), низким внутренним сопротивлением, широким диапазоном рабочих температур (–40...+65°C) и практически неограниченным ресурсом по числу циклов заряд-разряд (более 1 000 000 циклов) [2, 5]. Недостатком является относительно низкая удельная энергия (5...10 Вт·ч/кг).

4. Гибридная система «АКБ + суперконденсатор». Комбинированное использование АКБ и суперконденсаторов позволяет объединить достоинства обоих типов накопителей: АКБ обеспечивает долговременное хранение энергии, а суперконденсатор – высокую мощность в момент пуска [1, 6]. Данный подход представляется наиболее перспективным.

Сравнительные характеристики рассматриваемых типов накопителей приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительные характеристики накопителей электроэнергии

Параметр	Свинцово-кислотные АКБ	Литий-ионные АКБ	Суперконденсаторы
Удельная энергия, Вт·ч/кг	30...50	100...200	5...10
Удельная мощность, Вт/кг	200...400	1500...2000	5000...10000
Внутр. сопротивление, мОм	5...10	2...5	0,3...0,5
Диапазон температур, °С	–30...+50	–20...+55	–40...+65
Ресурс, циклов	500...800	1500...3000	> 1 000 000
Время заряда	4...8 ч	1...3 ч	секунды

На основании проведённого анализа предложена гибридная схема системы запуска ДВС, включающая АКБ уменьшенной ёмкости и модуль суперконденсаторов. Принцип работы системы заключается в следующем: в момент пуска основной импульс тока обеспечивается суперконденсаторным модулем, что позволяет существенно снизить нагрузку на АКБ; после запуска двигателя суперконденсаторы заряжаются от генератора в течение нескольких секунд.

Для практической реализации выбрана конфигурация суперконденсаторного модуля из 6 последовательно соединённых элементов с номинальным напряжением 2,7 В каждый. При ёмкости одного элемента 500 Ф эквивалентная ёмкость модуля составляет примерно 83 Ф при номинальном напряжении 16,2 В. Энергия, запасаемая модулем при напряжении заряда 14 В, рассчитывается по формуле:

$$E = C \cdot U^2 / 2 = 83 \cdot 14^2 / 2 \approx 8,1 \text{ кДж}$$

Данного запаса энергии достаточно для обеспечения 2...3 пусковых попыток при токе 400 А и длительности пуска 1...2 секунды. Внутреннее сопротивление модуля составляет около 2...3 мОм, что обеспечивает минимальное падение напряжения под нагрузкой (не более 1,5 В при токе 500 А).

Принципиальная схема гибридной системы запуска представлена на рисунке 1. Система включает: АКБ (поз. 1), модуль суперконденсаторов (поз. 2), блок управления зарядом (поз. 3), стартер (поз. 4) и пусковое реле (поз. 5). Блок управления обеспечивает зарядку суперконденсаторов от генератора и балансировку ячеек для предотвращения их перезаряда.

Проведённый расчётный анализ показал, что применение гибридной системы позволяет снизить требуемую ёмкость АКБ на 20–30% при сохранении надёжности пуска. Результаты сравнительного анализа напряжения на клеммах стартера при пуске представлены в таблице 3.

Технико-экономическая оценка показала, что дополнительные затраты на суперконденсаторный модуль (3000...5000 руб.) компенсируются увеличением срока службы АКБ в 1,5...2 раза и снижением требуемой ёмкости батареи. Общий экономический эффект за весь срок эксплуатации автомобиля составляет 8000...15000 руб. [2].

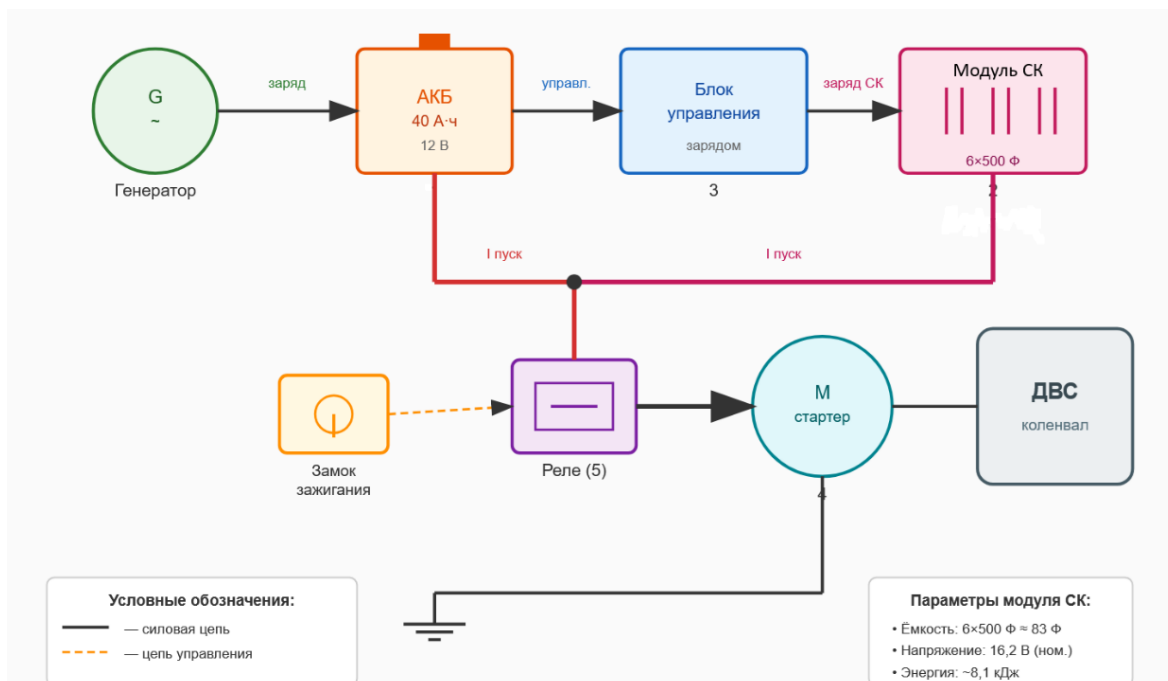


Рисунок 1 – Принципиальная схема гибридной системы запуска ДВС

Таблица 3 – Параметры пуска по конфигурациям

Параметр	Штатная система (АКБ 60 А·ч)	Гибридная система (АКБ 40 А·ч + СК)
Напряжение при пуске ($t = +20^{\circ}\text{C}$), В	10,5...11,0	12,0...12,5
Напряжение при пуске ($t = -20^{\circ}\text{C}$), В	8,5...9,5	11,0...11,5
Просадка напряжения, %	20...30	5...10
Время восстановления, с	2...5	0,5...1
Ресурс АКБ, циклов пуска	~800	~1500

Выводы

На основании проведённого исследования можно сделать следующие выводы:

1. Применение гибридной системы накопления энергии «АКБ + суперконденсатор» является перспективным направлением повышения эффективности системы электростартерного пуска ДВС мобильных машин.

2. Суперконденсаторы обладают существенными преимуществами перед традиционными АКБ по удельной мощности, ресурсу и диапазону рабочих температур, что делает их оптимальным решением для обеспечения высоких пусковых токов.

3. Предложенная конфигурация гибридной системы (АКБ 40 А·ч + модуль суперконденсаторов 6×500 Ф) обеспечивает снижение просадки напряжения при пуске с 20...30 % до 5...10 % и увеличение ресурса АКБ в 1,5...2 раза.

4. Внедрение гибридных систем запуска особенно актуально для техники, эксплуатируемой в условиях низких температур и в режиме частых циклов «старт-стоп», а также может быть использовано при модернизации существующего автопарка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ишуточкина, К. А. Система автоматического перезапуска ДВС / К. А. Ишуточкина // Сборник студенческих научных работ: по материалам докладов 72-й Международной студенческой научно-практической конференции. – 2019. – С. 111-112.
2. Ишуточкина, К. А. Выбор типа источника электрической энергии с целью повышения эффективности запуска ДВС / К. А. Ишуточкина // Чтения Академика В. Н. Болтинского: сборник статей семинара. – 2020. – С. 52-57.
3. Бижаев, А. В. Оценка параметров трактора с электроприводным силовым агрегатом / А. В. Бижаев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2020. – Т. 14, № 4. – С. 33-42.
4. Строганов, В. И. Моделирование систем электромобилей и автомобилей с комбинированной силовой установкой в процессах проектирования и производства / В. И. Строганов, В. Н. Козловский. – М. : МАДИ, 2014. – 264 с.
5. Деспотули, А. Суперконденсаторы для электроники (часть 1) / А. Деспотули, А. Андреева // Современная электроника. – 2006. – № 5. – С. 10-14.
6. Иванов, С. А. Повышение эффективности функционирования тягово-транспортных средств при использовании накопителей энергии / С. А. Иванов // Международный научный журнал. – 2013. – № 4. – С. 92-96.

Об авторах:

Иванов Глеб Олегович, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Бижаев Антон Владиславович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, a.bizhaev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Gleb O. Ivanov, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Anton V. Bizhaev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, a.bizhaev@rgau-msha.ru.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ИНГИБИТОРЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ КОРРОЗИИ

В. Л. Косачева

Научный руководитель – А. С. Барчукова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Экологически безопасные ингибиторы на основе растительных масел и растительных экстрактов позволяют сочетать эффективную защиту сельскохозяйственной техники от коррозии с минимальным воздействием на окружающую среду. Представленные литературные данные показывают, что такие системы сопоставимы по защитному действию с традиционными нефтяными материалами, но существенно превосходят их по экологическим показателям.

Ключевые слова: защита от коррозии, сельскохозяйственная техника, экологические ингибиторы, масляные композиции, растительные экстракты, ингибиторы.

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY INHIBITORS FOR CORROSION PROTECTION OF AGRICULTURAL MACHINERY

V. L. Kosacheva

Scientific advisor – A. S. Barchukova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. Ecologically safe inhibitors based on vegetable oils and plant extracts enable effective corrosion protection of agricultural machinery while minimizing environmental impact. The presented literature data demonstrate that such systems are comparable in protective performance to traditional petroleum-based materials but significantly superior in ecological characteristics.

Keywords: corrosion protection, agricultural machinery, ecological inhibitors, oil compositions, plant extracts, inhibitors.

Сельскохозяйственная техника – тракторы, комбайны, разбрасыватели удобрений, опрыскиватели – работают в сложных условиях: контакт с концентрированными растворами минеральных удобрений (калия хлорид, суперфосфат, диаммофоска, нитрофоска), атмосферные осадки, высокая влажность, пере-

пады температур и сезонное хранение на открытых площадках [1, 2]. Коррозионная агрессивность растворов удобрений и атмосферных факторов приводит к интенсификации разрушения конструкционных сталей, снижению ресурса рабочих органов и росту затрат на ремонт и обслуживание машин. После сезона эксплуатации техника подлежит консервации, однако нарушения технологии подготовки к хранению или выбор неэффективных консервационных материалов приводят к развитию очагов коррозии [3].

Традиционные защитные системы (лакокрасочные покрытия, смазочно-консервирующие масла на нефтяной основе, летучие ингибиторы) имеют ограничения: сложность нанесения, недостаточная стойкость в агрессивных средах, экологические вопросы [4, 5]. Отработанные масла содержат продукты износа и токсичные органические соединения, ухудшающие морфологические и биологические свойства почвы и негативно влияющие на экологическую безопасность сельхозпродукции. В этих условиях актуальной является разработка экологически безопасных композиций, полученных из доступных и возобновляемых материалов, способных обеспечивать высокую степень коррозионной защиты при минимальном воздействии на окружающую среду [6].

Исследования авторов показали, что растительные масла (подсолнечное, рапсовое), а также натуральные отвары (лавровый лист, чёрный кофе, чеснок, перец, апельсиновая корка) обладают ингибирующей активностью в отношении углеродистой стали в нейтральных средах [6]. Наиболее эффективными оказались растительное и рапсовое масла, обеспечивающие полную защиту $Z > 100 \%$ при испытании в 0,5 М NaCl в течение 14 суток при ускоренных испытаниях [6].

Для повышения стабильности и механической прочности защитного слоя предложены композиции на основе подсолнечного масла с введением натуральных загустителей, например карнаубский воск [3]. Подбор оптимального содержания загустителя позволяет получить материал, который легко наносится традиционными способами (кисть, распыление, окунание) и при этом формирует равномерное покрытие на поверхности металлических деталей. Такие плёнообразующие композиции обеспечивают снижение скорости атмосферной коррозии и степень защиты чёрных металлов на уровне 80...90 %, что сопоставимо с эффективностью многих нефтяных консервационных смазок при сезонном хранении техники [3].

Помимо растительных масел перспективными являются экстракты растительного сырья, полученные из отходов древесины (кора и хвоя хвойных пород), листьев и плодов технически доступных растений. Авторами в экстрактах хвойных пород установлено наличие танинов и других фенольных соединений, способных ингибировать коррозию стали в 1 М растворе серной кислоты, что подтверждает возможность применения древесных отходов как источника дешёвых «зелёных» ингибиторов. Коррозионные испытания показали, что изопропиловые экстракты древесных отходов могут эффективно снижать скорость кислото-коррозионного разрушения стали, формируя защитные адсорбционные слои на поверхности [7].

Широкий интерес вызывают растительные экстракты, полученные из листьев и других частей распространённых растений, обладающих высоким содержанием полифенолов и флавоноидов. Авторами установлено, для водного экстракта листьев черной смородины (*Ribes nigrum*) установлено, что в 1,0 М растворе HCl он обеспечивает ингибирующую эффективность до 90...93 % по данным гравиметрических и электрохимических исследований, при этом повышение концентрации экстракта сопровождается ростом степени защиты [8-11].

Обзорные данные по растительным экстрактам и природным ингибиторам свидетельствуют, что большинство таких систем биоразлагаемы, при этом обеспечивают антикоррозионный эффект в нейтральных и кислотных средах. Внедрение «зелёных» ингибиторов коррозии в практику технического сервиса сельскохозяйственной техники позволит уменьшить экологический след традиционных нефтяных материалов, не снижая уровня защиты металлоконструкций и рабочих органов машин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барчукова, А. С. Исследование скорости коррозии стали Ст3 в среде минеральных удобрений / А. С. Барчукова, С. М. Ветрова, Е. М. Илюшкова // АгроЭкоИнфо. – 2024. – № 6(66). – DOI 10.51419/202146605.
2. Триботехнические свойства высокопрочной стали в абразивной среде / С. М. Ветрова, А. С. Барчукова, Н. С. Кривых [и др.] // Технический сервис машин. – 2025. – Т. 63, № 2. – С. 86-91. – DOI 10.22314/2618-8287-2025-63-2-86-91.
3. Сазонов, Д. С. «Зеленые» ингибиторы коррозии для защиты сельскохозяйственной техники / Д. С. Сазонов, С. Н. Жильцов, Н. Е. Каюков // Биоразнообразие, современное природопользование и экологическое благополучие: проблемы и перспективы решения : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 29-30 сентября 2025 года. – Пенза : Пензенский государственный аграрный университет, 2025. – С. 404-407.
4. Оценка эффективности введения ряда добавок в отработанное моторное масло для защиты сельскохозяйственной техники в период межсезонного хранения / А. А. Урядников, В. А. Брыксина, М. Н. Урядникова [и др.] // Наука в центральной России. – 2022. – № 6(60). – С. 109-119. – DOI 10.35887/2305-2538-2022-6-109-119.
5. Противокоррозионная защита сельскохозяйственного оборудования летучими ингибиторами / В. И. Вигдорович, Л. Г. Князева, Е. Г. Кузнецова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 1. – С. 56-58.
6. Экологически безопасные продукты для защиты от коррозии / Л. Г. Князева, Н. А. Курьято, А. В. Дорохов, В. А. Брыксина // Наука в центральной России. – 2023. – № 3(63). – С. 131-142. – DOI 10.35887/2305-2538-2023-3-131-142.
7. Мишуров, В. И. Исследование экстрактов хвойных деревьев в качестве ингибиторов коррозии / В. И. Мишуров, А. С. Кулакова // Молодой исследователь Дона. – 2022. – № 2(35). – С. 24-27.

8. Blackcurrant (*Ribes nigrum*) from Western Kazakhstan - a novel natural eco-friendly corrosion inhibitor of carbon steel / N. V. Akatyev, M. K. Khapiyeva, R. Zh. Kenzhegalieva, T. B. Seilova // Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences. – 2024. – No. 2(14). – P. 390-401. – DOI 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-49.

9. Исследование эффективности амидов жирных кислот в качестве ингибиторов атмосферной коррозии / С. М. Гайдар, А. М. Пикина, А. С. Барчукова [и др.] // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, № 5. – С. 10-15. – DOI 10.26897/2687-1149-2024-5-10-15.

10. Барчукова, А. С. Исследование противокоррозионных свойств водорастворимого ингибитора / А. С. Барчукова, С. М. Ветрова // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. – 2025. – № 3(34). – С. 159-163. – DOI 10.48612/vch/etbe-d2av-17z5.

11. Износостойкость низколегированных сталей в абразивной среде / М. Н. Ерохин, С. М. Гайдар, Д. М. Скороходов [и др.] // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 3. – С. 72-78. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-3-72-78.

Об авторах:

Косачева Виктория Леонидовна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Барчукова Алина Сергеевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, barchukova@rgau-msha.ru.

About the authors:

Viktoriya L. Kosacheva, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Alina S. Barchukova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, barchukova@rgau-msha.ru.

ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ И АНТИКОРРОЗИОННЫЕ ПРИСАДКИ ДЛЯ ТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

В. Л. Косачева

Научный руководитель – С. М. Ветрова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Обзор посвящён анализу российских и зарубежных исследований, направленных на повышение ресурса тракторной техники за счёт применения противоизносных и антикоррозионных присадок к смазочным, охлаждающим и консервационным материалам.

Ключевые слова: тракторная техника, противоизносные присадки, ингибиторы коррозии, водорастворимые ингибиторы, амиды жирных кислот, борсодержащие композиции, отходы АПК.

ANTI-WEAR AND ANTI-CORROSION ADDITIVES FOR TRACTOR MACHINERY

V. L. Kosacheva

Scientific advisor – S. M. Vetrova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The review is devoted to the analysis of Russian and foreign studies aimed at increasing the service life of tractor machinery through the use of anti-wear and anti-corrosion additives to lubricating, cooling, and conservation materials.

Keywords: tractor machinery, anti-wear additives, corrosion inhibitors, water-soluble inhibitors, fatty acid amides, boron-containing compositions, agricultural waste products.

Повышение ресурса тракторов и самоходных машин АПК является ключевым условием снижения эксплуатационных затрат и повышения эффективности механизированных технологий в растениеводстве и животноводстве. Существенная часть отказов тракторной техники связана с интенсивным износом пар трения (детали цилиндропоршневой группы, подшипники, зубчатые передачи, элементы гидропривода) и коррозионным разрушением металлоконструкций и внутренних поверхностей агрегатов при эксплуатации в агрессивных средах и длительном хранении на открытом воздухе. В этих условиях особое внимание уделяется созданию новых эксплуатационных материалов – противоизносных и антикоррозионных присадок к маслам, водорастворимых ингибиторов в составе

СОЖ, а также консервационных покрытий, позволяющих увеличить долговечность машин без изменения их конструкции [1, 2].

Повышение смазочных свойств моторных и трансмиссионных масел достигается введением в их состав противоизносных и противозадирных маслорастворимых присадок. В качестве таких присадок используются серо-, фосфор- и хлорсодержащие органические соединения [3]. Эти присадки формируют на поверхностях трения реакционные слои, уменьшающие коэффициент трения и предотвращающие заедание, но обладают рядом недостатков, связанных с термической нестабильностью, токсичностью продуктов разложения и отрицательным влиянием на системы доочистки выхлопных газов. Российские и зарубежные обзоры последних лет подчёркивают тенденцию к снижению содержания серо- и фосфорсодержащих компонентов в маслах и поиску альтернатив на основе азот-, бор- и кислородсодержащих соединений, включая сложные эфиры и амиды жирных кислот [4-6].

Одним из активно развиваемых направлений является применение металлоплакирующих добавок, формирующих на поверхностях трения тонкий слой мягкого металла (чаще всего меди), уменьшающий контактные напряжения и интенсивность износа. В ряде российских патентных разработок предложены присадки, включающие диэтаноламид олеиновой кислоты и медный компонент, который вводится в виде хелатного комплекса, полученного растворением медной пластины в диэтаноламиде олеиновой кислоты [7]. Такие металлоплакирующие добавки обеспечивают заметное снижение износа и коэффициента трения по сравнению с базовыми маслами, что делает их перспективными для применения в редукторах и коробках передач тракторов.

Отдельный класс экологичных противоизносных присадок составляют композиции на основе амидов жирных кислот, получаемых из жиросодержащих отходов мясоперерабатывающей промышленности. Показано, что добавление 10 % амидов жирных кислот, синтезированных из отходов, в базовое масло И-20 снижает износ образцов на четырёхшариковой машине примерно на 24 %, что сопоставимо по эффекту с традиционными серо-фосфорсодержащими присадками, при меньшей экологической нагрузке [8].

Коррозия металлоконструкций тракторов и внутренних поверхностей агрегатов существенно ускоряется под действием атмосферных факторов, солевых туманов и минеральных удобрений, что подтверждается исследованием скорости коррозии стали Ст3 в среде минеральных удобрений. Для защиты внутренних поверхностей узлов применяются маслорастворимые ингибиторы коррозии и специальные консервационные масла, а для защиты образцов и конструкций в водных средах – водорастворимые органические ингибиторы [2, 5].

Повышение ресурса тракторной техники тесно связано и с улучшением топливной экономичности и триботехнического состояния цилиндро-поршневой группы, что показывают работы по параметрической характеристике двигателя трактора по удельному расходу топлива. Уменьшение потерь на трение за счёт более эффективных противоизносных присадок и поддержание чистоты поверхностей трения позволяет снизить удельный расход топлива, одновременно повы-

шая ресурс агрегатов и снижая эксплуатационные затраты. Дополнительно, исследования триботехнических свойств высокопрочной стали в абразивной среде подчёркивают, что в условиях повышенной запылённости сельхозпроизводства применение эффективных противоизносных и защитных присадок является необходимым условием сохранения работоспособности узлов [9].

Проведённый анализ показывает, что повышение ресурса тракторной техники за счёт применения противоизносных и антикоррозионных присадок является многофакторной задачей, включающей совершенствование составов масел, СОЖ и консервационных покрытий. Переход от высокосернистых и высокофосфорных присадок к композициям на основе амидов жирных кислот, металлоплакирующих систем и водорастворимых органических ингибиторов позволяет одновременно снизить износ пар трения, замедлить коррозию и уменьшить экологическую нагрузку, что соответствует современным отечественным и международным тенденциям развития эксплуатационных материалов для тракторной техники [4-6, 10-12].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никитченко, С. Л. Причинные факторы снижения эксплуатационной надёжности сельскохозяйственной техники / С. Л. Никитченко, Е. В. Воронов // Вестник НГИЭИ. – 2020. – № 2(105). – С. 56-66.
2. Барчукова, А. С. Исследование скорости коррозии стали Ст3 в среде минеральных удобрений / А. С. Барчукова, С. М. Ветрова, Е. М. Илюшкова // АгроЭкоИнфо. – 2024. – № 6(66). – DOI 10.51419/202146605.
3. Сафонов, В. В. Оценка противоизносных свойств трансмиссионного масла с наноразмерными порошкообразными добавками / В. В. Сафонов, В. В. Венскайтис, А. С. Азаров // ЭОМ. – 2016. – № 5.
4. Исследование эффективности амидов жирных кислот в качестве ингибиторов атмосферной коррозии / С. М. Гайдар, А. М. Пикина, А. С. Барчукова [и др.] // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, № 5. – С. 10-15. – DOI 10.26897/2687-1149-2024-5-10-15.
5. Барчукова, А. С. Исследование противокоррозионных свойств водорастворимого ингибитора / А. С. Барчукова, С. М. Ветрова // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. – 2025. – № 3(34). – С. 159-163. – DOI 10.48612/vch/etbe-d2av-17z5.
6. Tang, Z. A review of corrosion inhibitors for rust preventative fluids / Z. Tang // Current Opinion in Solid State and Materials Science. – 2019. – Vol. 23, No. 4. – 100759. – DOI 10.1016/j.cossms.2019.06.003.
7. Патент № 2778091 С1 Российская Федерация, МПК С10М 177/00. Способ получения смазочной композиции : № 2021115218 : заявл. 27.05.2021 : опубл. 15.08.2022 / С. М. Гайдар, Н. А. Ф. Наджи, В. Е. Коноплев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

8. Гайдар, С. М. Противоизносная присадка к смазочным материалам, полученная из жиросодержащих отходов мясоперерабатывающих предприятий / С. М. Гайдар, О. М. Лапсарь // *Агроинженерия*. – 2023. – Т. 25, № 2. – С. 41-45. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-2-41-45.

9. Параметрическая характеристика двигателя трактора по удельному расходу топлива / С. Н. Девянин, А. В. Бижаев, Я. Д. Павлов [и др.] // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2023. – Т. 17, № 4. – С. 68-74. – DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-4-68-74.

10. Триботехнические свойства высокопрочной стали в абразивной среде / С. М. Ветрова, А. С. Барчукова, Н. С. Кривых [и др.] // *Технический сервис машин*. – 2025. – Т. 63, № 2. – С. 86-91. – DOI 10.22314/2618-8287-2025-63-2-86-91.

11. Работоспособность технических систем : учебник для ВУЗов по изучению дисциплины / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2022. – 379 с.

12. Использование индивидуального привода колёс трактора посредством электрической тяги / А. В. Бижаев, С. М. Ветрова, А. С. Барчукова, Н. С. Кривых // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2024. – Т. 18, № 2. – С. 78-85. – DOI 10.22314/2073-7599-2024-18-2-78-85.

Об авторах:

Косачева Виктория Леонидовна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Ветрова Софья Михайловна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, s.vetrova@rgau-msha.ru.

About the authors:

Viktoriya L. Kosacheva, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Sofya M. Vetrova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, s.vetrova@rgau-msha.ru.

ЛОГИСТИКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

С. В. Косогорова

Научный руководитель – Р. Н. Егоров

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Атомная энергетика занимает важное место в современном мире, обеспечивая значительную долю потребностей в электроэнергии и способствуя снижению углеродных выбросов. Однако строительство атомных станций, особенно в сложных климатических условиях, таких как Арктика, представляет собой уникальные вызовы, требующие тщательной организации логистических процессов. Арктические условия характеризуются суровыми климатическими явлениями, ограниченной транспортной инфраструктурой и специфическими требованиями к безопасности, что делает логистику в данном регионе особенно сложной и многогранной. В статье выполнен анализ логистических маршрутов доставки грузов для строительства атомной станции малой мощности (АСММ) в Республике Саха (Якутия). Рассмотрены основные и альтернативные схемы транспортировки, выявлены ключевые места логистической системы и обоснована необходимость комплексного управления грузопотоками в условиях Арктики.

Ключевые слова: логистика, транспортировка, цепь поставок, оптимизация логистики, эффективность предприятия.

LOGISTICS IN THE CONSTRUCTION OF A NUCLEAR POWER PLANT IN ARCTIC CONDITIONS

S. V. Kosogorova

Scientific advisor – R. N. Egorov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. Nuclear energy occupies an important place in the modern world, providing a significant share of electricity needs and contributing to the reduction of carbon emissions. However, the construction of nuclear power plants, especially in difficult climatic conditions such as the Arctic, presents unique challenges that require careful organization of logistical processes. Arctic conditions are characterized by harsh climatic conditions, limited transport infrastructure and specific safety requirements, which makes logistics in this region particularly complex and multifaceted. The article

analyzes the logistics routes of cargo delivery for the construction of a low-power nuclear power plant (ASMM) in the Republic of Sakha (Yakutia). The main and alternative transportation schemes are considered, key locations of the logistics system are identified, and the need for integrated cargo flow management in the Arctic is substantiated.

Keywords: *logistics, transportation, supply chain, logistics optimization, enterprise efficiency.*

Логистика в арктических условиях требует учета множества факторов, включая сезонные колебания температуры, ледовые условия, ограниченные возможности доступа к ресурсам и необходимость обеспечения надежности поставок. Эти особенности требуют от проектировщиков и логистов разработки инновационных подходов к организации цепей поставок, которые должны быть адаптированы к местным условиям. Важно понимать, что эффективная логистика в арктическом регионе не только влияет на сроки и бюджет строительства, но и на безопасность и устойчивость функционирования атомной станции в дальнейшем.

Проект сооружения в Якутии первой мире наземной АСММ реализуется на базе новейшей реакторной установки РИТМ-200Н. АСММ станет «сердцем» одного из крупнейших в России минерально-сырьевых центров, который в перспективе обеспечит электроэнергией промышленные предприятия. Речь идет о развитии месторождений Кючус, Депутатское, Тирехтях, строительстве транспортной и инженерной инфраструктуры, социальных объектов Усть-Янского и Верхоянского районов, сооружении линии электропередачи 110 (220) кВ «Усть-Куйга – Тирехтях – Депутатский» [1].

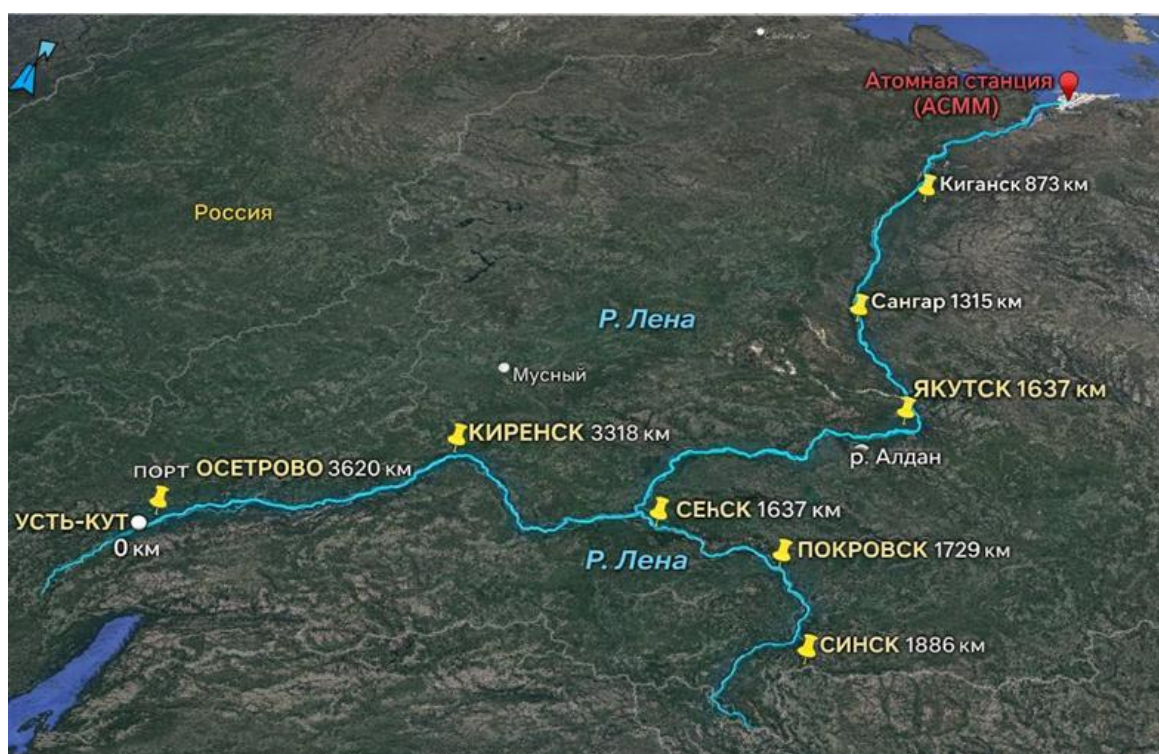


Рисунок 1 – Схема водного пути р. Лена от Усть-Кута

Реализация проекта АСММ обеспечит энергонезависимость и социально-экономическое развитие региона. Площадка строительства АСММ расположена на правом берегу реки Яна в Нижнеянском районе Республики Саха (Якутия), в зоне тундровых ландшафтов с резко континентальным климатом, где температура воздуха зимой может опускаться до -62°C .

Эти факторы формируют высокую степень зависимости строительного проекта от сезонных логистических окон и состояния транспортной инфраструктуры. Ключевым фактором, определяющим логистику строительства АСММ, является выраженная сезонность перевозок. Навигация по Северному морскому пути длится, как правило, с июля по октябрь, по реке Лена – с мая по октябрь, а по реке Яна – лишь с июня по сентябрь. Вне указанных периодов основным альтернативным способом доставки становится автозимник, эксплуатация которого также ограничена по времени и грузоподъёмности.

Транспортная инфраструктура Северной Якутии ориентирована преимущественно на выполнение задач «Северного завоза», в связи с чем переработка строительных грузов осуществляется по остаточному принципу. Это подтверждается статистическими данными, согласно которым в навигацию 2025 года по реке Яна было выполнено лишь 6 % от запланированного объёма перевозок, что существенно ниже показателей предыдущих лет. В рамках проекта строительства АСММ рассматриваются три ключевых маршрута доставки грузов [2, 3].

Основной маршрут предполагает морскую перевозку грузов из портов Архангельск или Мурманск по Северному морскому пути до Янского залива с последующей рейдовой распузкой и транспортировкой речным флотом в порты Нижнеянск и Усть-Куйга, откуда грузы доставляются автотранспортом на строительную площадку. Данный маршрут характеризуется наибольшей пропускной способностью и относительно предсказуемыми сроками транзита (70...80 суток), однако требует мобилизации специализированного буксирного флота и наличия судов с соответствующим классом регистра.

Резервный маршрут основан на использовании автозимника Нижний Бестях – Усть-Куйга. Его преимущество заключается в круглогодичной доступности транспортного узла Нижний Бестях, связанного с железнодорожной сетью, однако протяжённость маршрута (более 1600 км) и технологические ограничения автозимника существенно повышают логистические риски.

Перспективный маршрут связан со строительством временного порта в районе п. Найба и последующим развитием дороги продлённого действия Найба – Усть-Куйга. Реализация данного направления потенциально позволит увеличить объёмы перевозок до 150...200 тыс. тонн в год, однако в настоящее время данный маршрут находится на стадии проектных проработок.

Анализ существующей логистической схемы выявляет ряд критических ограничений. К ним относятся недостаточная крановая оснащённость портов Нижнеянск и Усть-Куйга, отсутствие буксиров морского класса в бассейне реки Яны, ограниченные складские площади и неудовлетворительное техническое состояние портовой инфраструктуры. Дополнительным фактором риска является высокая загрузка существующего речного флота, задействованного в обеспечении Северного завоза [4-8].

Вариант доставки	Вид груза	Маршрут		Общий срок доставки, дней	Комментарий (особенности, ограничения)	
1. Море-авто	КГТ/НГ, ген. груз	СПб - губа <u>Буор-Хая</u> /Янский залив/ <u>Нижнеянск</u> (море)	7000 км (26-28 дней)	33-35 (при отправки морем из СПб)	- Фрахт на р. Яна осуществляет компания (ЛОРП) у которой в наличии одна баржа с аппарелью под КТГ/НГ; - Ограниченный баржевый флот (необходима осадка 1,2 м) и флот осуществляющий деятельность на СМТК (крановые суда); - Необходимость перевалки грузов в открытом море (губа <u>Буор-Хая</u>/Янском заливе); - Ограниченный сезон навигации на СМП и р. Яна (2-3 месяца в году) с июля по конец сентября; - Формирование и фрахт судна под ледовую проводку на СМТК; - Рынок ТЛУ в регионе сооружения АЭС имеет признаки монополии; - Недостаточной провозной мощности на реке Яна, связанной с мелководьем в русле реки, а также недостаточных крановых мощностей и механизацией портов Нижнеянск и Усть-Куйга; - Оборудование и материалы должны быть консолидированы поставщиками в портах Архангельск/Мурманск до конца мая.	
		СПб – Мурманск/Архангельск (авто)	1337/1149 км (2-3 дня)	24-27 (при отправке из Мурманска/Архангельска)		
		Мурманск/Архангельск - губа <u>Буор-Хая</u> /Янский залив/ <u>Нижнеянск</u> (море)	4400 км (15-17 дней)			
		Мурманск/Архангельск – Найба (море)	4600 км (16-18 дней)			
		Найба – Усть-Куйга (авто)	350 км (1-2 дня)			
		Перевалка груза на рейде на губе <u>Буор-Хая</u> /Янском заливе/ <u>Нижнеянск</u> на ББС (Море-река)	4 дня 330 км (2-3 дня)			
		Перевозка ББС по р. Яна до причала АЭС в Усть-Куйга (река)				
		2. Авто	Ген. груз	СПб – Нижний Бестях		9000 км (17-19 дней)
Нижний Бестях - Усть-Куйга (зимник)	1635 км (7-9 дней)					
3. ЖД-авто	Ген. груз	Москва – Нижний Бестях (<u>жд</u>)	7739 км (12 дней)	19-21		
		Нижний Бестях - Усть-Куйга (зимник)	1635 км (7-9 дней)			
4. Авиа-авто	Ген. груз	Москва –Якутск (авиа)	5000 км (6 ч.)	10	Авиасообщение осуществляется до п. Усть-Куйга. Аэропорт способен принимать типы воздушных судов 3-4 классов (Ан-12, Ан-26, Ан-24), вертолеты всех типов. Также осуществляется авиасообщение до п. Депутатский, связанного с Усть-Куйгой постоянно действующей автодорогой.	
		Якутск-Нижний Бестях - Усть-Куйга (зимник)		3		
		Москва-Якутск-Депутатский (авиа)	1635 км (7-9 дней)			
		Депутатский - Усть-Куйга (авто)	5935 км (2 дня) 230 км 6 ч.			
		5. Авиа	Ген. груз			Москва – Якутск - Усть-Куйга (авиа)

Рисунок 2 – Возможные варианты доставки грузов для строительства Якутской АСММ

Особое значение приобретает необходимость мобилизации дополнительного баржевого и буксирного флота, а также модернизации портовых мощностей для обработки тяжеловесных и негабаритных грузов, характерных для атомного строительства.

Логистические пути для строительства атомной электростанции в арктических условиях представляют собой сложную многокомпонентную систему, критически зависимую от сезонных факторов, состояния инфраструктуры и эффективности управления грузопотоками. Проведённый анализ показывает, что наиболее рациональным решением является использование комбинированной схемы доставки с опорой на Северный морской путь и централизованное управление логистикой через единого оператора проекта. Реализация инфраструктурных мероприятий и заблаговременное планирование перевозок являются ключевыми условиями успешной реализации проекта строительства АСММ в Арктике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бауэр, А. А. Логистика: управление цепями поставок: учебное пособие для вузов / А. А. Бауэр, Ю. Н. Лапыгин. – М. : Юрайт, 2022. – 368 с.
2. Брынцев, А. Н. Логистика в условиях Крайнего Севера и Арктики / А. Н. Брынцев // Транспорт Российской Федерации. – 2021. – № 5. – С. 22-29.
3. Косогорова, С. В. Роль упаковки в организации грузоперевозок: как избежать повреждений / С. В. Косогорова, Р. Н. Егоров // Перспективные научные исследования высшей школы: материалы III Всероссийской студенческой научной конференции (Рязань, 15 мая 2025 года). – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, 2025. – С. 350-351.
4. Косогорова, С. В. Применение беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве / С. В. Косогорова // Реинжиниринг и цифровая трансформация эксплуатации транспортно-технологических машин и робототехнических комплексов: сборник статей Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных (Москва, 19-20 декабря 2023 года). – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2023. – С. 88-93.
5. Мониторинг состояния дорожного покрытия с помощью получаемой информации от объектов движения / Р. Н. Егоров, Н. Н. Пуляев, Д. А. Москвичев [и др.] // Чтения академика В. Н. Болтинского: сборник статей (Москва, 22-23 января 2025 года). – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2025. – С. 188-193.
6. Егоров, Р. Н. Обоснование выбора и оснащённости подержанного коммерческого транспорта / Р. Н. Егоров, А. Н. Журилин, Т. А. Паршикова // Международный технико-экономический журнал. – 2015. – № 6. – С. 87-91.
7. Малолетнев, Н. А. Развитие беспилотных автомобилей: технологии, вызовы и перспективы / Н. А. Малолетнев, Н. В. Перевозчикова // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 160-летию Тимирязевской академии: сборник статей (Москва, 02-04 июня 2025 года). – М. : Российский государственный аграрный университет, 2025. – С. 355-356.

8. Автомобильные перевозки / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, А. М. Карев [и др.]. – М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2018. – 554 с. – ISBN 978-5-7367-1436-0.

9. Эйдис, А. Л. Управление техническими системами / А. Л. Эйдис, Е. П. Парлюк. – М. : Издательство ООО «ВНИПР», 2010. – 72 с.

10. Дидманидзе, О. Н. Основные направления развития тягово-транспортных средств в АПК / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, А. М. Карев // Доклады ТСХА, Москва, 02-04 декабря 2014 года. Том 1. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.

Об авторах:

Косогорова Стефания Викторовна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Егоров Роман Николаевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, egorov@rgau-msha.ru.

About the authors:

Stefania V. Kosogorova, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Roman N. Egorov, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, egorov@rgau-msha.ru.

ОБОСНОВАНИЕ МЕСТА УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКЕ МТЗ 82.1

Н. С. Кривых, Я. Д. Павлов

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрены три варианта интеграции электродвигателя (ЭД) в трансмиссию трактора для создания гибридной силовой установки. Через лючок бокового ВОМ: относительно простая интеграция, обеспечивает режим «буста» и зарядку на всех передачах. Ключевые недостатки – движение на электротяге только на низших передачах и невозможность работы активных орудий от ВОМ в этом режиме, что критически сужает функционал. Через задний ВОМ: позволяет передавать полную мощность, движение на электротяге – на всех передачах, сохраняется привод активных орудий от ВОМ. Главный недостаток – отсутствие штатного механизма отключения дизеля (ДВС) от трансмиссии для чистой электротяги, что требует сложных инженерных решений. Через раздаточную коробку (привод переднего моста): обеспечивает полный привод, простое отключение ДВС (нейтраль КПП), движение и зарядку на всех передачах. Недостатки – наиболее сложная и нестандартная интеграция, несбалансированное распределение мощности в режиме «буста» и широкий диапазон рабочих оборотов ЭД. Наиболее приемлемым признан третий вариант, так как он максимально сохраняет функционал трактора, включая возможность полноценного движения на электротяге. Основные вопросы для дальнейшей проработки – управление навесным оборудованием и оптимизация системы управления тягой при раздельном приводе мостов.

Ключевые слова: электродвигатель, гибридная силовая установка, генератор, тяговая батарея.

JUSTIFICATION OF THE PLACE OF THE ELECTRIC MOTOR INSTALLATION IN THE HYBRID POWER PLANT MTZ 82.1

N. S. Krivikh, Ya. D. Pavlov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. Three options for integrating an electric motor (EM) into a tractor's transmission to create a hybrid power system are considered. Through the side PTO hatch: relatively simple integration, providing a «boost» mode and charging in all gears. However, the key drawbacks include the ability to move only in lower gears using electric traction and the inability to operate active implements from the PTO in this mode, which significantly limits the functionality. Through the rear PTO: allows for full

power transmission, enabling electric traction in all gears and maintaining the ability to operate active implements from the PTO. The main drawback is the lack of a standard mechanism for disconnecting the diesel engine from the transmission for clean electric power, which requires complex engineering solutions. Through the transfer case (front axle drive): provides full drive, easy engine shutdown (gearbox neutral), movement, and charging in all gears. The disadvantages include the most complex and non-standard integration, unbalanced power distribution in «boost» mode, and a wide range of electric motor operating speeds. The third option is considered the most suitable, as it maximizes the functionality of the tractor, including the ability to fully drive on electric power. The main issues for further development include the control of attachments and the optimization of the traction control system for separate axle drives.

Keywords: *electric motor, hybrid power plant, generator, traction battery.*

Повышение энергетической эффективности и экологичности мобильных сельскохозяйственных агрегатов является одной из ключевых задач современного агроинженерного машиностроения. В этом контексте гибридизация силовых установок колесных тракторов представляет собой наиболее технологически готовый и экономически обоснованный путь модернизации парка без радикального изменения сложившейся эксплуатационной инфраструктуры, что приводит к значительному снижению расхода топлива ДВС за счет работы в оптимальном режиме [1]. Трактор МТЗ-82.1 «Беларус», как массовая и технологически освоенная платформа, выступает перспективным объектом для апробации гибридных решений, позволяя интегрировать современные электроприводные технологии в проверенную механическую схему.

Основным направлением гибридизации для данной техники признана параллельная схема, обеспечивающая как возможность независимой работы ДВС и электрических двигателей, так и их совместное функционирование. Однако эффективность реализации данной схемы в решающей степени зависит от архитектурного решения – точки встраивания электродвигателя (ЭД) в существующую трансмиссию. Этот выбор является комплексной инженерной задачей, определяющей не только энергоэффективность, но и массогабаритные показатели, сохраняемость базовой конструкции, стоимость преобразования и итоговые эксплуатационные характеристики машины.

В настоящее время применительно к платформе МТЗ-82.1 можно выделить несколько концептуально различных точек интеграции ЭД: установка между двигателем и сцеплением, на первичном валу коробки передач, на раздаточной коробке или в приводе переднего моста. Каждый из этих вариантов обладает принципиально различным влиянием на трансмиссию, реализуемые режимы рекуперации энергии, уровень модификации базовой конструкции и потенциальный прирост эффективности.

Таким образом, актуальность настоящего исследования обусловлена отсутствием системного анализа и обоснованных критериев выбора точки встраивания электродвигателя в параллельную гибридную установку на базе серийного трактора МТЗ-82.1. Целью работы является сравнительный анализ потенциа-

ных мест установки ЭД с оценкой их влияния на энергопотребление, степень модернизации шасси и функциональные возможности гибридной системы.

Таким образом, возникает несколько вариантов установки электродвигателя для трактора МТЗ-82.1 с минимальным вмешательством в трансмиссию (таблица 1). Дальнейшая модернизация возможна в сторону индивидуального электропривода колес трактора [2].

Таблица 1 – Варианты подключения электродвигателя

Варианты	Описание	Преимущества	Недостатки
Подключение через лючок бокового ВОМ	Подключение осуществляется через лючок, расположенный слева на корпусе КПП, при этом требуется редуктор, отключение ДВС планируется через понижающий редуктор, передаточное число 2,91 от двигателя, 83 до колеса, КПД передачи 0,94. 601 Нм от двигателя	Зарядка батарей осуществляется на всех передачах, возможна помощь в кратковременном повышении тяговой способности трактора при параллельном включении с запущенном ДВС	Движение на электродвигателе возможно только на 1 и 2 передачах и передачах заднего хода, без ВОМ
Подключение через задний ВОМ	На задний ВОМ устанавливается проходной редуктор, через который устанавливается электродвигатель, передаточные числа 3,83; 2,15. Максимальный крутящий момент при 540 об/мин ВОМ 900 Нм, при 1000 об/мин 505, КПД 0,94, полной передачи 0,82	Зарядка на всех передачах при включенном ВОМ, движение на всех передачах, возможность передачи достаточной мощности (54 кВт)	Постоянно включен ВОМ, проблема с отключением ДВС
Подключение через раздаточную коробку	Установка цилиндрического редуктора вместо подвесной опоры кардана переднего моста через специальный проходной согласующий редуктор, отключение ДВС посредством перевода КПП в нейтральное положение	Зарядка батарей на всех передачах, движение на электродвигателе возможно на всех передачах	Большой диапазон частот вращения

Вариант 1: Подключение через лючок бокового ВОМ

Суть решения: Электродвигатель интегрируется в трансмиссию через штатный лючок для подключения бокового вала отбора мощности (ВОМ) на корпусе КПП. Для согласования скоростей используется дополнительный редуктор ($i = 2,91$). Отключение дизельного двигателя (ДВС) от трансмиссии для движения на чистой электротяге обеспечивается отдельным понижающим редуктором.

Преимущества:

- Универсальность зарядки: зарядка тяговой батареи возможна на всех передачах КПП при работающем ДВС.
- Функция «буст»: ЭД может кратковременно подключаться параллельно с работающим ДВС для значительного повышения тягового усилия (режим «электротурбо»).
- Относительная простота врезки: использование существующего конструктивного окна (лючка) минимизирует масштаб переделок корпуса КПП.

- Возможность автономной работы ДВС: система обеспечивает механическое отключение ДВС, позволяя ему работать независимо (например, для привода насосов).

Недостатки и ограничения:

- Крайне ограниченный диапазон движения на электротяге: чисто электрический ход возможен только на 1-й, 2-й передачах и передачах заднего хода. Это делает режим электромобиля пригодным лишь для маневрирования и работы на сверхмалых скоростях.

- Невозможность работы с ВОМ на электротяге: при движении только на ЭД привод валов отбора мощности отключен, что резко сужает область применения (исключает работу с косилками, насосами, измельчителями).

- Сложная кинематика: наличие двух редукторов (согласующий и отключающий) увеличивает массу, стоимость и снижает общий КПД системы.

Вариант 2: Подключение через задний ВОМ

Суть решения: электродвигатель устанавливается на задний ВОМ через специальный проходной редуктор. Данная схема по умолчанию подразумевает постоянную механическую связь ДВС и трансмиссии через включенный ВОМ.

Преимущества:

- Высокая передаваемая мощность: система позволяет передать на колёса или на генерацию всю необходимую мощность (54 кВт), достаточную для полноценной работы трактора.

- Полнофункциональное движение на электротяге: возможно движение на всех передачах коробки переключения передач (КПП), что обеспечивает широкий рабочий диапазон скоростей в режиме электромобиля.

- Эффективная зарядка и работа с агрегатами: зарядка возможна на всех передачах при включенном ВОМ. Критически важно – сохраняется возможность работы активных орудий (косилок, насосов) от ВОМ в режиме чистой электротяги.

- Простота механической интеграции: установка осуществляется на стандартный, легко доступный узел.

Главный системный недостаток:

Проблема развязки ДВС: отсутствие штатного механизма отключения ДВС от трансмиссии при включенном ВОМ. Для движения на чистой электротяге требуется либо глушить дизель (что неприемлемо для систем с частыми переключениями режимов), либо проектировать сложный механизм отключения (обгонную муфту, размыкающую муфту ВОМ), что увеличивает сложность и снижает надёжность.

Сниженный общий КПД (0,82): наименьший среди рассматриваемых вариантов из-за необходимости прохождения мощности через всю цепочку ВОМ и дополнительный редуктор.

Вариант 3: Подключение через раздаточную коробку

Суть решения: электродвигатель встраивается в привод переднего ведущего моста. Установка производится через цилиндрический редуктор, монтируемый на место штатной подвесной опоры карданного вала. Отключение ДВС обеспечивается переводом КПП в нейтральное положение.

Преимущества:

- Полноценный полный привод на электротяге: ЭД приводит в движение передний мост, реализуя режим электрического полного привода при работающем ДВС (задний мост) и возможность движения только на переднем приводе.
- Универсальность зарядки и движения: как и в варианте 2, зарядка батареи и движение на электротяге возможны на всех передачах КПП.
- Простое отключение ДВС: для перехода в режим электромобиля достаточно перевести КПП в нейтраль, что технически просто и надёжно.
- Потенциал для рекуперации: при торможении передними колёсами возможен эффективный отбор энергии.

Недостатки и ограничения:

Сложность и нестандартность интеграции: требуется изготовление специального проходного редуктора и серьёзная переделка узла крепления кардана, что является наиболее инвазивной модернизацией.

Несбалансированное распределение мощности: в режиме совместной работы («буст») основная мощность ДВС идёт на задний мост, а мощность ЭД – на передний. Это требует тонкой настройки системы управления тягой для предотвращения «набегания» мостов и обеспечения устойчивости.

Большой диапазон частот вращения ЭД: скорость вращения ЭД напрямую зависит от скорости движения и выбранной передачи в КПП, что предъявляет повышенные требования к его характеристикам (мощность на высоких оборотах, момент на низких) и системе управления [3-8].

Наиболее приемлемым является третий вариант, так как он обеспечивает наиболее полное сохранение функционала трактора при возможности движения только на электродвигателе, остаются вопросы с управлением навесным оборудованием и механизмом навески.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Параметрическая характеристика двигателя трактора по удельному расходу топлива / С. Н. Девянин, А. В. Бижаев, Я. Д. Павлов [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2023. – Т. 17, № 4. – С. 68-74. – DOI: 10.22314/2073-7599-2023-17-4-68-74.
2. Использование индивидуального привода колёс трактора посредством электрической тяги / А. В. Бижаев, С. М. Ветрова, А. С. Барчукова, Н. С. Кривых // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2024. – Т. 18, № 2. – С. 78-85. – DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-2-78-85.
3. Бижаев, А. В. Оценка параметров работы трактора с электроприводом / А. В. Бижаев, В. Л. Чумаков // Чтения академика В. Н. Болтинского: сборник статей (Москва, 25-26 января 2022 года). – Ч. 1. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2022. – С. 173-182.
4. Жамбурин, Ж. Ж. Анализ современных тракторов на гибридных силовых установках / Ж. Ж. Жамбурин, И. И. Сторожев, А. Ю. Чуба // АгроЭкоИнфо: электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 2.

5. Расчет посадки с натягом из условия разбираемости соединения звездочки и ведомого вала редуктора / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Сельский механизатор. – 2023. – № 7. – С. 38-39. – DOI 10.47336/0131-7393-2023-7-38-39.

6. Оценка качества услуг по техническому обслуживанию и ремонту автотранспорта / Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова [и др.]. – М. : ООО «Издательство «Спутник+», 2021. – 172 с. – ISBN 978-5-9973-6210-2.

7. Работоспособность технических систем : учебник для ВУЗов по изучению дисциплины / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева, 2022. – 379 с.

8. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.

Об авторах:

Кривых Николай Сергеевич, ассистент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), krivyh05@gmail.com.

Павлов Ярослав Дмитриевич, ассистент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, ya.pavlov@rgau-msha.ru.

About the authors:

Nikolay S. Krivikh, Assistant of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), krivyh05@gmail.com.

Yaroslav D. Pavlov, Assistant of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, ya.pavlov@rgau-msha.ru.

СНИЖЕНИЕ ОШИБОК ПРИ КОНТРОЛЕ ВАЛОВ ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

М. Д. Крышмар

Научный руководитель – П. В. Голиницкий

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Проведен сравнительный анализ цифровых и аналоговых средств измерений при контроле диаметров валов. Оценено количество неправильно принятых и неправильно забракованных валов для применяемых и предлагаемых средств измерений.

Ключевые слова: валы, цифровизация, ошибки первого и второго рода, контроль.

MINIMIZING MEASUREMENT ERRORS IN SHAFT QUALITY CONTROL USING DIGITAL INSTRUMENTATION

M. D. Krishmar

Scientific advisor – P. V. Golinitzkiy

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. A comparative analysis of digital and analog measuring instruments for shaft diameter inspection was conducted. The number of incorrectly accepted and incorrectly rejected shafts was estimated for the current and proposed measuring instruments.

Keywords: shafts, digitalization, errors of the first and second kind, control.

Качество ремонта машин определяется множеством факторов и формируется на различных стадиях, начиная с проектирования процесса и заканчивая контролем качества и испытаниями отремонтированной техники. Машины состоят из нескольких сотен деталей, образующих различные типы соединений и посадок [1, 2]. От качества этих соединений зависит общая работоспособность машин [3-6].

Для осуществления контроля наиболее важным является точность и достоверность измерительной информации [7, 8]. Ключевыми параметрами при измерениях для таких предприятий являются минимизация вероятности ошибок первого и второго рода, а также высокая скорость проведения измерений, что возможно достичь при применении цифровых технологий [9-11].

Определенный запас на износ нам гарантирует формирование верхней границы допуска [12-14]. При контроле параметров деталей возникают ошибки свя-

заны с нахождением действительных размеров, которые около границ поля допуска. Взаимосвязь между допуском T , параметрами рассеяния действительных размеров изделия (зоной рассеяния $\omega_{\text{тех}}$ и среднеквадратическим отклонением $\sigma_{\text{тех}}$) и рассеянием самой погрешности измерения Δ , при распределении их по закону нормального распределения.

Средства измерений для контроля выбирают из номенклатуры так, чтобы предельная погрешность измерения Δ_{lim} была не более допускаемой нормируемой погрешности измерения δ :

$$\Delta_{\text{lim}} \leq \delta. \quad (1)$$

Для расчетов точности измерений воспользуемся относительной величиной:

$$A_{\text{мет}}(\sigma) = (\sigma_{\text{мет}}/T) \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $A_{\text{мет}}(\sigma)$ – относительная погрешность измерения (коэффициент точности измерений);

$\sigma_{\text{мет}}$ – среднеквадратическое отклонение погрешности измерения $\sigma_{\text{мет}} = \Delta_{\text{lim}}/2$;

T – допуск контролируемого параметра.

Для передачи крутящего момента широко применяются валы опорами для которых выступают подшипники скольжения. Для работоспособности подшипников скольжения важно достоверное определение диаметра вала, от которого будет зависеть ресурс соединения. В машиностроении значительное число диаметров шеек валов используемых для установки подшипников скольжения находятся в диапазоне от 80...90 мм и 100...110 мм поэтому для сравнения цифровых средств измерения с аналоговыми были выбраны $\varnothing 85_{-0,022}$ мм и $\varnothing 105_{-0,022}$ мм.

В таблице 1 представлены результаты расчета неправильно принятых и неправильно забракованных шеек валов $\varnothing 85_{-0,022}$ мм.

Таблица 1 – Результаты расчета неправильно принятых и неправильно забракованных шеек валов $\varnothing 85$ мм

Параметр	Средство измерений	
	ЦСИ	АСИ
Контролируемый размер, d , мм	85 _{-0,022}	
Предельная погрешность СИ, Δ_{lim} , мкм	±2	±3,5
СКО погрешности измерения, $\sigma_{\text{мет}}$, мкм	1	1,75
Коэффициент точности измерения, $A_{\text{мет}}$, %	4,54	7,95
Количество неправильно принятых шатунных шеек с исправимым браком, m , %	0,4	0,7
Количество неправильно принятых шатунных шеек с неисправимым браком, m , %	0,06	0,1
Количество неправильно забракованных шатунных шеек с исправимым браком, n , %	1,2	2,1
Количество неправильно забракованных шатунных шеек с неисправимым браком, n , %	0,6	1
Итого брака, %	2,26	3,9

ЦСИ – Высокоточные цифровой микрометр микрометры с ценой деления 0,001 мм;

АСИ – Скоба рычажная СР-100 с ценой деления 0,002 мм

В результате использования более точного средства измерений ожидается снижение процента неправильно принятых валов Ø85_{-0,022} на 0,34 %, а также уменьшение процента неправильно забракованных на 1,3 % по сравнению с текущим методом измерений.

В таблице 2 представлены результаты анализа ошибок при обработке шеек валов Ø105_{-0,022}, включающие данные о неправильно принятых и неправильно забракованных деталях.

Таблица 2 – Результаты расчета неправильно принятых и неправильно забракованных шеек валов Ø105_{-0,022}

Параметр	Средство измерений	
	ЦСИ	АСИ
Контролируемый размер, d , мм	105 _{-0,022}	
Предельная погрешность СИ, Δ_{lim} , мкм	±2	±3,5
СКО погрешности измерения, σ_{met} , мкм	1	1,75
Коэффициент точности измерения, A_{met} , %	4,54	7,95
Количество неправильно принятых коренных шеек с исправимым браком, m , %	1	1,8
Количество неправильно принятых коренных шеек с неисправимым браком, m , %	0,43	0,75
Количество неправильно забракованных коренных шеек с исправимым браком, n , %	1,8	3,2
Количество неправильно забракованных коренных шеек с неисправимым браком, n , %	1,2	2,1
Итого брака, %	4,43	7,85

ЦСИ – Высокоточные цифровой микрометр микрометры с ценой деления 0,001 мм;

АСИ – Скоба рычажная СР-125 с ценой деления 0,002 мм

Внедрение более точного средства измерений позволило сократить количество неправильно принятых Ø105_{-0,022} на 1,12 % и количество неправильно забракованных валов на 2,3 %.

Анализ данных показал, что использование более точных средств измерений способствует снижению общего количества неправильно принятых деталей в 1,8 раза и неправильно забракованных деталей в 1,75 раза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Расчет посадок соединений упругих втулочно-пальцевых муфт с валами / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 2. – С. 96-101. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-2-96-101.
2. Расчет и выбор посадок с натягом для восстановления поверхности вала под манжету запрессовкой тонкостенных втулок / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 12. – С. 990-994. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-12-990-994.

3. Анализ точности изготовления поверхностей валов и отверстий цилиндрического соединения со шпонкой / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2023. – № 4. – С. 41-49.
4. Леонов, О. А. Дефектация валов и шестерен с позиции обеспечения качества соединений при ремонте редукторов сельхозмашин / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 4. – С. 48-52. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-4-48-52.
5. Основы проектирования операций входного контроля на машиностроительных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «ОнтоПринт», 2020. – 89 с. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2020.43.25.001.
6. Обоснование посадок соединений со шпонками / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, Д. У. Хасьянова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2022. – № 6. – С. 65-71. – DOI 10.31857/S0235711922060074.
7. Работоспособность технических систем : Учебник для ВУЗов по изучению дисциплины / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2022. – 379 с.
8. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
9. Голиницкий, П. В. Применение цифровых систем на ремонтных предприятиях / П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова, Э. И. Черкасова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2025. – № 3. – С. 64-70. – DOI 10.31857/S0235711925030091.
10. Голиницкий, П. В. Использование цифровых технологий в обеспечении максимального запаса на изнашивание соединений с зазором / П. В. Голиницкий, О. А. Леонов, У. Ю. Антонова // Вестник машиностроения. – 2025. – Т. 104, № 8. – С. 650-656. – DOI 10.36652/0042-4633-2025-104-8-650-656.
11. Эйдис, А. Л. Управление техническими системами / А. Л. Эйдис, Е. П. Парлюк. – М. : Издательство ООО «ВНИПР», 2010. – 72 с.
12. Будущее тракторостроения в России / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы : Сборник статей 26-ой Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 12-13 мая 2022 года. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 15-21.
13. Леонов, О. А. Определение предельных функциональных зазоров подшипника скольжения в условиях гидродинамической смазки / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Трение и износ. – 2024. – Т. 45, № 4. – С. 327-334. – DOI 10.32864/0202-4977-2024-45-4-327-334.

14. Расчет посадок соединений упругих втулочно-пальцевых муфт с валами / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 2. – С. 96-101. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-2-96-101.

Об авторах:

Крышмар Максим Денисович, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

Научный руководитель – Голиницкий Павел Вячеславович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, доцент, gpv@rgau-msha.ru.

About the authors:

Maksim D. Kryshmar, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49).

Scientific advisor – Pavel V. Golinitzkiy, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, gpv@rgau-msha.ru.

АНАЛИЗ РАССЕЯНИЯ РАЗМЕРОВ МАНЖЕТЫ ВЫХОДНОГО КОНЦА ВАЛА КПП ДВИГАТЕЛЯ ЯМЗ

В. О. Леонов

Научный руководитель – Л. А. Гринченко

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

***Аннотация.** По итогу анализа изношенных манжет определены коэффициенты точности и настроенности технологического процесса обработки поверхности фланцев выходного вала КПП ЯМЗ под манжету. Полученные значения показали достаточную точность процесса формирования внутреннего диаметра и его достаточную настроенность.*

***Ключевые слова:** КПП ЯМЗ, соединение «вал-уплотнение», рассеяние размеров, точность технологического процесса, настроенность технологического процесса.*

ANALYSIS OF DIMENSIONAL VARIATION OF THE GEARBOX OUTPUT SHAFT SEAL FOR THE YAMZ ENGINE

V. O. Leonov

Scientific advisor – L. A. Grinchenko

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

***Abstract.** Based on the analysis of worn-out seals, the accuracy and alignment coefficients of the technological process for machining the flange surfaces of the YMZ gearbox output shaft (under the seal) were determined. The obtained values demonstrated sufficient accuracy in forming the internal diameter, as well as adequate process alignment.*

***Keywords:** YMZ gearbox, shaft-seal joint, size scatter, technological process accuracy, technological process alignment.*

Развитие отечественного машиностроения в области сельского хозяйства является приоритетной задачей конструкторов, технологов и ученых [1, 2]. Одной из проблем создания надежных узлов и агрегатов является вопрос расчета, достижения и оценки требуемой точности ответственных соединений [3-7]. Неоднозначно стоит вопрос и обеспечения точности при ремонте узлов и агрегатов [8-10].

Соединение «вал-уплотнение» является одним из важнейших в машинах и оборудовании для сельского хозяйства. От долговечности работы данного соединения зависит ресурс работы агрегата, где оно установлено.

При проектировании для обеспечения надёжности соединения «вал-уплотнение» должны быть учтены такие факторы, как: материал изготовления вала и манжеты, шероховатость и твердость поверхности вала, тип конструкции манжеты, нагрузка, параметры давления, параметры размерной взаимозаменяемости [11].

Параметры размерной взаимозаменяемости включают в себя: отклонения формы и расположение поверхностей в виде отклонение от соосности и радиальное биение вала относительно манжеты, а также параметры точности деталей и соединения в плане обеспечения требуемого конструктивного натяга [12].

Исследования, проведенные инженерами Ярославского моторного завода, выявили, что в процессе эксплуатации силовых агрегатов ЯМЗ (двигатель в сборе с КПП) при наработке свыше 8000...10000 тыс. часов на поверхности вала под рабочей кромкой манжет появляется износ на глубину до 0,2 мм, приводящий к утечкам смазочного материала. Замена старой манжеты на новую в такой ситуации течь масла не устраняет [13]. Полученные результаты свидетельствуют о том, что необходимо исследовать качество формирования первоначального диапазона натягов в соединении «вал-уплотнение» и их соответствие параметрам размерной взаимозаменяемости, заложенным в конструкторской документации на этапе проектирования агрегата [14]. Если данные требования будут выполнены, то на следующем этапе необходимо проведение анализа отклонений от соосности и радиального биения вала относительно манжеты. Причем исследовать необходимо как новые соединения, так и изношенные. Это может быть возможно путем составления размерных цепей, формирующих данные отклонения.

Исследования проводились с целью оценки вероятностных характеристик рассеяния соединений внутреннего диаметра манжеты КПП ЯМЗ-239.

Для исследований были отобраны 100 новых манжет 1,2–100×125–12. Проведены измерения внутренних диаметров отверстий манжет. По результатам измерений были рассчитаны параметры распределения внутренних диаметров отверстий манжет (таблица 1).

Таблица 1 – Параметры распределения рассеяния внутренних диаметров отверстий манжет

Параметры распределения рассеяния	Условное обозначение	Манжеты
Среднее арифметическое, мм	$\bar{x}$	97,578
Среднее квадратическое отклонение, мм	σ	0,176
Зона рассеяния, мм	ω	1,056

По данным, представленным в таблица 1 построим гистограммы и графики распределения рассеяния контролируемых параметров, рисунок 1.

Для оценки точности и настроенности технологического процесса обработки поверхности фланца под манжету и внутреннего диаметра манжеты, воспользуемся формулами:

– коэффициент точности технологического процесса:

$$K_T = \frac{T}{6 \cdot \sigma}, \quad (1)$$

– коэффициент настроенности технологического процесса:

$$K_C = \frac{X_{\text{ср}} - \bar{X}}{2 \cdot T}, \quad (2)$$

где $X_{\text{ср}}$ – середина поля допуска контролируемого параметра.

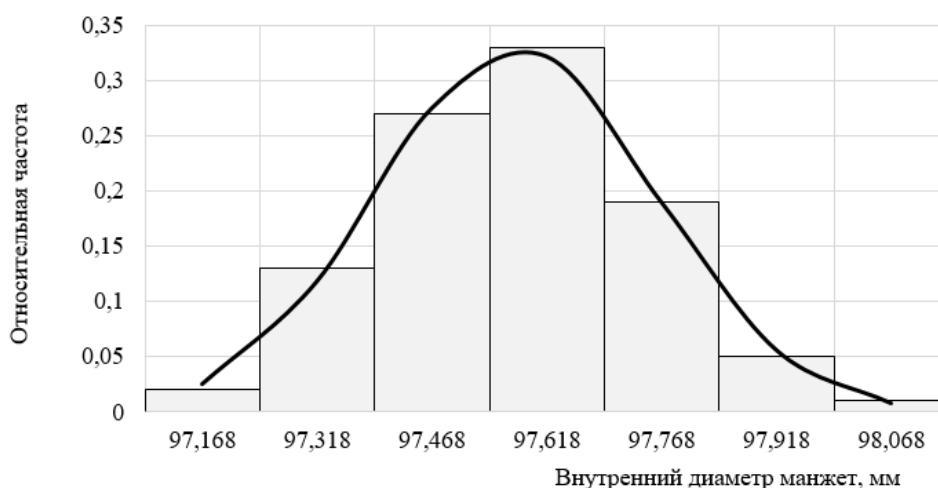


Рисунок 1 – Распределение внутренних диаметров манжет

Результаты расчетов показателей точности и настроенности технологического процесса обработки поверхности фланцев под манжету и внутренних диаметров манжет, рассчитанные по формулам (1)-(2), представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры точности и настроенности технологического процесса обработки поверхности фланцев под манжету и внутренних диаметров манжет

Параметр	Значение
Коэффициент точности технологического процесса, K_T	0,95
Коэффициент настроенности технологического процесса, K_C	0,06

Из данных, представленных в таблице 2 и на рисунке 1 можно сделать вывод, что точность процесса формирования внутреннего диаметра манжет хорошая, настроенность процесса удовлетворительная, имеется небольшой сдвиг в сторону неисправимого брака.

Полученное значение свидетельствует о том, что качество изготовления манжет находится на высоком уровне, качество обеспечивает запас по требуемой точности, а рассеяния размеров отверстий манжет показывает практически полное совпадение с требуемыми характеристиками.

Таким образом, точность изготовления манжет отвечает заданным требованиям, а возникающие проблемы с утечками смазочного материала из уплотнений следует искать исходя из параметров износостойкости, а также исходя из анализа износа влияющих размеров, образующих размерную цепь, где в качестве

исходного замыкающего звена будет выступать отклонение от соосности и радиальное биение вала по отношению к диаметру манжеты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трухачев, В. И. Развитие автотракторного машиностроения на современном этапе / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Р. С. Федоткин // Чтения академика В. Н. Болтинского : Сборник статей, Москва, 17-18 января 2024 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2024. – С. 32-42.
2. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.
3. Вергазова, Ю. Г. Влияние точностных и технологических параметров на долговечность соединения «вал-втулка» / Ю. Г. Вергазова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2014. – № 3(63). – С. 17-19.
4. Обоснование посадок соединений со шпонками / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, Д. У. Хасьянова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2022. – № 6. – С. 65-71. – DOI 10.31857/S0235711922060074
5. Оценка технического состояния машины по данным ее системы управления / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Н. Н. Пуляев // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. – С. 10-19.
6. Леонов, О. А. Теоретические основы расчета допусков посадок при ремонте сельскохозяйственной техники / О. А. Леонов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2010. – № 2(41). – С. 106-109.
7. Будущее тракторостроения в России / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы : Сборник статей 26-ой Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 12-13 мая 2022 года. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2022. – С. 15-21.
8. Леонов, О. А. Дефектация валов и шестерен с позиции обеспечения качества соединений при ремонте редукторов сельхозмашин / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 4. – С. 48-52. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-4-48-52.
9. Теоретические основы выбора рациональных способов восстановления деталей / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Сельский механизатор. – 2019. – № 5. – С. 38-39.
10. Создание цифровой модели процесса комплектации и сборки для ремонтного производства / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Л. А. Гринченко, Д. А. Пупкова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 458-466. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-02-54.

11. Расчет суммарного отклонения от соосности выходного вала коробки передач относительно уплотнения / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, Л. А. Гринченко // Вестник машиностроения. – 2025. – Т. 104, № 4. – С. 269-274. – DOI 10.36652/0042-4633-2025-104-4-269-274.

12. Работоспособность технических систем : Учебник для ВУЗов по изучению дисциплины / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2022. – 379 с.

13. Качество обработки коренных шеек коленчатого вала под ремонтный размер: статистический анализ / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова [и др.] // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, № 5. – С. 39-46. – DOI 10.26897/2687-1149-2024-5-39-46.

14. Исследование параметров рассеяния натягов в соединении выходного конца вала КПП ЯМЗ с манжетой / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, Л. А. Гринченко // Агроинженерия. – 2025. – Т. 27, № 2. – С. 70-76. – DOI 10.26897/2687-1149-2025-2-70-76.

Об авторах:

Леонов Василий Олегович, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

Научный руководитель – Гринченко Лаврентий Александрович, ассистент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, grinchenko@rgau-msha.ru.

About the authors:

Vasiliy O. Leonov, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Lavrenty A. Grinchenko, Assistant of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, grinchenko@rgau-msha.ru.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОСЕРВИСА

А. В. Логачев, Д. А. Москвичев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается комплексный подход к повышению эффективности автосервисного предприятия как бизнес-единицы. Предлагается модель, основанная на синхронизации трех ключевых потоков: клиентского, производственного и логистического. Анализируются инструменты управления операционной деятельностью, включая внедрение системы сквозного планирования заказов (Sales and Operations Planning, S&OP), принципов бережливого производства (Lean) в ремонтной зоне и управления взаимоотношениями с клиентами (CRM). Особое внимание уделяется цифровым технологиям как связующему элементу для сбора аналитических данных и расчета ключевых показателей эффективности (KPI), обеспечивающих рост конкурентоспособности и прибыльности сервиса.

Ключевые слова: автосервис, техническое обслуживание (ТО), ремонт автомобилей, операционная эффективность, планирование, бережливое производство (Lean), CRM, цифровизация, KPI.

IMPROVING THE TECHNICAL MAINTENANCE AND CURRENT REPAIRS OF TRUCKS IN AUTOSERVICE ENTERPRISES

A. V. Logachev, D. A. Moskvichev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article considers an integrated approach to improving the efficiency of a car service company as a business unit. A model is proposed based on the synchronization of three key flows: customer, production and logistics. Operational management tools are analyzed, including the implementation of an end-to-end order planning (Sales and Operations Planning, S&OP) system, Lean principles in the repair area, and customer relationship management (CRM). Special attention is paid to digital technologies as a link element for collecting analytical data and calculating key performance indicators (KPIs) that ensure increased competitiveness and profitability of the service.

Keywords: auto repair, maintenance (maintenance), car repair, operational efficiency, planning, lean manufacturing (Lean), CRM, digitalization, KPI.

Цель исследования – разработка интегрированной модели управления автосервисом, направленной на одновременное повышение производительности труда, качества услуг, клиентской лояльности и финансовой результативности.

Конкуренция на рынке автосервисных услуг обостряется, требуя от предприятий перехода от интуитивного управления к системному. Эффективность современного автосервиса определяется не только квалификацией мастеров, но и слаженностью работы всех его подсистем: от первого контакта с клиентом до сдачи отремонтированного автомобиля и последующего сервисного сопровождения [1]. Проблема заключается в частой разрозненности этих процессов, ведущей к потерям времени, ресурсов и клиентов. Данная статья предлагает рассматривать автосервис как единый производственно-сервисный комплекс и описывает практическую модель синхронизации его работы на основе управленческих и цифровых решений [2].

Повышение общей эффективности достигается за счет оптимизации и интеграции трех основных потоков:

1. Клиентский поток (Customer Flow): включает все этапы взаимодействия с клиентом: привлечение, прием заявки, консультирование, диагностику, согласование работ, информирование, выдачу автомобиля и постпродажное обслуживание [3].

2. Производственный поток (Service Flow): охватывает все физические операции с автомобилем на территории сервиса: мойку, постановку на пост, диагностику, выполнение работ ТО и ремонта, контроль качества, предпродажную подготовку.

3. Логистический поток (Material Flow): включает управление запасными частями, расходными материалами и инструментом: прогнозирование потребности, закупку, приемку, складирование, доставку к посту, возврат неиспользованного.

Ключ к успеху – не изолированная оптимизация каждого потока, а их синхронизация. Например, задержка в доставке запчастей (логистический сбой) останавливает производственный процесс и ведет к недовольству клиента [4].

Управление клиентским потоком: от транзакции к отношениям. Внедрение CRM-системы: централизация данных о клиентах, истории обслуживания, обратной связи и финансовых расчетов. CRM позволяет перейти к персонализированному обслуживанию, автоматизировать напоминания о плановом ТО и проводить целевые маркетинговые кампании [5].

Стандартизация сервисных скриптов и процессов приема/выдачи: четкие регламенты для администраторов и сервис-консультантов минимизируют ошибки коммуникации и повышают профессиональное восприятие сервиса клиентом.

Система прозрачности и онлайн-взаимодействия: Предоставление клиенту доступа к камерам наблюдения за ремонтной зоной (по желанию), отправка фото- и видеоотчетов о состоянии узлов, онлайн-отслеживание статуса заказа через личный кабинет [6].

Оптимизация производственного потока: принципы Lean в автосервисе. Картирование потока создания ценности (Value Stream Mapping): визуализация

всех шагов производственного процесса для выявления и устранения операций, не добавляющих ценности (простой, лишние перемещения, переделки).

Система 5S (сортировка, соблюдение порядка, чистота, стандартизация, совершенствование): организация рабочего пространства на каждом посту. Поиск инструмента или детали не должен занимать более 30 секунд [7].

Стандартизированные рабочие операции (ТТК – технологические трудовые карты): разработка пошаговых инструкций с указанием норм времени, необходимого инструмента и материалов для наиболее частых работ. Это основа для обучения, контроля качества и справедливого расчета заработной платы. Использование электронной доски (диспетчерской панели), отображающей в реальном времени статус каждого рабочего поста («свободен», «в работе», «ожидает запчастей», «контроль качества»). Позволяет диспетчеру оперативно перераспределять нагрузку. Классификация запчастей для дифференцированного управления. Группа АХ (часто требующиеся, прогнозируемый спрос) хранится на складе в необходимом объеме. Группы CZ (редкие, непредсказуемые) заказываются под конкретный заказ по схеме «just-in-time» [8-9]. Использование двухбункерной системы или электронных карточек для пополнения быстросрасходуемых позиций (масла, фильтры, тормозные колодки). Когда запас в первой емкости заканчивается, подается сигнал на заказ, а расход начинается из второй. Цифровая карта заказа автоматически резервирует необходимые запчасти на складе или формирует заявку поставщику.

Внедрение специализированного автосервисного ERP-программного обеспечения является инфраструктурной основой модели. Такая система объединяет CRM, модуль планирования и учета работ, складской и финансовый учет. Она формирует единое информационное пространство для данных, на основе которых рассчитываются ключевые показатели эффективности для управления:

Операционные KPI: среднее время выполнения заказа (Turn-Around Time), коэффициент загрузки рабочих постов, процент выполнения плана по выручке на один пост/мастера. Финансовые KPI: Маржинальность заказа. Оборачиваемость складских запасов (в днях). Стоимость привлечения клиента vs. Lifetime Value (LTV).

Клиентские KPI: индекс потребительской лояльности (NPS). Процент повторных обращений. Количество положительных отзывов в цифровых источниках.

Практическая реализация и ожидаемый эффект. Внедрение описанной модели носит проектный характер и требует последовательных шагов: диагностики текущих процессов, выбора и адаптации ПО, обучения персонала, пилотного запуска и масштабирования. Финансирование может быть поэтапным. Расчетный экономический эффект для автосервиса среднего масштаба (8...10 постов) при внедрении в течение 12-18 месяцев представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Расчетный экономический эффект для автосервиса

Группа показателей	Конкретный KPI	Базовое значение	Целевое значение	Экономический/ операционный эффект
Производительность	Средняя загрузка постов	65 %	80 %	Рост выручки за счет устранения «простоев»
	Среднее время выполнения заказа	1,5 дня	1,1 дня	Увеличение пропускной способности сервиса
Финансы	Оборачиваемость запасов	45 дней	30 дней	Высвобождение оборотных средств
	Доля повторных клиентов	30 %	45 %	Снижение затрат на маркетинг, стабильный cash flow
Качество	Индекс NPS	+25	+45	Рост репутации и притока новых клиентов по рекомендациям
	Количество рекламаций	8 %	3 %	Снижение затрат на переделки, рост доверия

Повышение эффективности современного автосервиса – это комплексная управленческая задача, выходящая за рамки сугубо технических решений. Предложенная модель, основанная на синхронизации клиентского, производственного и логистического потоков через цифровые технологии и принципы бережливого управления, создает основу для устойчивого конкурентного преимущества. Результатом становится не разовое улучшение, а формирование отлаженной бизнес-системы, способной к постоянному самоанализу и развитию. Такой подход позволяет превратить автосервис из предприятия с нестабильными показателями в прогнозируемый, клиентоориентированный и высокоприбыльный бизнес.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мониторинг состояния дорожного покрытия с помощью получаемой информации от объектов движения / Р. Н. Егоров, Н. Н. Пуляев, Д. А. Москвичев [и др.] // Чтения академика В. Н. Болтинского : сборник статей, Москва, 22-23 января 2025 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2025. – С. 188-193.
2. Совершенствование системы навигации автотранспорта с использованием ИТ / Д. А. Москвичев, Н. Н. Пуляев, Р. Н. Егоров [и др.] // Чтения академика В. Н. Болтинского : сборник статей, Москва, 22-23 января 2025 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2025. – С. 239-242.
3. Москвичев, Д. А. Методика определения периодичности технического обслуживания перспективных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(64). – С. 112-117. – DOI 10.31563/1684-7628-2022-64-4-112-117.
4. Автомобильные перевозки / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, А. М. Карев [и др.]. – М.: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2018. – 554 с. – ISBN 978-5-7367-1436-0.

5. Москвичев, Д. А. Совершенствование методов технического обслуживания перспективных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения : дис. ... канд. техн. наук / Москвичев Дмитрий Александрович, 2023. – 250 с.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024683359 Российская Федерация. «Техническое обслуживание и ремонт автомобилей» : № 2024682911 : заявл. 02.10.2024: опубл. 14.10.2024 / Д. А. Москвичев, А. С. Гузалов, А. В. Евграфов, Д. А. Филимонов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева».

7. Рыбаков, К. В. Автотранспортные процессы и системы / К. В. Рыбаков, О. Н. Дидманидзе. – М. : ООО «Триада», 2004. – 128 с. – ISBN 5-9546-0004-X.

8. Автотранспортные процессы и системы / В. Л. Пильщиков, Р. Н. Егоров, Г. Е. Митягин, Д. А. Москвичев. – М. : Российский государственный аграрный университет, 2025. – 94 с.

9. Коротких, Ю. С. Развитие и современное состояние автомобилизации / Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев. – М. : ООО «Автограф», 2018. – 108 с.

Об авторах:

Логачев Алексей Владимирович, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Москвичев Дмитрий Александрович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, moskvichev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Alexey V. Logachev, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Dmitry A. Moskvichev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, moskvichev@rgau-msha.ru.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ

В. О. Лымарь

Научный руководитель – Р. Н. Дидманидзе

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В современном сельском хозяйстве внедрение гибридных и электрических тракторов становится все более актуальным из-за растущего интереса к устойчивому развитию и снижению воздействия на окружающую среду. Электрификация и гибридизация сельскохозяйственной техники обещают снизить выбросы углерода, уменьшить потребление ископаемого топлива и снизить уровень шума. Наряду с выполнением механизированных работ в сельскохозяйственном производстве, классический трактор не редко эксплуатируется в составе с прицепами, разбрасывателями удобрений, тем самым реализует транспортные задачи, которые требуют оптимальных управленческих решений. В то же время такие инновации сталкиваются с рядом проблем, таких как высокая стоимость первоначальной инвестиции, сложность обслуживания, а также вопрос о доступности инфраструктуры для зарядки. Одна из ключевых проблем при оценке эффективности гибридных и электрических тракторов в условиях сельского хозяйства заключается в балансе между экономическими и экологическими аспектами.

Ключевые слова: сельское хозяйство, гибридные установки, технологии.

APPLICATION OF HYBRID ENERGY MEANS ACCORDING TO ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASPECTS

V. O. Lymar

Scientific advisor – R. N. Didmanidze

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. In modern agriculture, the introduction of hybrid and electric tractors is becoming increasingly relevant due to the growing interest in sustainable development and reducing environmental impact. The electrification and hybridization of agricultural machinery promise to reduce carbon emissions, decrease fossil fuel consumption, and lower noise levels. In addition to performing mechanized tasks in agricultural production, classic tractors are often used in conjunction with trailers and fertilizer spreaders, thereby fulfilling transportation tasks that require optimal management solutions. At the

same time, such innovations face a number of challenges, such as the high cost of initial investment, the complexity of maintenance, and the availability of charging infrastructure. One of the key issues in evaluating the effectiveness of hybrid and electric tractors in agriculture is the balance between economic and environmental aspects.

Keywords: agriculture, hybrid systems, technology.

В последнее время экологические вопросы все больше интересуют мировое научное сообщество [1]. С изменением климата политика лидирующих стран мира направлена на сокращение выбросов парниковых газов, источниками которых выступают в первую очередь тепловые станции, промышленные предприятия, транспорт и сельское хозяйство [2]. Ниже приведена таблица выбросов парниковых газов в мире (таблица 1). В 2024 году количество выбросов повысилось не сильно, за счет замедления экономики Китая и ЕС, а также этот год является предварительной оценкой, но основан на полных данных по ключевым секторам.

Таблица 1 – Глобальные выбросы парниковых газов

Год	Выбросы парниковых газов (гигатонн CO ₂ -экв./год)
2020	51,8
2021	53,6
2022	54,9
2023	55,7
2024	55,8

Ведущие мировые производители тракторов прорабатывают вопрос использования как электрических, так и различных альтернативных схем – в частности, гибридных [3]. Гибридная установка на сегодняшний день обладает рядом преимуществ, из которых можно выделить: увеличение крутящего момента при трогании с места и изменении скорости, оптимизацию расхода топлива [4]. Однако данная система имеет и ряд недостатков, из которых можно выделить высокую стоимость, использование дорогостоящих компонентов, связанных с наличием электрогенератора, силового инвертора, сложность обслуживания, а также вопрос о доступности инфраструктуры. Данная система также не позволяет избавиться от вибраций, и шумов ДВС полностью. Главной проблемой при оценке эффективности является баланс между экономическими и экологическими аспектами. Воздействие электрических и гибридных тракторов на развитие сельского хозяйства показано в таблице 2

Таблица 2 – Влияние гибридных и электрических тракторов на сельское хозяйство

Параметры	Гибридные и электрические тракторы
Устойчивость	Снижение выбросов парниковых газов, сокращение использования ископаемого топлива
Уровень шума	Уменьшение звукового воздействия
Экономический баланс	Важность соотношения стоимости покупки и экономии топлива
Инфраструктура	Требуется доступность зарядных станций
Инновации	Преимущества и трудности в обслуживании и использовании

Эффективность гибридных установок рассмотрим на примере трактора Zoomlion DV3504 (рисунок 1). Предназначен для выполнения энергоемких сельскохозяйственных работ в тяговом и тягово-приводном режимах в составе широкозахватных и комбинированных агрегатов, в том числе при эшелонированной навеске, на основной и предпосевной обработке почвы, посеве зерновых и других культур, заготовке кормов, уборке корнеплодов, зерновых и технических культур.



Рисунок 1 – Трактор Zoomlion DV3504

Принцип работы трактора заключается в том, что после 10-литрового дизельного двигателя, на маховике установлен генератор, заряжающий литиевую батарею. Машина имеет полный привод, который автоматически включается, в зависимости от положения передних колес, а также имеет принудительную блокировку переднего и заднего мостов [5]. В конструкции трактора отсутствует привычная коробка передач, вместо нее используется редуктор.

Батарея разработана по технологии лучших производителей электромобилей и состоит из нескольких соединенных ячеек. Трактор оснащен интеллектуальной системой зарядки, которая выявляет разряженные ячейки и заряжает их отдельно, предотвращая перегрев. Дополнительно предусмотрена система охлаждения аккумулятора, а также отдельные системы охлаждения двигателя и генератора [6].

На данный момент Zoomlion с гибридной установкой обойдется на 15...20 % дороже аналогичного трактора на ДВС. Но эта инновация позволит экономить до 20 % топлива при условиях полной загрузки.

Гибридные тракторы станут прорывом на рынке тракторного машиностроения. Эта технология, в первую очередь, позволит убрать человеческий фактор при работе со сложными агрегатами, так как для управления трактора используется джойстик и оператору нужно всего лишь выбрать режим работы. Если мы возьмем механические трансмиссии или трансмиссию PST – оператору необходимо иметь опыт и понимание при каких оборотах двигателя и на какой передаче он получит необходимую производительность, и при этом не превысит норму по расходу топлива. Гибридная компоновка обладает и большей надежностью по сравнению с механической или гидравлической трансмиссией, позволяя при этом экономить топливо [7-10].

Единственным недостатком гибридного привода сейчас является только небольшой период времени работы этой технологии на российских полях. Нужно время для того, чтобы научиться правильно её эксплуатировать и ремонтировать

Для сравнения взят период использования 10 лет, при средней продолжительности рабочего дня (8 часов) и количества рабочих дней в месяц (20 дней) общая наработка составила 19200 часов. Ресурс двигателя трактора до капитального ремонта – 8000 моточасов, ресурс топливной аппаратуры – 6000 моточасов (таблица 3).

Таблица 3 – Сводная таблица затрат на эксплуатацию тракторов с различными типами энергетических установок.

Наименование критерия	Затраты, тыс. руб.		
	Трактор с ДВС	Трактор с КЭУ	
		Послед. схема	Паралл. Схема
Первоначальная стоимость	1400	2000	2000
Расход топлива, в час	6 литров дизельного топлива	6 литров дизельного топлива	5 литров дизельного топлива
Расходы на топливо в час	0,456*	0,456*	0,380*
Срок эксплуатации, лет	10		
Продолжительность работы за срок эксплуатации, часов	19200		
Затраты на топливо за весь срок эксплуатации	$19200 \cdot 0,456 = 8755,2$	$19200 \cdot 0,456 = 8755,2$	$19200 \cdot 0,380 = 7296$
Техническое обслуживание каждые 125 моточасов	20		
Затраты на ТО всего за 10 лет	$19200/125 \cdot 20 = 3072$		
Текущий ремонт всего за 10 лет:			
-ремонт топливной аппаратуры	150	150	50
-замена сцепления	80	80	0
-ремонт тормозной системы	30	30	15
-ремонт КПП	80	80	0
Кап. Ремонт энергетической установки	$120 \cdot 4 = 480$	$200 \cdot 2 + 480 = 880$	$200 \cdot 2 + 480 = 880$
Всего затрат	14067,2	15067,2	13333
Приведенные затраты на 1 час работы трактора	0,73	0,78	0,69

* Цена одного литра дизельного топлива – 76 руб.

Заключение

В заключение можно сказать, что при применении сравнительной оценки результатов расчёта затрат при эксплуатации тракторов за 10 лет, мы выявили: средний расход при выполнении транспортных работ составляет 6 литров дизельного топлива в час. При стоимости в 76 руб. за литр это примерно 0,456 тыс. руб.

10 лет владения трактором с гибридной установкой позволяют уменьшить затраты на 734,2 тысяч рублей. Так же увеличится ресурс систем трактора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алхамад Алхадж Драй, А. Результаты оптимизации уборочно-транспортного комплекса по уборке хлопка в условиях Сирийской Арабской Республики / А. Алхамад Алхадж Драй, Н. А. Майстренко, В. И. Балабанов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». – 2018. – № 1(83). – С. 48-51. – DOI 10.26897/1728-7936-2018-1-48-51.
2. Дидманидзе, Р. Н. Обоснование методов оптимального моделирования производственных процессов / Р. Н. Дидманидзе // Международный технико-экономический журнал. – 2018. – № 2. – С. 66-71.
3. Основы применения теории массового обслуживания для процессов возделывания сельскохозяйственных культур / В. П. Чайка, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк [и др.]. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Автограф», 2018. – 200 с.
4. Сотрута, А. А. Перспективы производства беспилотных тракторов в России / А. А. Сотрута, Н. А. Иванова // Прикладные информационные системы в технологиях наземного транспорта (машиностроение): материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Таганрог, 2021). – С. 95-98.
5. Moawad, A. Effect of Electric Drive Vehicle Technologies on Fuel Efficiency – Final Report / A. Moawad, A. Rousseau. – August 2012. – Report No. DOT HS 811 668. – Argonne, IL: Argonne National Laboratory.
6. Раков, В. А. Анализ экономической эффективности применения гибридного и электрического двигателей в тракторах / В. А. Раков, В. И. Литвинов // АгроЗооТехника. – 2020. – Т. 3, № 3. – С. 5. – DOI: 10.15838/alt.2020.3.3.5.
7. Дидманидзе, О. Н. Моделирование производственных процессов по заготовке зеленых кормов / О. Н. Дидманидзе, Б. Е. Тыныштыкбаев, С. М. Мусипов. – М. : Инженерно-экономический институт, 1999. – 120 с.
8. Оценка технического состояния машины по данным ее системы управления / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Н. Н. Пуляев // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2021. – С. 10-19.
9. Оптимизация производственных процессов в плодово-ягодных питомниках / А. А. Зангиев, О. Н. Дидманидзе, В. С. Иволгин, А. Н. Синалеев. – М. : Агроконсалт, 2002. – 148 с. – ISBN 5-94325-021-2.
10. Работоспособность технических систем : учебник для ВУЗов по изучению дисциплины / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2022. – 379 с.

Об авторах:

Лымарь Владислав Олегович, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), Vlymar595@gmail.com.

Научный руководитель – Дидманидзе Ремзи Назирович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат экономических наук, rdidmanidze@rgau-msha.ru.

About the authors:

Vladislav O. Limar, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Vlymar595@gmail.com.

Scientific advisor – Remzi N. Didmanidze, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Economics Sciences, rdidmanidze@rgau-msha.ru.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОПИЛОТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КУКУРУЗЫ В ЗАМБИИ

Н. А. Майстренко, Ч. Тембо

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Применение технологий автопилота в сельском хозяйстве имеет потенциал для революции в методах ведения сельского хозяйства, особенно в развивающихся странах, таких как Замбия, где кукуруза является важным продуктом питания. В данном исследовании рассматривается интеграция систем автопилота Trimble в выращивание кукурузы в Замбии.

Ключевые слова: системы автопилота, прецизионное сельское хозяйство, технологии Trimble, кукурузоводство, Замбия, GPS-наведение, технология переменной нормы (VRT), управление водными ресурсами, повышение урожайности, устойчивое сельское хозяйство.

USE OF AUTOPILOTS IN CULTIVATING CORN IN ZAMBIA

N. A. Maistrenko, Ch. Tembo

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The application of autopilot technologies in agriculture has the potential to revolutionize farming practices, especially in developing countries like Zambia, where maize is an important food crop. This study explores the integration of Trimble autopilot systems into maize farming in Zambia.

Keywords: autopilot systems, precision agriculture, Trimble technologies, maize farming, Zambia, GPS guidance, variable rate technology (VRT), water management, yield enhancement, and sustainable agriculture.

Введение

Кукуруза является основным продуктом питания в Замбии, играющим ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности страны, ее экономике и сельских районах. Однако сектор кукурузоводства Замбии сталкивается с многочисленными проблемами, такими как непредсказуемая погода, ограниченный доступ к современным сельскохозяйственным технологиям и неэффективные традиционные методы ведения сельского хозяйства. В условиях роста населения и угрозы изменения климата растет потребность в оптимизации сельскохозяйственной продуктивности с помощью технологических инноваций [3].

Цель исследований – обоснование технологии возделывания кукурузы на зерно, разработка технологической карты и оценка потребности в ресурсах. Рассматривается производство кукурузы на площади 1500 га при урожайности 25 т/га с использованием современного машинно-тракторного парка.

Методы исследований – внедрение новых и усовершенствованных тракторов делает посев семян кукурузы, прополку кукурузной фермы, применение пестицидов к растениям кукурузы, сбор урожая кукурузных початков и обмолот кукурузы более быстрыми и эффективными.

Научная новизна. Применение автопилотов при выращивании кукурузы в Замбии является многообещающей инновацией, которая объединяет технологии с сельским хозяйством, предлагая решения, повышающие эффективность, продуктивность и экологичность.

Использование GPS-автопилотов позволяет сократить перекрытия и пропуски, повысить точность посева и внесения удобрений. В результате выживаемость растений увеличивается на 12...15 %, а применение технологии переменной нормы (VRT) снижает расход удобрений на 18...22 %. Системы управления орошением позволяют сократить расход воды до 25 %.

Расчёты показывают, что при использовании автопилота общая продолжительность работ сокращается почти в два раза, снижаются затраты труда и топлива, а производственная эффективность значительно возрастает. В качестве оптимального решения рекомендована система автопилота Trimble CFX-750 [4].

Внедрение автопилотных систем, несмотря на высокие первоначальные затраты, является перспективным направлением развития сельского хозяйства Замбии и способствует повышению устойчивости и рентабельности производства кукурузы.

Таблица 1 – Сравнение расчётных показателей технологии возделывания кукурузы

Показатель	Без автопилота	С автопилотом Trimble
Площадь возделывания, га	1500	1500
Урожайность, т/га	22,0	25,0
Валовой сбор зерна, т	33 000	37 500
Затраты труда, чел.-ч	≈ 6 800	3 645
Затраты труда на 1 га, чел.-ч/га	≈ 90	46,1
Расход топлива, кг	≈ 82 000	65 858
Расход удобрений	100 %	78–82 %
Расход воды	100 %	≈ 75 %
Продолжительность работ	100 %	≈ 50 %
Точность выполнения операций	Средняя	Высокая (GPS)

Вывод

Проведённый анализ технологических и расчётных показателей возделывания кукурузы на зерно подтверждает высокую эффективность применения систем автопилота Trimble в условиях сельского хозяйства Замбии. Сравнение по-

казателей при традиционной технологии и при использовании автопилота, представленное в таблице, наглядно демонстрирует значительное улучшение производственных, ресурсных и организационных параметров.

Прежде всего, использование автопилота обеспечивает рост урожайности кукурузы с 22,0 до 25,0 т/га, что приводит к увеличению валового сбора зерна с 33 000 до 37 500 т при неизменной площади посевов. Это свидетельствует о более равномерном посеве, точном соблюдении агротехнических требований и снижении потерь урожая.

Существенно сокращаются трудовые затраты. Общие затраты труда уменьшаются почти в два раза – с примерно 6 800 до 3 645 чел.-ч, а затраты труда на 1 га снижаются с около 90 до 46,1 чел.-ч/га. Это объясняется уменьшением перекрытий и пропусков, повышением производительности машинно-тракторных агрегатов и снижением утомляемости операторов.

Применение автопилота также положительно влияет на расход топлива и материальных ресурсов. Согласно таблице, расход топлива сокращается с примерно 82 000 до 65 858 кг, а использование технологии переменной нормы внесения позволяет снизить расход удобрений до 78...82 % от базового уровня. Кроме того, внедрение систем управления орошением обеспечивает снижение потребления воды примерно до 75 % по сравнению с традиционной технологией, что особенно важно в условиях дефицита водных ресурсов.

Одним из ключевых результатов является сокращение общей продолжительности полевых работ почти в два раза. Это повышает своевременность выполнения агротехнических операций, снижает зависимость от погодных условий и улучшает организацию производственного процесса.

Таким образом, данные таблицы подтверждают, что внедрение систем автопилота Trimble обеспечивает комплексный положительный эффект: повышение урожайности, снижение затрат труда, топлива, удобрений и воды, а также рост общей эффективности производства. Несмотря на высокие первоначальные инвестиции, применение автопилотных систем является экономически и технологически целесообразным и может быть рекомендовано для широкого внедрения в хозяйствах, специализирующихся на производстве кукурузы в Замбии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Министерство сельского хозяйства Замбии. Внедрение технологий точного земледелия в Замбии : обзор / Министерство сельского хозяйства Замбии. – Лусака, Замбия : Министерство сельского хозяйства, 2023.
2. Влияние точного земледелия на мелкие фермерские хозяйства в Замбии : тематические исследования и аналитические материалы / Университет Замбии, факультет сельскохозяйственной инженерии. – Лусака, Замбия : Университет Замбии, 2022.
3. Роль систем GPS-навигации в повышении урожайности сельскохозяйственных культур в Замбии / Замбийский институт сельскохозяйственных исследований (ZARI). – Лусака, Замбия : ZARI, 2023.

4. Trimble Inc. Системы автопилота Trimble в точном земледелии: глобальное влияние и применение на местах / Trimble Inc. – 2023.

5. Трухачев, В. И. Какие сельскохозяйственные тракторы нужны завтра России? / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар : сборник статей, Москва, 22-24 января 2020 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2020. – С. 11-19.

6. Всемирный банк. Технологии для сельского хозяйства: повышение продовольственной безопасности в Африке / Всемирный банк. – Вашингтон, Округ Колумбия : Группа Всемирного банка, 2021.

7. Точное земледелие для мелких фермеров: возможности и проблемы / Продовольственная и сельскохозяйственная организация (ФАО). – Рим, Италия : Публикации ФАО, 2022.

8. Работоспособность технических систем : Учебник для ВУЗов по изучению дисциплины / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2022. – 379 с.

Об авторах:

Майстренко Николай Александрович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, nmaystrenko@rgau-msha.ru.

Чиланду Тембо, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), chilandutembo@gmail.com.

About the authors:

Nikolay A. Mystrenko, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, nmaystrenko@rgau-msha.ru.

Chilandu Tembo, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), chilandutembo@gmail.com.

СПОСОБ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

В. Д. Малышев

Научный руководитель - В. М. Корнеев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Изучены факторы, влияющие на эффективность гидродинамической очистки и установлена их весомость. Показана целесообразность повышения эффективности воздействия струи моющей жидкости на очищаемую поверхность за счет создания в потоке явления гидродинамической кавитации.

Ключевые слова: загрязнение, гидродинамическая очистка мониторинная машина, насадок, гидродинамическая кавитация.

METHOD FOR INTENSIFYING HYDRODYNAMIC PURIFICATION

V. D. Malyshev

Scientific advisor – V. M. Korneev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The factors affecting the efficiency of hydrodynamic cleaning have been studied and their importance has been established. The expediency of increasing the effectiveness of the detergent jet on the cleaned surface by creating the phenomenon of hydrodynamic cavitation in the flow has been shown.

Keywords: contamination, hydrodynamic cleaning, monitor machine, nozzle, hydrodynamic cavitation.

Сельскохозяйственная техника, поступающая на ремонтно-обслуживающие предприятия, имеет на наружных поверхностях разнообразные по составу, свойствам, толщине и прочности сцепления загрязнения. Наличие этих загрязнений приводит к разрушению лакокрасочных покрытий, способствует развитию коррозионных процессов, снижает культуру ремонтно-обслуживающего производства и производительность труда, ухудшает точность контрольно-регулирующих работ и в конечном счете снижает надежность и ресурс отремонтированных машин [1, 2]. Таким образом, проблема достижения высокого качества очистки при техническом обслуживании и ремонте машин является весьма актуальной и имеет практическое значение.

В системе технического сервиса для удаления загрязнений с наружных поверхностей машин широко применяются мониторные моечные машины высокого давления, реализующие способ гидродинамической очистки. Сущность гидродинамической очистки заключается в объемной подаче на очищаемую поверхность моющей жидкости в пределах $0,25 \dots 3,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ с температурой $20 \dots 80^\circ\text{C}$ и под давлением $3,5 \dots 15,0 \text{ МПа}$. При этом качество очистки зависит от четырех основных факторов, которые можно представить в виде функции [3]:

$$K = f(M_1, M_2, M_3, M_4) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где M_1 – фактор механического воздействия струи моющей жидкости;

M_2 – фактор химической активности моющего раствора;

M_3 – фактор температуры моющего раствора;

M_4 – фактор времени воздействия струи жидкости на очищаемую поверхность.

Установлено, что на эффективность удаления загрязнений с очищаемых поверхностей наиболее существенное влияние оказывает механический фактор (таблица 1).

Таблица 1 – Весомость факторов, влияющих на качество гидродинамической очистки

Наименование фактора	Степень влияния фактора, %
Фактор механического воздействия	40
Фактор химической активности	30
Фактор температуры	20
Фактор времени воздействия	10

При гидродинамической очистке механический фактор проявляется как сила удара струи моющей жидкости о загрязненную поверхность [4]:

$$P = mv(1 - \cos\alpha)\gamma, \quad (2)$$

где m – секундная масса моющей жидкости, кг/с;

v – скорость потока моющей жидкости, м/с;

α – угол падения моющей струи, рад;

γ – коэффициент, учитывающий изменение силы удара моющей струи при удалении очищаемой поверхности от насадка.

Загрязнения будут удаляться с очищаемой поверхности только в том случае, если сила удара струи превысит силу адгезии частиц загрязнения к металлической поверхности [5]:

$$P \geq P_{адг}, \quad (3)$$

где P – сила гидродинамического удара струи, Н;

$P_{адг}$ – сила адгезии, Н.

Из анализа зависимости (3) следует, что для достижения высокого качества наружной очистки необходимо повысить интенсивность воздействия струи моющей жидкости на частицы загрязнения, т.е. ее кинетическую энергию. Повысить кинетическую энергию можно с помощью различных устройств и процессов [5, 6]. Среди них перспективным направлением в повышении эффективности наружной очистки является создание кавитационного процесса в потоке моющей

жидкости. Это обеспечивается путем замены штатного насадка в пистолете-распылителе мониторинной моечной машины на кавитационный насадок. Назначение кавитационного насадка – создание условий для генерирования и переноса кавитационных пузырьков к очищаемой поверхности.

Кавитационный насадок представляет собой коническое входное сечение с цилиндрическим участком, создающим резкое ограничение проточного тракта вниз по потоку с увеличением скорости потока жидкости и камерой-резонатором Гельмгольца с последующим переходом к расширяющемуся коническому диффузору.

Принцип работы кавитационного насадка основан на образовании в потоке моющей жидкости кавитационных пузырьков и их схлопывании при встрече с очищаемой поверхностью. Процесс схлопывания сопровождается образованием кумулятивных струй, вызывающих эрозионное разрушение загрязнений.

При проведении лабораторных испытаний использовался кавитационный насадок с диаметром выходного отверстия 1,5 мм. Исследования показали, что остаточная загрязненность при очистке кузова автомобиля от адсорбционно-связанных с металлической поверхностью удобрений составила 12 г/м², что соответствует регламентированному значению качества очистки. На основании исследования определен рациональный режим очистки: концентрация моющего средства Темп-100 в растворе 8 г/л, температура моющего раствора 45°С, давление струи 18 МПа, расстояние от насадка до очищаемой поверхности 200 мм, угол атаки струи 90°.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тельнов, Н. Ф. Технология очистки сельскохозяйственной техники / Н. Ф. Тельнов. – М. : Колос, 1983. – 256 с.
2. Козлов, Ю. С. Очистка изделий в машиностроении / Ю. С. Козлов, О. К. Кузнецов, А. Ф. Тельнов. – М. : Машиностроение, 1982. – 261 с.
3. Корнеев, В. М. Повышение эффективности наружной очистки машин / В. М. Корнеев // Чтение академика В. Н. Болтинского: сборник статей. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2025. – С. 202-206.
4. Денисов, В. А. Теоретические предпосылки интенсификации гидродинамической очистки наружных поверхностей машин / В. А. Денисов, Ю. В. Катаев, А. В. Корнеев // Технический сервис машин. – 2024. – Т. 62, № 4. – С. 65-69.
5. Оценка технического состояния машины по данным ее системы управления / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Н. Н. Пуляев // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2021. – С. 10-19.
6. Корнеев, Н. В. Способы интенсификации процесса очистки деталей в погружных моечных машинах / Н. В. Корнеев // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2024. – № 9. – С. 26-32.

Об авторах:

Малышев Вячеслав Дмитриевич, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), Viacheslav.work@mail.ru.

Научный руководитель – Корнеев Виктор Михайлович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, доцент, tsmo@rgau-msha.ru.

About the authors:

Vyacheslav D. Malyshev, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Viacheslav.work@mail.ru.

Scientific advisor – Victor M. Korneev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, tsmo@rgau-msha.ru.

ФОРМИРОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ С ГИБРИДНЫМИ СИЛОВЫМИ УСТАНОВКАМИ

П. О. Мельников, Н. С. Севрюгина

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается проблема обслуживания тракторов с гибридными силовыми установками (ГСУ) в условиях современного сельского хозяйства. Подчеркивается, что традиционные технологические карты, разработанные для двигателей внутреннего сгорания (ДВС), не учитывают специфику работы и обслуживания гибридных систем. В работе сформулированы принципы формирования таких карт (комплексность, специфичность, визуализация, актуальность, детализация, безопасность, модульность), а также представлена структура их содержания – от анализа технической документации до обучения персонала и оснащения сервисных центров.

Ключевые слова: гибридная силовая установка (ГСУ), трактор, сельское хозяйство, техническое обслуживание, технологические карты, диагностика, безопасность персонала, высоковольтные системы.

FORMATION OF ADDITIONAL TECHNOLOGY CARDS FOR TRACTOR SERVICE WITH HYBRID POWER PLANT

P. O. Melnikov, N. S. Sevryugina

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article addresses the issue of servicing tractors with hybrid power units (HPU) in the context of modern agriculture. It is emphasized that traditional maintenance workflow charts developed for internal combustion engines (ICE) do not take into account the specifics of operation and maintenance of hybrid systems. The paper formulates the principles for developing such workflow charts (comprehensiveness, specificity, visualization, relevance, detail orientation, safety, modularity) and also presents the structure of their content – from technical documentation analysis to staff training and equipping service centers.

Keywords: hybrid power unit (HPU), tractor, agriculture, maintenance, workflow charts, diagnostics, personnel safety, high-voltage systems.

Введение

Современное сельское хозяйство стремится к повышению эффективности, к снижению расходов и минимизации воздействия на окружающую среду [1]. С

связи с этими факторами трактора с гибридными силовыми установками становятся все более востребованными. Однако, внедрение новых технологий влечет за собой необходимость адаптации существующих процессов обслуживания и ремонта. Традиционные технологические карты, разработанные для ДВС, не в полной мере охватывают специфику обслуживания компонентов гибридной специализированных технологических карт, которые обеспечат корректное и эффективное техническое обслуживание тракторов с ГСУ.

1. Необходимость формирования дополнительных технологических карт [2].

Гибридная силовая установка трактора представляет собой комплекс взаимосвязанных компонентов, каждый из которых требует особого подхода к обслуживанию. Существующие технологические карты, как правило, ориентированы на обслуживание только ДВС и механических узлов. Они не содержат информации о:

- специфических процедурах диагностики и обслуживания электрических компонентов: состояния батареи, методах проверки изоляции, работы инвертора и т.д.
- регламентах замены и утилизации специфических компонентов: аккумуляторных батарей, которые требуют особых условий утилизации.
- особенностях эксплуатации и обслуживания в различных режимах работы.
- требованиях к безопасности при работе с высоковольтными системами: использование специализированного инструмента, протоколы отключения питания и средств индивидуальной защиты.
- программном обеспечении и диагностических инструментах для ГСУ: мониторинга параметров работы, необходимости использования специализированного ПО для считывания кодов ошибок и обновления прошивок.

Игнорирование этих аспектов может привести к:

- повреждению дорогостоящих компонентов;
- угрозе безопасности персонала;
- некорректной диагностике и ремонту;
- снижению срока службы техники;
- аннулирование гарантии.

3. Принципы формирования дополнительных технологических карт [3].

Формирование дополнительных технологических карт должно основываться на следующих принципах:

- комплексность: охват всех компонентов гибридной системы, включая электрические, электронные и связанные с ними механические узлы;
- специфичность: учет особенностей конкретной модели трактора и типа гибридной установки (последовательная, параллельная, смешанная);
- визуализация: использование схем, диаграмм, фотографий для лучшего понимания процедур;
- актуальность: регулярное обновление карт в соответствии с изменениями в конструкции, рекомендациями производителя и появлением новых диагностических методов;

- детализация: подробное описание каждой операции, включая последовательность действий, используемый инструмент, измерительные приборы, нормы и допуски;
- безопасность: приоритет безопасности персонала: четкое указание мер предосторожности, протоколов отключения высоковольтных систем, использования СИЗ;
- модульность: возможность использования карт как самостоятельных документов, так и в качестве дополнений к существующим картам обслуживания ДВС и трансмиссии.

4. Структура и содержание дополнительных технологических карт [4].

Дополнительные технологические карты могут быть организованы по следующим разделам или в виде отдельных карт для каждого компонента/системы:

- методы разработки и внедрения технологических карт;
- анализ технической документации производителя: изучение руководств по эксплуатации, ремонту и диагностике гибридных тракторов;
- сотрудничество с производителями: получение консультаций, участие в обучении специалистов;
- опыт эксплуатации: сбор информации о типовых неисправностях и особенностях обслуживания гибридных тракторов в реальных условиях;
- привлечение квалифицированных специалистов: инженеров-электриков, специалистов по гибридным системам;
- разработка пилотных версий карт: тестирование на реальной технике, сбор обратной связи;
- обучение персонала: проведение специализированных курсов и тренингов для механиков и диагностов по работе с высоковольтными системами и гибридными компонентами;
- оснащение сервисных центров: приобретение необходимого специализированного инструмента, диагностического оборудования и средств индивидуальной защиты;
- систематизация и хранение карт: создание удобной системы доступа к технологическим картам (электронные базы данных, печатные версии);
- регулярный пересмотр и обновление: внесение изменений в карты по мере появления новых моделей, технологий или рекомендаций производителя.

5. Экономическая эффективность и перспективы [5-7].

Внедрение дополнительных технологических карт обслуживания тракторов с гибридными силовыми установками принесет экономические выгоды и открывает новые перспективы:

- снижение эксплуатационных расходов;
- оптимизация расхода топлива;
- повышение безопасности труда;
- сохранение гарантии производителя;
- повышение производительности и надежности техники;
- улучшение экологических показателей;
- увеличение срока службы компонентов;
- снижение затрат на ремонт;

- развитие компетенций персонала;
- конкурентное преимущество.

Перспективы развития [8, 9]:

- стандартизация: разработка отраслевых стандартов для обслуживания гибридных тракторов, что упростит обучение и унифицирует подходы к ремонту;
- автоматизация диагностики: интеграция диагностических систем с технологическими картами, позволяющая автоматически генерировать рекомендации по обслуживанию на основе данных телеметрии;
- развитие удаленного мониторинга и обслуживания: использование телематических систем для удаленного контроля состояния гибридных компонентов и планирования профилактического обслуживания;
- модульные и адаптивные карты: создание гибких технологических карт, которые могут адаптироваться к различным конфигурациям гибридных систем и условиям эксплуатации;
- расширение спектра гибридных решений: по мере развития технологий и появления новых типов гибридных силовых установок (например, с водородными топливными элементами), потребуются дальнейшее расширение и детализация технологических карт;
- экологическая ответственность: усиление внимания к вопросам утилизации и переработки компонентов гибридных систем, особенно аккумуляторных батарей, с включением соответствующих процедур в технологические карты.

Заключение

Формирование дополнительных технологических карт обслуживания тракторов с гибридными силовыми установками является не просто желательным, а важным шагом для внедрения и эксплуатации этой передовой техники в сельском хозяйстве. Эти карты обеспечивают, повышают эффективность и надежность работы тракторов, а также способствуют снижению эксплуатационных расходов и улучшению экологических показателей, безопасность персонала, продлевают срок службы дорогостоящих компонентов.

Инвестиции в разработку, внедрение и постоянное обновление таких карт, а также в обучение персонала, окупятся за счет повышения производительности, снижения рисков и укрепления позиций в условиях развивающегося агропромышленного комплекса. Гибридные тракторы – это будущее сельского хозяйства и правильное технологическое сопровождение их обслуживания является залогом успешного перехода к эффективным и устойчивым методам ведения агробизнеса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белозеров, А. Р. Совершенствование технического обслуживания гибридного трактора / А. Р. Белозеров // Вестник аграрной науки. – 2023. – № 5(110). – С. 45-52.

2. Москвичев, Д. А. Особенности метода технического обслуживания модульных транспортных средств / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Технико технологические проблемы сервиса. – 2019. – № 2(48). – С. 17-19.
3. Ртищева, Н. Е. Электрический трактор: особенности конструкции и перспективы развития / Н. Е. Ртищева, Н. Н. Пуляев, А. С. Гузалов // Journal of Agriculture and Environment. – 2022. – № 8(28). – DOI 10.23649/jae.2022.28.8.015.
4. Дидманидзе, О. Н. Современные тенденции развития силовых установок сельскохозяйственной техники / О. Н. Дидманидзе. – М. : Издательство МСХА, 2021. – 184 с.
5. Оценка качества услуг по техническому обслуживанию и ремонту автотранспорта / Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова [и др.]. – М. : ООО «Издательство «Спутник+», 2021. – 172 с. – ISBN 978-5-9973-6210-2.
6. Цифровые технологии проектирования процессов в АПК / П. В. Голицкий, У. Ю. Антонова, Э. И. Черкасова [и др.]. – Саратов : Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2023. – 187 с. – ISBN 978-5-00207-374-0.
7. Севрюгина, Н. С. Системный подход к оценке влияния эргономических показателей транспортных машин на эффективность технического сервиса / Н. С. Севрюгина // Безопасность труда в промышленности. – 2010. – № 7. – С. 56-59.
8. Формирование придорожных сервисных комплексов как компонента транспортно-логистического кластера в общей системе инновационного развития региона / С. Н. Глаголев, Н. С. Севрюгина, Н. В. Козлова, А. А. Конев // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 11. – С. 42-44.
9. Фоменко, Ю. В. К вопросу о перспективах развития придорожного сервиса автомобильного транспорта в РФ / Ю. В. Фоменко, Н. С. Севрюгина, А. А. Ширшов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 3. – С. 254-256.

Об авторах:

Мельников Павел Олегович, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Севрюгина Надежда Савельевна, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, доцент, svan0000@mail.ru.

About the authors:

Pavel O. Melnikov, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Nadezhda S. Sevryugina, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, sevryuginans@rgau-msha.ru.

ПРИЧИНЫ СНИЖЕНИЯ ЭДС ЛИТИЙ-ИОННОГО АККУМУЛЯТОРА ПРИ ЕГО РАЗРЯДЕ

Т. В. Меркелова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются термодинамические, кинетические и эксплуатационные механизмы работы литий-ионного аккумулятора и их влияние на ЭДС.

Ключевые слова: аккумулятор, ЭДС, интеркаляция, электрическая энергия, электрохимическая термодинамика, анод, катод.

REASONS FOR REDUCING THE EMF OF A LITHIUM-ION BATTERY DURING ITS DISCHARGE

T. V. Merkelova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article discusses the thermodynamic, kinetic, and operational mechanisms of a lithium-ion battery and their impact on the EMF.

Keywords: battery, EMF, intercalation, electrical energy, electrochemical thermodynamics, anode, cathode.

Электрический аккумулятор – это сложная электрохимическая система. Для полного понимания и возможности описания его работы, включая определение причин снижения ЭДС, падения напряжения и потери ёмкости, требуется комплексный подход, который должен включать в себя анализ как электрохимических (протекание реакций на электродах, перенос ионов) и термодинамических (равновесные потенциалы, энергетика процессов) аспектов, так и кинетических ограничений (поляризация, сопротивление) [1, 2].

Электрические аккумуляторы относятся к обратимым гальваническим элементам, так как при разряде работают как источник тока (гальванический элемент), а при зарядке как электролизёр.

Гальванический элемент – это система, которая за счет протекающих в ней химических процессов генерирует электрическую энергию.

Электролизёр – это электрохимическое устройство, в котором происходит электролиз – процесс образования химических продуктов на электродах, контактирующих со средой с ионной проводимостью, при протекании электрического тока [3].

Каждый аккумулятор состоит из нескольких ключевых компонентов: анод,

катод, электролит, сепаратор (разделитель).

Работа литий-ионного аккумулятора основана на обратимых окислительно-восстановительных реакциях, сопровождающихся процессами интеркаляции (внедрения) и деинтеркаляции (извлечения) ионов лития в кристаллические решётки электродных материалов.

Эти реакции удобно рассматривать как отдельные составляющие окислительно-восстановительного процесса на каждом электроде.

Электрохимические реакции при разряде и заряде удобно рассматривать как отдельные составляющие окислительно-восстановительного процесса на каждом электроде.

1. При разряде аккумулятора на аноде происходит окисление лития (деинтеркаляция): атомы Li в материале LiC_6 отдают электроны, превращаясь в ионы Li^+ , которые переходят в электролит, а электроны поступают во внешнюю цепь (уравнение: $\text{LiC}_6 \rightarrow \text{C}_6 + \text{Li}^+ + \text{e}^-$). Одновременно на катоде ионы Li^+ и электроны участвуют в процессе восстановления (интеркаляции), встраиваясь в кристаллическую решётку оксида кобальта с образованием LiCoO_2 (уравнение: $\text{CoO}_2 + \text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{LiCoO}_2$).

2. Суммарная реакция разряда: $\text{LiC}_6 + \text{CoO}_2 \rightarrow \text{C}_6 + \text{LiCoO}_2$.

3. При заряде процессы идут в обратном направлении: на катоде происходит окисление ($\text{LiCoO}_2 \rightarrow \text{CoO}_2 + \text{Li}^+ + \text{e}^-$), а на аноде – восстановление ($\text{C}_6 + \text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{LiC}_6$).

Таким образом, цикл «заряд-разряд» представляет собой обратимое перераспределение ионов лития между электродами с переносом электронов по внешней цепи [6].

Эти реакции непосредственно влияют на напряжение элемента (U) – разность потенциалов между электродами.

- При разряде U уменьшается. Положительный электрод (катод) снижает свой потенциал, а отрицательный (анод) – повышает относительно равновесных значений.

- При заряде процессы обратимы: U увеличивается, положительный электрод становится анодом (его потенциал растёт), а отрицательный – катодом (его потенциал снижается).

На рисунке 1 представлена динамика потенциалов на вольтамперных кривых и наглядно демонстрирует смену функций (анод/катод) одних и тех же физических электродов в зависимости от направления тока [2].

Согласно термодинамике для обратимой работы гальванического элемента необходимо выполнение двух условий:

1. Материальная обратимость: электрохимические реакции (например, $\text{LiCoO}_2 + \text{C}_6 \rightleftharpoons \text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + \text{Li}_x\text{C}_6$) должны быть полностью обратимыми, меняя направление при смене режима (разряд/заряд);

2. Энергетическая обратимость: вся энергия, затраченная при заряде, должна возвращаться при разряде (в реальности часть энергии теряется, например, на нагрев из-за сопротивления).

Работа гальванического элемента при разряде обусловлена самопроизволь-

ной окислительно-восстановительной реакцией на границах электрод/электролит. Возникающая разность потенциалов (электродвижущая сила цепи) между электродом и стандартным электродом сравнения, вызывает ток во внешней цепи.

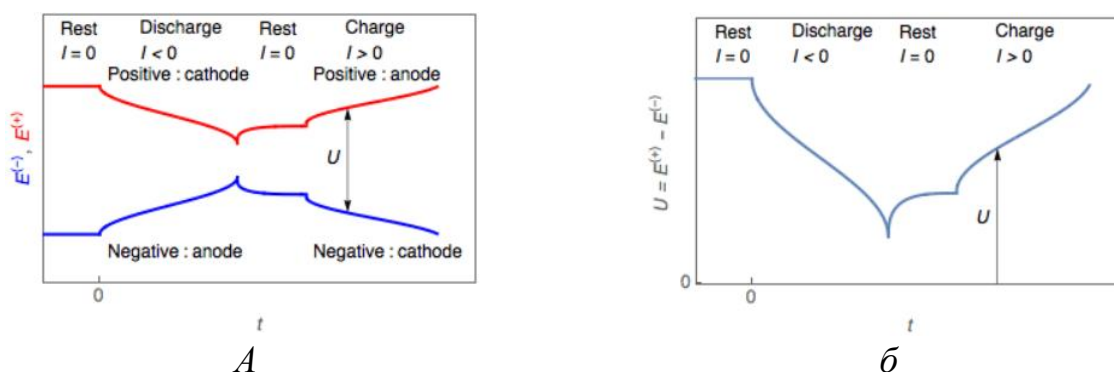


Рисунок 1 – Разряд и заряд батареи:

a – потенциальное изменение положительного и отрицательного электродов;
б – изменение напряжения батареи

Равновесный потенциал электрода (E) зависит от природы электрода, температуры и концентрации потенциалопределяющих ионов, что описывается уравнением Нернста для отдельного электрода:

$$E = E^0 + \frac{RT}{zF} \ln \frac{a_{\text{окис}}}{a_{\text{вос}}} \quad (1)$$

где E^0 – это потенциал, который принимает электрод в равновесном состоянии, когда активности окисленной и восстановленной форм равны 1 г-экв/л;

R – универсальная газовая постоянная;

T – абсолютная температура;

z – число электронов, принимающих участие в электродной реакции;

F – постоянная Фарадея;

$a_{\text{окис}}$ и $a_{\text{вос}}$ – термодинамические активности окисленной и восстановленной форм.

Из уравнения Нернста следует прямая зависимость электродного потенциала от концентрации (активности) ионов. Изменение концентраций ионов при разряде увеличивает потенциал анода и снижает потенциал катода, уменьшая ЭДС, что приводит к концентрационной поляризации.

Поляризация – это отклонение потенциала электрода от равновесного значения под действием тока. Помимо концентрационной, выделяют активационную поляризацию, вызванную ограниченной скоростью стадии переноса заряда на границе электрод/электролит. Для преодоления обеих видов поляризации и поддержания тока требуется дополнительное перенапряжение, что ведёт к снижению полезного напряжения на клеммах аккумулятора.

Термодинамические характеристики электрохимических процессов определяют, измеряя электродвижущую силу (ЭДС) обратимого гальванического элемента. На практике для измерения ЭДС используют приборы с высоким со-

противлением, что обеспечивает пренебрежимо малый ток (цепь условно разомкнута), это позволяет зафиксировать её равновесное значение ЭДС.

Измеренная ЭДС позволяет рассчитать максимальную работу электрического тока (W), отдаваемую при превращении одного моля вещества. В общем виде работа электрического тока равна:

$$W = UQ, \text{ Дж} \quad (2)$$

Для обратимого гальванического элемента в момент измерения напряжение приблизительно равно его ЭДС ($U \approx E$). Согласно закону Фарадея, заряд, соответствующий превращению одного моля вещества, составляет $Q = zF$, где z – число перенесённых электронов, F – постоянная Фарадея. Следовательно, максимальная работа:

$$W = zFE, \text{ Дж/моль} \quad (3)$$

Это соотношение и выражает связь между ЭДС и работой химического процесса, протекающего в гальваническом элементе.

В реальных условиях в аккумуляторе напряжение на клеммах (U) всегда отличается от обратимой ЭДС. Оно зависит от множества факторов, важнейшими из которых являются: состав и концентрация электролита, температура, величина и направление тока (разряд/заряд), степень заряженности (состояния заряда, SOC).

Связь между напряжением, обратимой ЭДС и током I при разряде можно представить как: $U = E^0 - E_{\text{п}} - I \cdot R$

При заряде: $U = E^0 + E_{\text{п}} - I \cdot R$,

где $E_{\text{п}}$ – ЭДС поляризации, обусловленная кинетическими ограничениями скорости электрохимических реакций;

R – внутреннее сопротивление элемента, вызывающее падение напряжения по закону Ома.

Ключевой характеристикой аккумулятора является его разрядная ёмкость (C) – максимальное количество электрического заряда (в А·ч или Кл), которое может быть отдано при полном разряде от начального до конечного напряжения. Так же ёмкость принято разделять на три основных типа: теоретическую, реальную и номинальную. Теоретическая ёмкость (C_t) рассчитывается по закону Фарадея и для сбалансированной системы определяется как среднее гармоническое ёмкостей электродов (C^- и C^+). Однако реальная ёмкость всегда меньше теоретической из-за различных потерь и зависит от условий эксплуатации, таких как сила тока и температура. На практике используется номинальная ёмкость – значение, гарантированное производителем для стандартных условий разряда.

Таким образом, ёмкость является комплексной характеристикой, описывающей как свойства отдельных активных материалов и электродов, так и аккумулятора в целом. Для сравнения систем используется удельная ёмкость – величина, отнесённая к массе или объёму.

Определение напряжения аккумулятора на клеммах является наиболее простым подходом в анализе работоспособности аккумулятора. Снижение напряжения напрямую зависит от ЭДС, что заметно из формул ($U = E^0 - E_{\text{п}} -$

$I \cdot R$), таким образом с помощью полученного значения можно определить численный показатель ЭДС и спрогнозировать его дальнейшее снижение, что позволит оценить дальнейший срок службы аккумулятора.

В заключении, на основе изложенного материала можно выделить ключевые факторы, приводящие к снижению ЭДС и, как следствие, напряжения на клеммах литий-ионного аккумулятора:

1. Кинетические факторы (поляризация);
2. Термодинамические и электрохимические факторы;
3. Эксплуатационные условия и параметры системы.

Детальное рассмотрение механизмов интеркаляции и деинтеркаляции ионов лития позволило проанализировать работу аккумулятора на уровне элементарных процессов и понять причины снижения ЭДС.

Таким образом, снижение ЭДС является комплексным результатом действия взаимосвязанных термодинамических, кинетических и эксплуатационных факторов. Их учёт необходим как для точной диагностики состояния аккумулятора по измеряемому напряжению, так и для прогнозирования его ресурса и разработки эффективных систем оценки состояния аккумулятора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе, О. Н. Пути развития транспортных энергоустановок / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов. – М. : ООО «Триада», 2006. – 64 с. – ISBN 5-9546-0035-X.
2. Дидманидзе, О. Н. Использование суперконденсаторов в комбинированных энергоустановках тягово-транспортных средств / О. Н. Дидманидзе. – М. : ООО «Триада», 2004. – 160 с.
3. Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://old.bigenc.ru/> (дата обращения: 17.11.2025).
4. Водорезова, О. Ю. Практические работы по физической химии: электродвижущие силы: учебное пособие / О. Ю. Водорезова, О. В. Водянкина. – Томск : Томский государственный университет, 2017. – 136 с. – ISBN 978-5-94621-659-3.
5. Гармашова, И. В. Методические указания для самоподготовки по теме «Электрохимия» [Электронный ресурс] / И. В. Гармашова, Л. П. Даниловская. – Режим доступа: <https://old.bigenc.ru/> (дата обращения: 17.11.2025).
6. Жерин, И. И. Основы электрохимических методов анализа / И. И. Жерин, Г. Н. Амелина, А. Н. Страшко, Ф. А. Ворошилов. – Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2013. – 101 с.
7. Скундин, А. М. Литий-ионные аккумуляторы / А. М. Скундин, Т. Л. Кулова, О. Ю. Григорьева. – М.: Издательство МЭИ, 2022. – 100 с. – ISBN 978-5-7046-2634-3.
8. Анод и катод в литий-ионной батарее – работа, химические реакции и материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.large.net/news/8ru43px.html> (дата обращения: 17.11.2025).
9. Анод, катод, положительный и отрицательный: основы химии батарей

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ilpa-tech.ru/news/138-anod-katod-polozhitelnyj-i-otritsatelnyj-osnovy-khimii-batarej> (дата обращения: 17.11.2025).

Об авторе:

Меркелова Татьяна Валерьевна, соискатель, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), t.merkelova@rgau-msha.ru.

About the author:

Tatyana V. Merkelova, Applicant, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), t.merkelova@rgau-msha.ru

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРОГРАММНЫХ РЕЦЕПТОРОВ В СЛОЕ МОДУЛЯ ИМИТАЦИИ СЕТЧАТКИ НА СПОСОБНОСТЬ НЕЙРОННОЙ СЕТИ РАСПОЗНАВАТЬ ОБРАЗЫ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ В СФЕРЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

М. В. Меркелов

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье рассмотрено влияние различных фильтров в первом слое модуля имитации сетчатки на точность распознавания образов на изображениях в сфере сельского хозяйства. На основе снимков реальной сетчатки макаки и цветных светофильтров фотоаппарата был создан набор фильтров, на основе которого были подготовлены выборки для эксперимента данного исследования. В работе показаны результаты тестирования обученных на подготовленных выборках нейронных сетей. На основе результатов были выявлены и описаны закономерности, позволяющие повысить точность распознавания образов на изображениях.

Ключевые слова: распознавание образов, классификация, нейронные сети, сетчатка глаза, полносвязные нейронные сети, обучение с учителем.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF VARIOUS VARIANTS OF THE LOCATION OF SOFTWARE RECEPTORS IN THE LAYER OF THE RETINAL SIMULATION MODULE ON THE ABILITY OF THE NEURAL NETWORK TO RECOGNIZE IMAGES IN IMAGES IN THE FIELD OF AGRICULTURE

M. V. Merkelov

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract. In this article, the influence of various filters in the first layer of the retinal simulation module on the accuracy of pattern recognition in images in the field of agriculture was considered. Based on images of the macaque's real retina and the color filters of the camera, a set of filters was created, on the basis of which samples were prepared for the experiment of this study. The paper shows the results of testing neural networks trained on prepared samples. Based on the results, patterns were identified and described to improve the accuracy of pattern recognition in images.

Keywords: pattern recognition, classification, neural networks, retina, fully connected neural networks, supervised learning.

Решение задачи распознавания образов позволяет повысить точность, эффективность и устойчивость систем во многих сферах человеческой деятельности. Поэтому появляется необходимость во внедрении в сферу сельского хозяйства технологий, позволяющих различать и классифицировать объекты.

Системы, способные распознавать образы, позволят прогнозировать урожайность, обеспечить контроль за территорией и скотом, производить диагностирование болезней и вредителей, выполнять мониторинг состояния культур и почвы.

От качества работы подобных систем зависит жизнь скота, урожайность и даже здоровье потребителей сельскохозяйственной продукции, поэтому важно разрабатывать решения и методики для повышения точности распознавания образов.

В связи с этим цель настоящей работы – оценка влияния различных фильтров в первом слое модуля имитации сетчатки на точность распознавания образов на изображениях.

Описание модуля имитации сетчатки, его разработка и некоторые эксперименты, связанные с ним, представлены в работах [1-5]. Также было получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ [6].

Так как в данной работе исследуется влияние расположения рецепторов по слою сетчатки, необходимо рассмотреть литературу, в которой моделировался слой рецепторов или были использованы снимки реальной сетчатки глаза.

В статье [7] оценивалось влияние амакриновых клеток с помощью модели, созданной на основе снимка сетчатки макаки. Модель предсказывает, что усиление красно-зеленой оппонентности является одной из важных функций амакриновых клеток в пути, обеспечивающем входные данные карликовым ганглиозным клеткам в сетчатке приматов.

В статье [8] была разработана клеточная модель сетчатки приматов. В этой работе рассматриваются колбочки только двух типов и распределялись в сетчатке случайным образом, палочки не моделировались совсем.

Фоторецепторы реальной сетчатки плотно расположены друг к другу и образуют гексагональную (шестигранную) решетку [9, 10]. Мозаика расположения колбочек и палочек фиксированная, но рецепторы распределены по сетчатке неравномерно [10-12].

В статьях [13, 14] выявлено, что соотношение колбочек М- и L-типа значительно различается у разных людей с нормальным зрением (например, значения 75,8 % L-типа с 20,0 % М-типа против 50,6 % L-типа с 44,2 % М-типа у двух мужчин).

В рассмотренных моделях сетчатки авторы либо моделировали слой рецепторов по координатам колбочек и палочек с реальных снимков сетчатки (например, в [7] взят участок сетчатки макаки), либо располагали их случайным образом [8], делая упор на других слоях сетчатки, других подходов найдено не было.

На основе рассмотренных публикации и сделанных в предыдущих публикациях предположений [5] было подготовлено 93 фильтра. На рисунке 1 показаны разработанные в данной работе варианты фильтров.

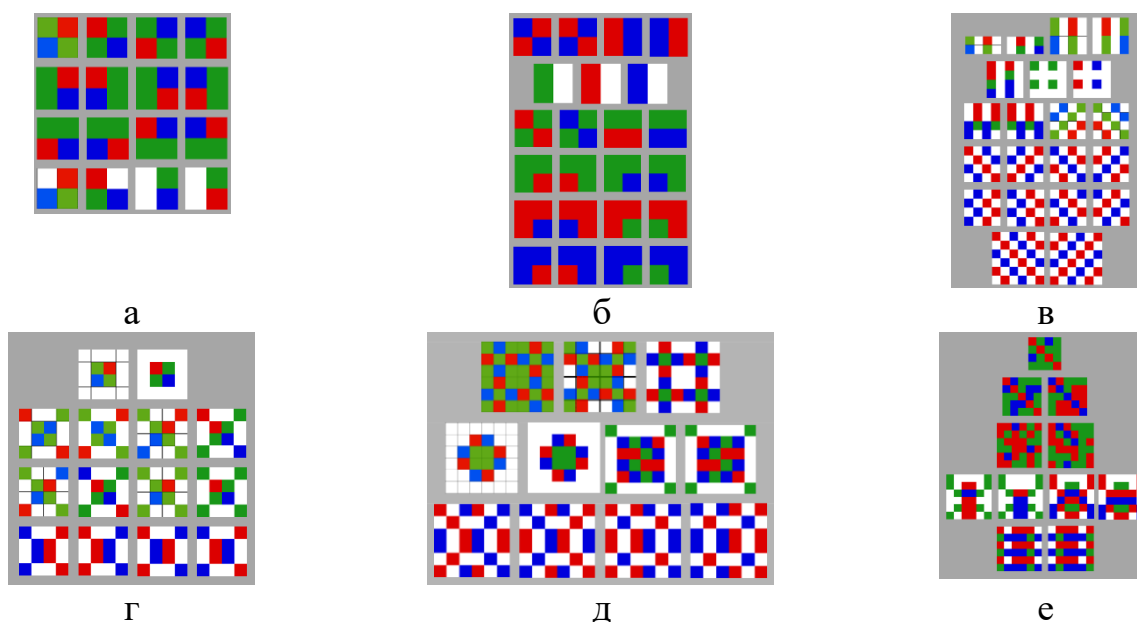


Рисунок 1 – Подготовленные варианты фильтров:

а – как фильтр Байера; б – двухцветные; в – линии; г – в форме «X»; д – как фильтр «XTrans»; е – другое

Для оценки влияния расположения рецепторов в модуле имитации сетчатки использовалась выборка [15-16], состоящая из фотографий фруктов, сфотографированных с разных ракурсов, размером 100 на 100 пикселей. В ней представлено 39 классов фруктов. В обучающей выборке содержится 18505 изображений, в тестовой выборке 6215.

Из оригинальной выборки было сделано 93 выборки, каждая из которых получена за счет пропускания изображений из оригинальной выборки через модуль имитации сетчатки с каждым из фильтров из рисунка 1 в слое рецепторов.

Эксперимент проводился на 94 выборках (1 выборка без использования модуля и 93 выборки, полученные после преобразования модулем).

Для распознавания образов была создана полносвязная нейронная сеть на языке Python с помощью библиотеки keras. Полученная нейронная сеть состоит из входного слоя, принимающего изображения размером 100 на 100 пикселей, и четырех полносвязных слоев. Последний слой имеет 39 нейронов, что соответствует количеству классов объектов в выборке.

Методом оптимизации при обучении был выбран стохастический градиентный спуск с моментами Нестерова со скоростью обучения 0,01. В качестве функции потерь установлена категориальная кросс-энтропия. Размер пакета составил 32 изображения, количество эпох 10.

Из обучающей выборки 20 % было выделено на валидационную выборку, поэтому нейронная сеть в итоге обучалась на 14804 изображениях. Размер валидационной выборки составил 3701 изображение.

Под каждую из 94 выборок была сделана своя нейронная сеть с одинаковыми параметрами.

Все 94 полученных нейронных сетей были обучены на соответствующих выборках и протестированы.

В результате эксперимента было выявлено, что одни и те же фильтры, отзеркаленные по оси x могут приводить к разным результатам.

Было замечено несколько закономерностей:

1. На главной диагонали фильтра и параллельных ей диагоналях необходимо чередовать цвета;
2. При отсутствии чередования цветов на главной диагонали фильтра и параллельной ей диагоналях точность распознавания образов снижается;
3. Чередование красного и синего цветов увеличивает точность распознавания сильнее, чем при чередовании синего и зеленого, красного и зеленого.

С помощью данных закономерностей удалось, например, увеличить точность для фильтра, показанного на рисунке 2.

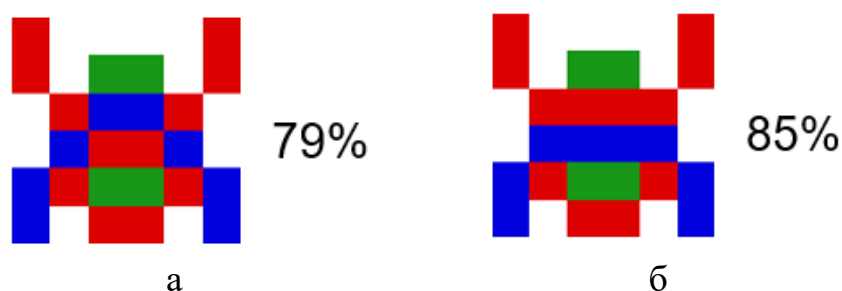


Рисунок 2 – Исправленный фильтр, похожий на паука:

а – до исправления; б – после исправления

Данный фильтр имел красные и синие линии, состоящие из трёх пикселей. После добавления чередования красного и синего цвета в центре фильтра точность распознавания увеличилась с 79 % до 85 %.

Также еще в пример можно привести фильтры, показанные на рисунке 3. Из-за повторения цветов на диагонали фильтры показали одинаковую точность распознавания образов в 77 %.

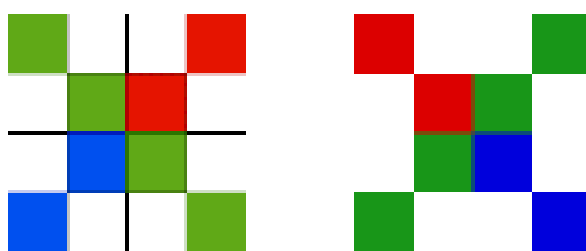


Рисунок 3 – Фильтры, похожие на «Х», показывающие одинаковую точность

Подобное поведение модуля при расположении пикселей различных цветов на главной диагонали и параллельной ей диагоналям может быть связано с тем, что на позициях красных и синих пикселей должны находиться клетки с рецептивным полем ON-типа.

Данную гипотезу необходимо проверить при исследовании последующих слоёв модуля имитации сетчатки, меняя взаимное расположение клеток с разным типом рецептивного поля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Меркелов, М. В. Влияние модуля имитации сетчатки глаза человека на качество распознавания образов нейронной сетью / М. В. Меркелов, Д. А. Локтев // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Серия «Приборостроение». – 2025. – № 4 (153).
2. Меркелов, М. В. Предварительная обработка изображений с помощью модуля имитации сетчатки / М. В. Меркелов, Д. А. Локтев // Технологии дополненной и виртуальной реальности: сборник статей I научно-практической конференции (Москва, 21-22 апреля 2025 года). – М. : Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2025. – С. 212-217.
3. Меркелов, М. В. Влияние настроек слоя рецепторов модуля имитации сетчатки на возможность распознавания образов нейронной сетью / М. В. Меркелов, Д. А. Локтев // Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы – Биомедсистемы-2025: сборник трудов XXXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых учёных и специалистов (Рязань, 03-05 декабря 2025 года). – Рязань : Рязанский государственный радиотехнический университет им. В. Ф. Уткина, 2025. – С. 254-259.
4. Korotysh, D. V. An Approach to Developing an Information System for Medical Diagnostics of a Patient / D. V. Korotysh, D. A. Loktev, M. V. Merkelov // 2025 7th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE) (Moscow, Russian Federation, 2025). – P. 01-05.
5. Локтев, Д. А. Метод стабилизации видео с использованием параметров движения транспортного средства / Д. А. Локтев, А. А. Локтев, В. В. Королев, М. В. Меркелов // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2024. – № 7. – С. 28-36.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025667258 Российская Федерация. Модуль имитации сетчатки глаза человека / М. В. Меркелов. – Заявл. 19.06.2025. – Оpubл. 03.07.2025.
7. Lebedev, D. S. Amacrine cell contributions to red-green color opponency in central primate retina: A model study / D. S. Lebedev, D. W. Marshak // Visual Neuroscience. – 2007. – Vol. 24, № 4. – P. 535-547.
8. Momiji, H. Numerical study of short-term afterimages and associate properties in foveal vision / H. Momiji, A. A. Bharath, M. W. Hankins, C. Kennard // Vision Research. – 2005. – Vol. 46, № 3. – P. 365-381.
9. Чупров, А. Д. Теории цветовосприятия. Фоторецепторный аппарат сетчатки глаза / А. Д. Чупров, В. И. Синькова, И. В. Кузнецов // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 6. – С. 169-179.
10. Ahnelt, P. K. The photoreceptor mosaic / P. K. Ahnelt // Eye. – 1998. – Vol. 12, № 3. – P. 531-540.
11. Рожкова, Г. И. Загадки слепой зоны и кольца повышенной плотности колбочек на крайней периферии сетчатки / Г. И. Рожкова, А. В. Белокопытов, М. А. Грачева // Сенсорные системы. – 2016. – Т. 30, № 4. – С. 263-281.

12. Jones, L. A. Photographic Granularity and Graininess – III. Some characteristics of the visual system of importance in the evaluation of graininess and granularity / L. A. Jones, G. C. Higgins // Journal of the Optical Society of America. – 1947. – Vol. 37, № 4. – P. 217-263.
13. Roorda, A. The arrangement of the three cone classes in the living human eye / A. Roorda, D. R. Williams // Nature. – 1999. – Vol. 397, № 6719. – P. 520-522.
14. Алексеенко, С. В. Структура сетчатки глаза человека: классические и современные данные / С. В. Алексеенко // Сенсорные системы. – 2019. – Т. 30, № 4. – С. 269-286.
15. Oltean, M. Fruits-360 dataset [Электронный ресурс] / M. Oltean. – Режим доступа: <https://www.kaggle.com/datasets/moltean/fruits>.
16. Дидманидзе, О. Н. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов / О. Н. Дидманидзе, А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 11(281). – С. 39-43. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-11-39-41.

Об авторе:

Меркелов Михаил Валерьевич, старший преподаватель, аспирант, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (105005, Российская Федерация, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5/1), merkelovmv@bmstu.ru.

About the author:

Mikhail V. Merkelov, Senior Lecturer, Postgraduate student, Bauman Moscow State Technical University (105005, Russian Federation, Moscow, 2nd Baumanskaya St., 5/1), merkelovmv@bmstu.ru.

ПРЕИМУЩЕСТВА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН В ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**А. Б. Мустаяпова¹, А. И. Полевой², Д. О. Горяченко²,
Г. Е. Митягин²**

¹УО «Кызылординский открытый университет», г. Кызылорда, Республика Казахстан

²ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Статья посвящена комплексному анализу перехода к электрифицированным транспортным системам и современным технологическим машинам в сельском хозяйстве и на транспорте. Рассматриваются ключевые преимущества данного перехода, включая значительное снижение выбросов парниковых газов, экономическую эффективность, повышение производительности и безопасности. Особое внимание уделяется синергетическому эффекту от интеграции этих двух направлений. В работе также систематизированы основные вызовы, такие как высокие капитальные затраты, необходимость развития инфраструктуры и кадрового переобучения. Анализ основан на данных современных научных публикаций и отчетов, демонстрируя, что, несмотря на существующие барьеры, электрификация является критически важным вектором для достижения целей устойчивого развития и декарбонизации промышленности и транспорта.

Ключевые слова: электрифицированный транспорт, технологические машины, промышленная автоматизация, декарбонизация, жизненный цикл, инфраструктура.

ADVANTAGES OF ELECTRIFIED TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES IN TECHNICAL OPERATION

**A. B. Mustayapova^a, A. I. Polevoy^b, D. O. Goryachenko^b,
G. E. Mityagin^b**

^aKyzylorda Open University, Kyzylorda, Republic of Kazakhstan

^bRussian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. This article provides a comprehensive analysis of the transition to electrified transport systems and modern technological machines in agriculture and transportation. It explores the key benefits of this transition, including significant reductions in greenhouse gas emissions, economic efficiency, and improved productivity and safety.

The article also highlights the synergistic effects of integrating these two areas. Additionally, it identifies key challenges, such as high capital costs, the need for infrastructure development, and the requirement for workforce retraining. The analysis is based on data from recent scientific publications and reports, demonstrating that, despite existing barriers, electrification is a critical vector for achieving sustainable development goals and decarbonizing industries and transportation.

Keywords: electrified transport, technological machines, industrial automation, decarbonization, life cycle, infrastructure.

Введение

Общепринятая глобальная необходимость смягчения последствий изменения климата и перехода к низкоуглеродной экономике обуславливает ускоренную трансформацию ключевых секторов, в частности, транспорта и промышленности [1]. Доминирующим решением в транспортном секторе признается электрификация, подразумевающая замену двигателей внутреннего сгорания (ДВС) на электрические силовые установки. Параллельно, в сфере технической эксплуатации и производства наблюдается революционный рост внедрения технологических машин: роботизированных систем, станков с числовым программным управлением, аддитивных установок и систем промышленного интернета вещей [2]. Актуальность исследования обусловлена потребностью в системном понимании взаимосвязей между этими двумя процессами. Внедрение электрического транспорта создает спрос на новые производственные технологии для его изготовления, в то время как автоматизация промышленности обеспечивает необходимую эффективность и гибкость для этого перехода.

Целью данной статьи является анализ преимуществ и проблем, связанных с совместным внедрением электрифицированного транспорта и технологических машин, с оценкой их влияния на окружающую среду, экономику и общество.

Методология

В основу работы положен метод системного анализа и обобщения данных из открытых научных источников и отраслевых отчетов. Были изучены данные по выбросам парниковых газов на протяжении всего жизненного цикла транспортных средств с ДВС и электромобилей, включая этапы производства (особенно аккумуляторов), эксплуатации и утилизации [1, 3, 4], по стоимости владения для электрического и традиционного транспорта на примере конкретных моделей, а также оценка капитальных и операционных затрат на внедрение промышленной автоматизации [7, 8].

Результаты

Электрические транспортные средства демонстрируют радикальное снижение прямых выбросов в процессе эксплуатации. Согласно исследованиям, в 2023 году электромобили генерировали примерно на 50 % меньше выбросов парниковых газов по сравнению с автомобилями на ископаемом топливе, а к 2050 году этот показатель может достичь 80 % [1, 5, 6]. При условии декарбонизации электроэнергетики потенциал сокращения выбросов приближается к 100 %.

Экономические выгоды проявляются в снижении операционных расходов. Стоимость электроэнергии для пробега в 45 000 миль для пикапа Ford F-150

Lightning оказалась на ~3800\$ ниже, чем стоимость топлива для его бензинового аналога F-150 [9]. Более простая конструкция электропривода (меньше подвижных частей) снижает затраты на техническое обслуживание на 30...50 %, что в долгосрочной перспективе приводит к экономии от 6000 до 10000\$ за срок службы транспортного средства.

Внедрение автоматизированных и роботизированных систем в производство приводит к росту производительности на 20...35 % за счет непрерывности циклов и минимизации простоев [10, 11]. В автомобильной промышленности модульные линии на основе электрических приводов и систем автоматизации позволяют гибко перестраивать производство между моделями с ДВС и электромобилями, сокращая время переналадки.

Безопасность труда повышается за счет передачи опасных операций (сварка, работа с тяжелыми грузами, покраска) автоматическим системам. Внедрение машин с датчиками компьютерного зрения позволяет предотвращать до 25 % несчастных случаев, связанных с человеческим фактором [12].

Интеграция двух направлений создает положительную обратную связь. Высокоавтоматизированные заводы, использующие роботов и искусственный интеллект для контроля качества, являются наиболее эффективными производителями батарей и компонентов для электромобилей. В свою очередь, рост спроса на электромобили стимулирует инвестиции в дальнейшее развитие таких «умных» производств, создавая новые высокотехнологичные рабочие места в областях проектирования батарей, анализа данных и обслуживания роботизированных комплексов.

Основной проблемой, способной негативно повлиять на расширение применения электрифицированных транспортно-технологических машин, является стоимость машины, например, электрического грузовика или автобуса может в 2...3 раза превышать стоимость дизельного аналога, что является критическим барьером не только для малого, но и крупного бизнеса [13].

Кроме того, массовый переход на использование электромобилей как в качестве транспортных машин, так и в качестве транспортно-технологических машин требует масштабного расширения сетевой инфраструктуры и создания миллионов зарядных станций, что сопряжено с огромными инвестициями и сложностями в городском планировании или модернизации инфраструктуры транспортных и сельскохозяйственных предприятий.

Опыт более широкого внедрения электрифицированных транспортно-технологических и транспортных машин выявил структурный разрыв между навыками работников, занятых в производстве ДВС, и требованиями для работы с электромобилями и робототехникой. Требуется массовое переобучение по специальностям в области мехатроники, электромобильности и программирования.

Обсуждение

Полученные результаты подтверждают, что переход к электрифицированному транспорту и автоматизированному производству представляет собой не изолированные тренды, а единую системную трансформацию. Основной тезис заключается в том, что устойчивость и экономическая целесообразность этого перехода напрямую зависят от синергии между его компонентами.

Заявленные экологические преимущества электрифицированных транспортно-технологических машин в полной мере реализуются только при условии снабжения «зеленой» энергией. Таким образом, успех электрификации мобильных машин неразрывно связан с декарбонизацией энергосистемы. Аналогично, экономия от внедрения новых способов производства и технической эксплуатации нивелируется без инвестиций в подготовку кадров, способных эффективно управлять этими сложными системами. Обсуждение проблемы высоких первоначальных затрат должно смещаться в плоскость анализа совокупной стоимости владения и разработки инновационных бизнес-моделей, таких как «зарядка как услуга» (Charging-as-a-Service) или лизинг технологического оборудования.

Заключение

Проведенный анализ позволяет заключить, что интеграция электрифицированного транспорта и передовых технологических машин формирует новую технологическую парадигму для транспортно-промышленного комплекса. Эта парадигма предлагает значительные преимущества: резкое сокращение выбросов, снижение эксплуатационных издержек, рост производительности и безопасности труда. Однако реализация этого потенциала сопряжена со сложными, взаимосвязанными вызовами. К ним относятся необходимость преодоления высоких первоначальных инвестиций, опережающего развития зарядной и сетевой инфраструктуры, решения экологических проблем, связанных с аккумуляторным циклом, и проведения масштабной программы переквалификации рабочих кадров. Успешный переход требует скоординированных усилий государства (через продуманную политику и стимулы), бизнеса (через инвестиции в НИОКР и инфраструктуру) и образовательных институтов (через модернизацию учебных программ).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Horesh, N. Fuel shifts reduce most of the greenhouse gas emissions from transportation in the United States / N. Horesh, J. C. Quinn // *Communications Earth & Environment*. – 2024. – Vol. 5. – P. 781. – DOI: 10.1038/s43247-024-01924-4.
2. Комаров, Н. М. Элементы развития теории управления цифровой трансформацией высокотехнологичных промышленных предприятий / Н. М. Комаров, Д. С. Пащенко // *Вестник евразийской науки*. – 2025. – Т. 17, № 4.
3. Чутчева, Ю. В. Перспективные направления развития тягово-транспортных средств для сельского хозяйства / Ю. В. Чутчева, Н. Н. Пуляев, Ю. С. Коротких // *Техника и оборудование для села*. – 2020. – № 9(279). – С. 2-5. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-9-2-5.
4. Прилуков, А. В. Современное состояние сельскохозяйственных мобильных энергетических средств с электроприводом / А. В. Прилуков // *Инновации в сельском хозяйстве*. – 2019. – № 4(33). – С. 144-153.
5. Предпосылки создания сельскохозяйственного трактора с гибридным и электрическим приводом / О. Н. Дидманидзе, Р. С. Федоткин, В. А. Крючков [и др.] // *Транспортное дело России*. – 2024. – № 1. – С. 307-311.

6. Дидманидзе, О. Н. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – Т. 21, № 1. – С. 74-85. – DOI 10.30766/2072-9081.2020.21.1.74-85.

7. Бучнев, А. О. Государственное стимулирование перехода на электро-мобильный транспорт: тенденции мирового опыта / А. О. Бучнев, О. А. Бучнев // Вестник РАЕН. – 2023. – Т. 23, № 2. – С. 125-131. – DOI 10.52531/1682-1696-2023-23-2-125-131.

8. Новоселова, И. Ю. Анализ перспектив и факторов риска увеличения парка электромобилей в России / И. Ю. Новоселова, А. С. Романов, М. Д. Капустина // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2024. – № 12-1. – С. 107-115. – DOI 10.17513/vaael.3873.

9. Дидманидзе, О. Н. Использование суперконденсаторов в комбинированных энергоустановках тягово-транспортных средств / О. Н. Дидманидзе. – М.: ООО «Триада», 2004. – 160 с.

10. Гончарова, М. Н. Будущее без людей: актуальность полностью автоматизированных производств в России / М. Н. Гончарова, Е. В. Соколова, И. И. Корабейников // Естественно-гуманитарные исследования. – 2025. – № 2(58). – С. 105-109.

11. Ши, Б. Внедрение технологических инноваций в производственные процессы как важный элемент глобальной цифровой трансформации экономики / Б. Ши // Горизонты экономики. – 2025. – № 4(91). – С. 129-134.

12. Киккас, К. Н. Управление безлюдными фабриками: Сравнительный анализ международных практик / К. Н. Киккас, Я. Чжао // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 6, № 7(160). – С. 73-89. – DOI 10.36871/ek.ur.p.r.2025.07.06.009.

13. Парлюк, Е. П. Жизненный цикл технической системы как экономическая категория / Е. П. Парлюк // Международный технико-экономический журнал. – 2013. – № 2. – С. 43-47.

Об авторах:

Мустаяпова Асем Бауыржановна, магистр, ОУ «Кызылординский открытый университет» (120014, Республика Казахстан, Кызылорда, ул. Г. Муратбаева, 72), ashkuniwer@mail.ru.

Полевой Александр Игоревич, аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), mityagin@rgau-msha.ru.

Горяченко Дмитрий Олегович, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), mityagin@rgau-msha.ru.

Митягин Григорий Евгеньевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, mityagin@rgau-msha.ru.

About the authors:

Asem B. Mustayapova, Magister, Kyzylorda Open University (120014, Republic of Kazakhstan, Kyzylorda, G. Muratbayeva str., 72), ashykuniver@mail.ru.

Alexander I. Polevoy, Postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), mityagin@rgau-msha.ru.

Dmitry O. Goryachenko, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), mityagin@rgau-msha.ru.

Grigory E. Mityagin, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, mityagin@rgau-msha.ru.

СИСТЕМЫ АВТОУПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГНСС- И RTK- СИГНАЛОВ

В. А. Нарышкин

Научный руководитель – А. С. Апатенко

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В данном докладе рассмотрены системы автопилотирования сельскохозяйственной самоходной техники на примере РСМ Агроотроник Пилот 1.0. Указанные технологии являются частью актуального направления в развитии современного тракторостроения и используются для осуществления точного земледелия. Учет информации, полученной системой РСМ Агроотроник Пилот 1.0 электроруль от различных вспомогательных датчиков, позволяет дифференцированно (точно и точно) осуществлять все технологические операции, в том числе при внесении удобрений и средств защиты растений в пределах поля.

Ключевые слова: тракторостроение, точное земледелие, моделирование, цифровизация, GPS, электроруль, модуль, задачи АПК, прецизионность обработки, автоматика, экономические выгоды.

AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS BASED ON GNSS AND RTK SIGNALS

V. A. Naryshkin

Scientific advisor – A. S. Apatenko

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. This report examines autopilot systems for agricultural self-propelled vehicles using the example of RSM Agrotronic Pilot 1.0. These technologies are part of the current trend in the development of modern tractor construction and are used for precision farming. Taking into account the information received by the RSM Agrotronic Pilot 1.0 electric steering system from various auxiliary sensors allows for differentiated (accurate and precise) implementation of all technological operations, including when applying fertilizers and plant protection products within the field.

Keywords: tractor manufacturing, precision farming, modeling, digitalization, GPS, electric steering wheel, module, agricultural tasks, precision processing, automation, and economic benefits.

Сегодня научно-технический прогресс позволяет широко применять в земледелии современные технологии при планировании и выполнении задач АПК, а также активно внедрять в тракторостроение системы автопилота на базе ГНСС- и РТК-сигналов. Это автоматические системы, которые позволяют осуществлять определённые задачи без участия оператора или под минимальным его контролем [4].

Современные тракторы и комбайны изначально проектируются под возможность работы с бортовыми компьютерами, GPS-приемниками, устройствами дистанционного зондирования (ДДЗ), геоинформационными системами (ГИС), а также системами поддержки принятия решений (СППР) [7,8].

Задачи автопилота:

- вести трактор по заданному маршруту;
- выполнять развороты;
- контролировать работу дополнительного оборудования;
- регулировать объём и глубину внесения подкормок;
- использовать максимально подходящий режим работы двигателя самоходной единицы в текущих условиях (минимум расхода топлива при необходимой производительности).

Причины внедрения автопилотных систем в сельскохозяйственном тракторостроении

Снижение нагрузки на механизатора, почвообработка без перекрытий и пропусков, посев «строка к строке», опрыскивание без пережога и непроливов – вот вкратце то, для чего используется РСМ Агротроник Пилот 1.0 электроруль. Даже по самым скромным подсчётам выгода исчисляется тысячами рублей на каждый гектар (рисунок 1). То есть система быстро себя окупает и начинает экономить деньги [1, 3].

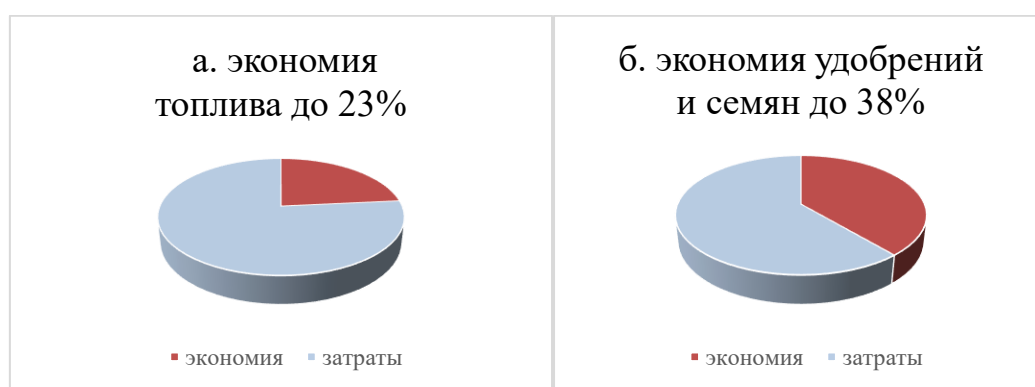


Рисунок 1 – Сравнительные диаграммы экономии по основным позициям:
а – диаграмма сокращения расхода топлива; б – диаграмма экономии посевного материала и удобрений

Имеет смысл упомянуть минусы:

1. высокая стоимость комплекта и его установки;
2. система требует наличия на предприятии специалиста по настройке и обслуживанию;

3. обледенение конструктивных элементов и снег затрудняют работу системы.

Основные элементы системы:

- системы связи, модемы и антенны для получения и передачи данных;
- наборы дублирующих работу друг друга датчиков и камер;
- бортовые компьютерные модули, которые анализируют данные и принимают решения;
- системы, координирующие работу трактора и прицепных сельскохозяйственных орудий (рисунок 2);
- гидравлические блоки с цифровым управлением для управления машиной;
- подруливающие устройства (электроруль).



Рисунок 2 – Основные элементы системы автопилотирования:

а – электроруль; б – бортовой компьютер; в – антенна

Ориентирование в пространстве трактора с системой РСМ Агротроник Пилот 1.0 и перечень основных возможностей

Антенна приемника улавливает сигналы для точной ориентации в пространстве. Информация уходит в блок управления (рисунок 3). Механизатор задает необходимые рабочие параметры, настраивает исполнительные механизмы (например, автоматический подъем плуга/жатки при развороте) посредством сенсорного планшета. Затем блок управления дает команды управляющим механизмам, и техника начинает работать по четко заданной траектории, попутно выполняя необходимые манипуляции. Постоянный обмен данными позволяет оперативно корректировать текущую работу [2, 5].

Система позволяет автоматически управлять траекторией движения техники и вести её параллельно предыдущему гону. Некоторые особенности работы:

- точность позиционирования – до 2,5 см за счёт базовой станции RTK, которая обеспечивает сигнал дифференциальной коррекции до 30 км;
- автоматические развороты;
- автоматическое поднятие и опускание адаптера или прицепного оборудования в начале и конце гона (для моделей тракторов и орудий, оборудованных электрогидравликой и функцией разворотной полосы);

- автоматическое управление скоростью (доступно для машин, оснащённых опцией «РСМ Адаптивный круиз-контроль») [6].



Рисунок 3 – Схема передачи сигналов от станции к приемнику

Выводы

Анализируя все нюансы описанной системы автопилотирования, хотелось бы отметить, что данная технология уже получила достаточно широкое распространение на предприятиях АПК нашей страны. Этот факт говорит о том, что преимущества от использования РСМ Агротроник Пилот 1.0 электроруль и ее аналогов перекрывают основные минусы данных систем.

Такой спрос со стороны потребителя подталкивает основных производителей самоходных сельскохозяйственных машин на работу с автопилотными системами, повышая тем самым эффективность и технологичность своей деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гайбарян, М. А. Синхронизация работы разбрасывателя твёрдых минеральных удобрений и вспомогательных машин и механизмов / М. А. Гайбарян, Н. Н. Новиков, В. С. Тетерин [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 4 (286). – С. 15-19. – DOI 10.33267/2072-9642-2021-4-15-19.
2. Чоудхури, А. Интеллектуальная автоматизация сельского хозяйства с использованием передовых технологий: анализ данных и машинное обучение, облачная архитектура, автоматизация и IoT / А. Чоудхури [и др.]. – 2022.
3. Щеголихина, Т. А. Современные технологии и оборудование для систем точного земледелия : научно-аналитический обзор / Т. А. Щеголихина, В. Я. Гольдяпин. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 80 с.
4. Автопилот для сельскохозяйственной техники: виды систем и их применение на фермах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bizonagro.com/> (дата обращения: 10.10.2025 г.).

5. Электронный каталог систем точного земледелия Ростсельмаш [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rostselmash.com/> (дата обращения: 10.10.2025 г.).

6. Апатенко, А. С. Анализ процессов и причины снижения интенсивности эксплуатации технологических машин / А. С. Апатенко // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». – 2013. – № 3 (59). – С. 49-51.

7. Апатенко, А. С. Методы эффективного использования машинно-тракторных агрегатов в мелиорации / А. С. Апатенко // Труды ГОСНИТИ. – 2013. – Т. 113. – С. 156-160.

8. Апатенко, А. С. Комплектование парка машин для обводнения торфяников с учётом неплановых отказов / А. С. Апатенко // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 12. – С. 36-38.

9. Дидманидзе, О. Н. Проектирование производственных процессов в растениеводстве с использованием компьютерных технологий / О. Н. Дидманидзе, О. П. Андреев, А. Н. Журилин. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2018. – 150 с.

Об авторах:

Нарышкин Виктор Андреевич, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), 89099871171@mail.ru.

Научный руководитель – Апатенко Алексей Сергеевич, заведующий кафедрой технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор, a.apatenko@rgau-msha.ru.

About the authors:

Victor A. Naryshkin, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), 89099871171@mail.ru.

Scientific advisor – Alexey S. Apatenko, Head of Department of Mechanical Engineering and Power Engineering, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, Professor, a.apatenko@rgau-msha.ru.

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ, ПРОБЛЕМАТИКА И РАЗВИТИЕ

Р. Н. Егоров, А. И. Насырова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье анализируются автомобильные дороги, начиная с исторических фактов и текущего состояния инфраструктуры и заканчивая современными нормативными аспектами и перспективами развития, учитывая современные вызовы и проблематику.

Ключевые слова: автомобильная дорога, пробки, транспортировка, регулирование.

HIGHWAYS, ISSUES AND DEVELOPMENT

R. N. Egorov, A. I. Nasyrova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. This article analyzes highways, starting with historical facts and the current state of the infrastructure and ending with modern regulatory aspects and development prospects, taking into account modern challenges and issues.

Keywords: highway, traffic jams, transportation, regulation.

Проблема перегруженности автомобильных дорог является одной из наиболее острых в современном городском и региональном транспорте по нескольким причинам [1-2]:

- Время и экономические потери приводят к значительным временным затратам водителей и пассажиров, снижая продуктивность труда. Согласно исследованиям, средний водитель может тратить до нескольких часов в неделю в пробках, что оказывает прямое негативное влияние на экономику.

- Рост загрязнения окружающей среды. Стоящий в пробках транспорт продолжает работать на холостом ходу, что увеличивает выбросы вредных веществ (CO₂, NO, твердые частицы) и ухудшает качество воздуха в городах, способствуя развитию заболеваний дыхательных путей.

- Повышение расхода топлива и затрат на транспорт. Перегруженность дорожной сети повышает расход топлива, что увеличивает издержки для водителей и предприятий, а также способствует ускоренному износу транспортных средств.

- Снижение качества жизни. Ухудшается комфорт передвижения, повышается уровень стресса у водителей и пассажиров, что негативно сказывается на здоровье и общем благополучии населения.

- Ухудшение работы общественного транспорта. Пробки снижают скорость и пунктуальность автобусов и маршруток, делая общественный транспорт менее привлекательным и способствуя росту использования личных автомобилей, что усугубляет проблему.

- Перегрузка инфраструктуры и риск аварий. Повышенная плотность транспорта увеличивает нагрузку на дороги, что ускоряет износ покрытия и способствует росту аварийности.

Проблема касается большинства крупных городов мира, среди которых Москва, Лос-Анджелес, Нью-Йорк, Лондон, Токио и другие.

Таким образом, решение проблемы перегрузки дорог критически важно для повышения эффективности транспортной системы, улучшения экологической ситуации и качества жизни в городах.

За первые десятилетия своего существования производство автомобилей выросло экспоненциально. Если в 1900 году было произведено всего около 4 тысяч автомобилей, то уже к концу Первой мировой войны, в 1918 году, их выпуск составлял более 1 миллиона штук в год. Спустя десятилетие, в середине 1920-х годов, мировое производство автомобилей превысило отметку в 10 миллионов единиц в год [3].

Такой стремительный рост объясняется революционными изменениями в промышленном производстве, такими как конвейерный метод сборки, впервые применённый Генри Фордом на заводе Ford Motor Company. Этот метод позволил увеличить производительность труда и сделать автомобили доступными для широкого круга покупателей.

По данным Организации Объединённых Наций, число зарегистрированных автомобилей в мире достигло отметки в 1,4 млрд единиц. Среднее ежегодное увеличение мирового автопарка превышает 3 %, что создаёт серьёзные нагрузки на инфраструктуру. Причём большая часть этого огромного парка сосредоточена в развитых странах, таких как Китай, США и Япония. Эксперты прогнозируют, что к 2030 году число автомобилей увеличится почти вдвое и составит около 2 миллиардов [4].

Особенно остро этот вопрос стоит в развивающихся странах, где темпы приобретения автомобилей значительно превышают возможности властей модернизировать улично-дорожную сеть.

Причины, способствующие перегруженности дорог, включают:

- недостаточное финансирование дорожно-транспортной инфраструктуры;
- слабое использование существующих возможностей общественного транспорта;
- неэффективное распределение потоков транспорта в часы пик;
- отсутствие эффективной координации между регионами и муниципалитетами.

Кроме того, высокая стоимость владения автомобилем способствует поддержанию популярности индивидуального автомобиля даже несмотря на значительные временные издержки, вызванные пробками.

Нормативное регулирование играет ключевую роль в управлении транспортным потоком и снижении негативных последствий.

Международные стандарты и рекомендации [5]. Всемирная организация здравоохранения регулярно публикует отчёты о влиянии загрязнённого воздуха на здоровье населения, подчеркивая важность эффективных норм и стандартов. Всемирный банк финансирует проекты модернизации транспортной инфраструктуры в разных регионах планеты, помогая решать проблему чрезмерной концентрации автомобилей на улицах. Международная ассоциация городов активно продвигает концепции «зеленых коридоров» и «умных городов», где приоритет отдаётся пешеходному движению и велосипедам.

Российское законодательство. В России существует система нормативных актов, направленных на обеспечение безопасности дорожного движения и управление транспортными потоками. Федеральный закон № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения» устанавливает основные принципы функционирования транспортной отрасли. Наряду с ним действуют постановления правительства, регламентирующие порядок размещения парковочных мест, требования к строительству и реконструкции объектов автодорожной инфраструктуры. Однако практика показывает, что существующая правовая база недостаточно эффективна для предотвращения перегруженности дорог.

Так как проблема является глобальной, то рассмотрим опыт решения данной проблемы ниже:

- Лондон – система платного въезда (Congestion Charge). С 2003 года в центре Лондона действует плата за въезд на автомобиль. Это значительно снизило количество машин в центральной зоне, уменьшило заторы и улучшило качество воздуха.

- Сингапур – электронная система дорожных сборов (ERP). В Сингапуре используется динамическая тарификация въезда в загруженные районы с помощью электронных средств контроля. Система адаптируется в зависимости от времени суток и состояния дорог, что эффективно регулирует поток автомобилей.

- Париж – развитие велоинфраструктуры и ограничения для личного транспорта. Город активно расширяет сеть велодорожек и внедряет программы проката велосипедов (например, Vélib), а также вводит ограничения для въезда автотранспорта в центральную часть (зоны с низким уровнем выбросов).

- Москва – внедрение интеллектуальных транспортных систем и платные парковки. В Москве реализованы интеллектуальные светофоры, система навигации и контроля трафика, вводится новая схема движения, увеличивается протяжённость выделенных полос для автобусов и трамваев, проводится реконструкция основных магистралей, а также введены платные парковки в центре, что снижает количество автомобилей и пробок.

- Стокгольм – эксперимент с платным въездом в центр (Stockholm Congestion Tax). Эксперимент начался в 2006 году, показав уменьшение пробок

и загрязнения воздуха. Впоследствии система стала постоянной и служит примером успешного регулирования трафика.

- Токио – ограничение парковки и стимулирование общественного транспорта. В Токио запрещено покупать автомобиль без наличия парковочного места, что сдерживает рост количества машин. При этом город развивает высокоэффективный общественный транспорт.

Эти меры показывают, что комплексный подход, включающий экономическое стимулирование, развитие альтернативных видов транспорта и интеллектуальное управление трафиком – наиболее эффективен для борьбы с перегруженностью дорог.

Решения должны охватывать разные направления, начиная от повышения роли общественного транспорта и заканчивая введением технологических новшеств [6, 7, 8].

Инновационные технологические решения. Разработка беспилотных автомобилей позволит повысить эффективность использования дорожной инфраструктуры, снизит вероятность аварий и повысит пропускную способность дорог. Интеллектуальные системы управления дорожным движением способны гибко реагировать на изменения интенсивности потока и перераспределять транспортные потоки в зависимости от обстоятельств.

Изменение культуры вождения. Переход на общественный транспорт и активное продвижение велосипеда как средства передвижения помогают снизить давление на дороги. Во многих европейских городах граждане постепенно отказываются от личного автомобиля в пользу удобных сервисов такси и каршеринга.

Роль общественного транспорта. Эффективное использование общественного транспорта является одним из важнейших факторов снижения давления на дороги. Высококачественный автобусный сервис, комфортная железнодорожная связь внутригородского значения, развитые трамвайные линии способствуют сокращению потребности в личном транспорте.

Подводя итог, можно сказать, что решение проблемы перегруженности дорог должно включать целый спектр взаимосвязанных мер, учитывающих специфику каждого конкретного региона. Необходимы инвестиции в обновление и совершенствование инфраструктуры, широкое привлечение общественных организаций и частных компаний к разработке и внедрению современных решений.

Успешность зависит от согласованности усилий всех заинтересованных сторон, адекватности финансирования и грамотного правового сопровождения. Только комплексное взаимодействие законодательных и исполнительных органов власти, бизнеса и общественности сможет обеспечить устойчивое развитие транспортных сетей и снижение негативного воздействия перегруженности дорог на качество жизни населения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автомобильные перевозки / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, Н. Н. Пуляев [и др.]. – М. : ФГБНУ «Росинформатех», 2018. – 554 с.

2. Егоров, Р. Н. Обеспечение качества перевозки мелкопартионных грузов автомобильным транспортом / Р. Н. Егоров, А. Н. Журилин // Международный технико-экономический журнал. – 2020. – № 3. – С. 62-67.

3. Техническая эксплуатация автомобилей / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, Д. Г. О. Асадов, В. С. Богданов, Е. П. Парлюк, С. А. Иванов, Н. Н. Пуляев, Г. Е. Митягин, В. В. Сильянов. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 564 с.

4. Егоров, Р. Н. Совершенствование транспортно-технологического обслуживания районных сельскохозяйственных предприятий: автореферат дис. ... канд. техн. наук / Роман Николаевич Егоров. – Москва, 2006. – 18 с.

5. Егоров, Р. Н. Обоснование выбора и оснащённости подержанного коммерческого транспорта / Р. Н. Егоров, А. Н. Журилин, Т. А. Паршикова // Международный технико-экономический журнал. – 2015. – № 6. – С. 87-91.

6. Оценка качества услуг по техническому обслуживанию и ремонту автотранспорта / Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова [и др.]. – М. : ООО «Издательство «Спутник+», 2021. – 172 с. – ISBN 978-5-9973-6210-2.

7. Цифровые технологии проектирования процессов в АПК / П. В. Голицинский, У. Ю. Антонова, Э. И. Черкасова [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, 2023. – 172 с. – ISBN 978-5-00207-374-0.

8. Транспорт в агропромышленном комплексе : учебник / О. Н. Дидманидзе, Н. Н. Пуляев, А. А. Солнцев [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет, 2024. – 474 с.

Об авторах:

Егоров Роман Николаевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, egorov@rgau-msha.ru.

Насырова Алина Ильдаровна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

About the authors:

Roman N. Egorov, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, egorov@rgau-msha.ru.

Alina I. Nasyrova, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ПРИ РЕМОНТЕ

Г. И. Нестеров, У. Ю. Антонова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлена методика назначения контрольных точек при оценке качества технологического процесса ремонта гильз цилиндров.

Ключевые слова: дефектация, гильзы, ремонтный размер, контроль, брак.

ORGANIZING THE PROCESS OF CONTROL OF CYLINDER LINERS DURING REPAIR

G. I. Nesterov, U. Yu. Antonova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article presents a methodology for assigning control points when assessing the quality of the technological process of repairing cylinder liners.

Keywords: defect detection, cylinder liner, repair size, control, defect.

В настоящее время объем перевозок грузов в Российской Федерации автомобильным транспортом в общей структуре перевозок составляет порядка 70 % [1-3]. В связи с этим, необходимо поддерживать работоспособность автомобильного транспорта для избежания материальных потерь, связанных с внезапными поломками, дорогостоящим ремонтном и т.д. [4-6].

Одним из основных факторов, влияющим на ресурс двигателя, является срок службы гильзы цилиндров, вследствие этого, необходимо поддерживать их работоспособность [7, 8].

Для комплексной оценки качества технологического процесса в рамках современной системы менеджмента качества на ремонтных предприятиях необходимо определить контрольные точки, в которых рекомендовано проводить мониторинг на соответствие параметров. Контрольная точка (КТ) – место проведения контроля для определения наличия дефектов детали. По итогам контроля делаются выводы, подлежит ли контролируемая деталь последующей эксплуатации или ремонту, или же деталь является негодной и подлежит отправки ее в лом [9-11].

На рисунке 1 представлена рекомендованная схема расположения контрольных точек при ремонте гильзы цилиндров.

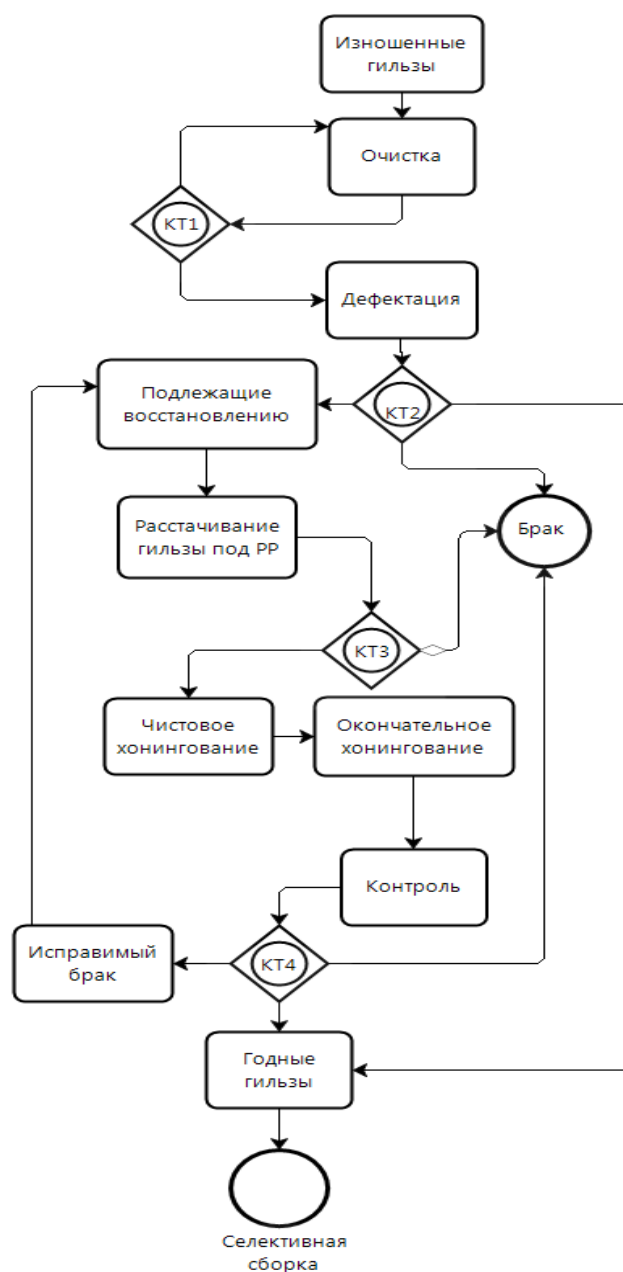


Рисунок 1 – Расположение контрольных точек при ремонте гильз цилиндров

Рассмотрим подробнее схему расположения контрольных точек при ремонте гильз цилиндров, представленную на рисунке 1:

КТ1 – после проведения операции «Мойка и очистка» гильзы, бывшие в эксплуатации, проверяют на качество очистки органолептическим методом – визуальным осмотром, при обнаружении неполной очистки, необходимо отправить деталь на повторную мойку и очистку. При удовлетворительном качестве мойки деталь поступает на следующую операцию – дефектацию.

КТ2 – при проведении дефектации гильзы цилиндров контролируют геометрические параметры: внутренний диаметр гильзы цилиндров, отклонение формы (овальность, конусообразность), диаметр верхнего центрирующего по-

яса, диаметр нижнего центрирующего пояса, высота от верхнего торца до упорного бурта, а также осматривают на наличие механических повреждений, таких как задиры, трещины, раковины.

После контроля внутреннего диаметра гильзы цилиндров дается заключение, подлежит ли гильза дальнейшему использованию, отправится на восстановление (расточивание под 1-й или 2-й ремонтный размер), или, если диаметр превышает допустимого значения, больше последнего ремонтного размера, гильзу цилиндров выбраковывают, вследствие этого, увеличиваются затраты на приобретение новой детали [9].

КТЗ – при проведении мониторинга в данной контрольной точке рекомендовано измерять внутренний диаметр гильзы цилиндров для последующего правильного выбора режимов хонингования (частота вращения хонинговальной головки, время хонингования и т.д.).

КТ4 – итоговый контроль – если внутренний диаметр гильзы цилиндров соответствует, то гильза отправляется на селективную сборку с поршнем (подобранная под групповой размер), или отправляется в неисправимый брак (при достижении предельно допустимого значения последнего ремонтного размера). Помимо внутреннего диаметра, необходимо контролировать овальность, являющейся одним из критериев работоспособности и экологичности двигателей. Также в данной контрольной точке проверяется и шероховатость зеркала гильзы цилиндров, ведь от ее качества изготовления зависит работа двигателя, а именно такие показатели как, износостойкость цилиндров и поршневых колец двигателя, расход масла, ресурс и долговечность двигателя.

Таким образом, на примере технологического процесса ремонта гильз цилиндров разработана методика назначения контрольных точек для оценки качества процесса по этапам его реализации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : Изд-во ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с.
2. Дидманидзе, О. Н. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5 (311). – С. 2-7. – DOI: 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
3. Дидманидзе, О. Н. Энергообеспечение сельскохозяйственного тракторостроения России / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк, В. А. Марков // Агроинженерия. – 2021. – № 2 (102). – С. 4-8. – DOI: 10.26897/2687-1149-2021-2-4-8.
4. Ерохин, М. Н. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 8. – С. 701-704.

5. Бондарева, Г. И. Затраты на контроль при ремонте двигателей / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Сельский механизатор. – 2021. – № 7. – С. 32-33.
6. Леонов, О. А. Оценка и анализ внутренних потерь при производстве продукции на машиностроительных предприятиях / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 5. – С. 421-426.
7. Бондарева, Г. И. Входной контроль и метрологическое обеспечение на предприятиях технического сервиса / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Сельский механизатор. – 2017. – № 4. – С. 36-38.
8. Леонов, О. А. Инструментальный контроль дефектов коренных опор блока цилиндров / О. А. Леонов, В. К. Зимогорский, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, № 2. – С. 65-70.
9. Theoretical foundations of the application of intergroup interchangeability of the «piston – cylinder liner» connections in the overhaul of engines / N. Shkaruba, O. Leonov, G. Temasova [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1679. – P. 052065.
10. Парлюк, Е. П. Жизненный цикл технической системы как экономическая категория / Е. П. Парлюк // Международный технико-экономический журнал. – 2013. – № 2. – С. 43-47.
11. Леонов, О. А. Обоснование посадок соединений со шпонками / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, Д. У. Хасьянова // Проблемы машиностроения и надёжности машин. – 2022. – № 6. – С. 65-71. – DOI: 10.31857/S0235711922060074.

Об авторах:

Нестеров Глеб Иванович, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

Антонова Ульяна Юрьевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, uantonova@rgau-msha.ru.

About the authors:

Gleb I. Nesterov, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Ulyana Yu. Antonova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, uantonova@rgau-msha.ru.

ВЫБОР ТОРМОЗНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ МАЛОТОННАЖНЫХ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПО МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ

М. С. Нефедова

Научный руководитель – Ю. Г. Вергазова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрены параметры и критерии испытаний малотоннажных грузовых автомобилей с целью подтверждения соответствия по критериям безопасности, проведен выбор тормозного стенда для испытаний по метрологическим критериям с позиции обеспечения точности и достоверности результатов испытаний.

Ключевые слова: испытания, безопасность, сельскохозяйственная техника, стендовые испытания, грузовой транспорт.

CHOICE OF A BRAKE TEST STAND FOR LIGHT TRUCKS BY METROLOGICAL CRITERIA

M. S. Nefedova

Scientific advisor – Y. G. Vergazova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article considers the parameters and criteria for testing light-duty trucks in order to confirm compliance with safety criteria. The article also selects a braking test stand based on metrological criteria to ensure the accuracy and reliability of test results.

Keywords: testing, safety, agricultural machinery, bench testing, cargo transport.

Введение

Испытания машин и оборудования на современном этапе развития техники является неотъемлемым элементом подтверждения соответствия как по параметрам безопасности, так и по технико-экономическим критериям с позиции обеспечения качества и конкурентоспособности машиностроительной продукции [1-3]. В свою очередь, испытания должны проводиться при наличии такой приборной базы, которая бы обеспечивала точность и достоверность результатов испытаний [4-7]. В противном случае возникают риски и потери, связанные с наличием брака при контроле из-за влияния погрешности средств и методов измерений [8-13].

Использование грузового транспорта играет важную роль в развитии сельского хозяйства и промышленности. На малотоннажном автомобиле доставляют сырье и готовую продукцию потребителям, обеспечивают логистику строительных материалов и топлива. Именно поэтому особое внимание уделяется контролю качества выпускаемой техники и регулярному техническому обслуживанию. Одним из ключевых элементов такого контроля является проведение испытаний, направленных на оценку работоспособности, подтверждения соответствия и надёжности машин в реальных условиях эксплуатации [14].

Эффективность тормозных систем малотоннажных грузовых автомобилей непосредственно влияет на безопасность водителя, сохранность груза и общую продуктивность работ. Регулярная эксплуатация транспортных средств в сложных условиях (перевозка тяжелых грузов, движение по неровностям и бездорожью) значительно увеличивает износ и снижает эффективность тормозов. В рамках подтверждения соответствия для получения сертификата безопасности конструкции транспортного средства проводится комплекс испытаний, среди которых обязательными являются испытания тормозной системы. Цель испытаний – экспериментально подтвердить, что параметры тормозной системы соответствуют требованиям технического регламента и стандартов, гарантируя безопасную эксплуатацию.

Применяемые методы и средства

Ключевым показателем безопасности для любой машины является эффективность и надежность тормозного механизма. По результатам успешных испытаний и анализа технической документации выдается сертификат безопасности конструкции транспортных средств. Параметры и критерии испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры и критерии испытаний

Параметр (Показатель)	Метод измерения и условия испытания	Нормативный критерий для соответствия (на примере ГАЗ-3301)
Эффективность рабочей тормоз- ной системы	Испытание 1: холодные тормоза. Начальная скорость: 40 км/ч. Ровное, сухое покрытие с коэффициентом сцепления не менее 0,7. Однократное резкое нажатие на педаль тормоза. Измеряется установившееся замедление или тормозной путь.	Замедление: не менее 5,8 м/с ² . Тормозной путь: не более 14,5 м. от начальной скорости 40 км/ч. Время срабатывания (от начала нажатия до достижения 60% макс. усилия) не более 0,6 с.
Эффективность стояночной тор- мозной системы	Автомобиль устанавливается на опорную поверхность с заданным уклоном. Фиксируется способность удерживать автомобиль в неподвижном состоянии.	Должен удерживать автомобиль в неподвижном состоянии не менее 5 минут на уклоне не менее 16 %.
Работоспособ- ность аварийной (запасной) тор- мозной системы	Моделируется отказ одного из контуров рабочей тормозной системы (если система двухконтурная). Испытание проводится аналогично п.1 с начальной скоростью 40 км/ч.	Должен обеспечивать остановку автомобиля в разумных пределах. Обычно критерием является замедление не менее 2,2 м/с ² или возможность остановки на расстоянии, не превышающем X метров

Продолжение таблицы 1

Устойчивость при торможении (для рабочей системы)	Проведение испытания по п. 1 на дороге с равномерным покрытием. Визуальная и инструментальная оценка отклонения от заданной прямолинейной траектории.	Автомобиль не должен отклоняться от прямолинейного движения более чем на заданную величину (обычно не более 3,5 м от оси полосы шириной 3,5 м за время испытания).
Усилие на органе управления	Измерение с помощью динамометра усилия, прикладываемого к педали тормоза при достижении нормируемого замедления.	Максимальное усилие на педали для достижения установленного замедления не должно превышать 700 Н (≈ 70 кгс).
Разность тормозных сил на осях	Проверка на стационарном стенде тормозных сил или в ходе дорожных испытаний по замедлению отдельных сторон.	Разность тормозных сил на оси между правыми и левыми колесами не должна превышать 20 % от большей силы в паре. превышение приводит к резкому уводу автомобиля при торможении.
Герметичность тормозного привода с пневматическим усилителем	Создание в системе определенного рабочего давления. Выдержка в течение заданного времени. Замер падения давления.	Для пневмосистем: падение давления не более 0,05 МПа (0,5 кгс/см ²) за 15 минут при неработающем двигателе. Для гидросистем: педаль не должна плавно уходить вниз при создании постоянного усилия.
Функционирование контрольных приборов и сигнализаторов	Проверка работы контрольной лампы неисправности тормозной системы, сигнализатора падения давления в пневмосистеме.	Лампа должна загораться при включении зажигания до пуска двигателя (самодиагностика) и гаснуть после пуска. При падении давления в одном из контуров должна незамедлительно загораться и сопровождаться звуковым сигналом.

Результаты исследований и их анализ

В результате анализа метрологического обеспечения стендовых испытаний, для рассматриваемых контролируемых параметров был выбран стенд тормозной силовой ЛТК, предназначенный для измерений тормозной силы колес транспортного средства, массы транспортного средства, приходящейся на ось, усилия на органе управления и давления сжатого воздуха.

В таблице 2 представлены метрологические и основные технические характеристики стенда тормозного силового ЛТК-У13000.

Таблица 2 – Метрологические характеристики стенда тормозного силового ЛТК-У13000

Максимальная масса ТС, приходящейся на ось / на колесо, кг	Ширина колесной базы ТС / Ширина колеса мототранспортного средства, мм		Потребляемая мощность стенда, кВт, не более	Диаметр опорного ролика, мм
13000 / 6500	от 800 до 3200 / -		22	200 $\pm$ 2
Диапазон измерений тормозной силы колеса, кН	Диапазон измерений массы транспортного средства		Диапазон измерений давления сжатого воздуха, МПа (бар)	Диапазон измерений усилия на органе управления тормозными системами
	Приходящейся на ось, кг	Приходящейся на колесо, кг		
от 0 до 30	от 0 до 13000	от 0 до 6500	от 0 до 1 (от 0 до 10)	от 0 до 1000 Н

Принцип действия стенда заключается в принудительном вращении с заданной скоростью колес одной (диагностируемой) оси транспортного средства, установленного неподвижно на опорных роликах стенда, с последующим измерением сил, возникающих на поверхности опорных роликов, при торможении колес с помощью тормозных систем транспортного средства.

Вывод

Выбор стенда тормозного силового типа ЛТК-У13000 обусловлен рядом преимуществ и возможностей, которые делают его оптимальным решением для тестирования транспортных средств. Проведенный анализ методики испытаний позволил всесторонне изучить процесс сертификационных испытаний тормозных систем грузовых автомобилей на примере модели ГАЗ-3301.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 8. – С. 701-704. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-8-701-704.
2. Ранжирование показателей качества, влияющих на выбор картофелеуборочного комбайна / Н. Ж. Шкаруба, О. А. Леонов, Д. А. Пупкова [и др.] // Компетентность. – 2023. – № 9-10. – С. 67-71. – DOI 10.24412/1993-8780-2023-9-67-71.
3. Самсонов, В. А. Геометрическое программирование в инженерных задачах / В. А. Самсонов, О. Н. Дидманидзе. – М. : Инженерно-экономический институт, 1999. – 284 с.
4. Леонов, О. А. Нормирование погрешности косвенных измерений при приёмо-сдаточных испытаниях двигателей / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Измерительная техника. – 2022. – № 8. – С. 23-27. – DOI 10.32446/0368-1025it.2022-8-23-27.
5. Основы проектирования операций входного контроля на машиностроительных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «ОнтоПринт», 2020. – 89 с. – ISBN 978-5-6042437-5-6. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2020.43.25.001.
6. Леонов, О. А. Алгоритм выбора средств измерений для контроля качества по технико-экономическим критериям / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2012. – № 2(53). – С. 89-91.
7. Нормирование допускаемой погрешности измерения массы при контроле деталей шатунно-поршневой группы / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2021. – № 9. – С. 40-44. – DOI 10.36652/0042-4633-2021-9-40-44.
8. Оценка и анализ внутренних потерь при производстве продукции на машиностроительных предприятиях / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 5. – С. 421-426. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-5-421-426.

9. Леонов, О. А. Методика оценки внешних потерь от брака на предприятиях машиностроения / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2025. – № 4. – С. 69-78. – DOI 10.31857/S0235711925040102.

10. Темасова, Г. Н. Оценка потерь от внешнего брака на предприятиях технического сервиса АПК / Г. Н. Темасова, О. А. Леонов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2025. – № 3(81). – С. 520-529. – DOI 10.32786/2071-9485-2025-03-58.

11. Леонов, О. А. Методология оценки затрат на качество для предприятий / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2007. – № 5(25). – С. 23-27.

12. Работоспособность технических систем : учебник для ВУЗов по изучению дисциплины / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2022. – 379 с.

13. Менеджмент научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для сельскохозяйственного производства / А. Л. Эйдис, Е. П. Парлюк, А. В. Шарапова, А. В. Шарапова. – М. : Костякова, 2016. – 180 с.

14. Технология машиностроения : лабораторный практикум / А. В. Коломейченко, И. Н. Кравченко, Н. В. Титов [и др.]. – СПб. : Издательство «Лань», 2015. – 272 с. – ISBN 978-5-8114-1901-2.

Об авторах:

Нефедова Мария Сергеевна, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

Научный руководитель – Вергазова Юлия Геннадьевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, vergazova@rgau-msha.ru.

About the authors:

Maria S. Nefedova, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Yulia G. Vergazova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, vergazova@rgau-msha.ru.

РАЗВИТИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО И ЭФФЕКТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ПТИЦЕВОДСТВА

М. Ю. Нефедова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье анализируется развитие материально-технической базы птицеводства в России в контексте ESG-трансформации и цифровизации агро-промышленного комплекса. Особое внимание уделено роли инвестиций, лизинга и деятельности машинно-технологических компаний (МТК) в модернизации производственных мощностей.

Ключевые слова: птицеводство, материально-техническая база, ESG-трансформация, цифровизация, инвестиции, лизинг, машинно-технологические компании (МТК), концентрация производства, автоматизация.

DEVELOPMENT OF THE MATERIAL AND TECHNICAL BASE AS A BASIS FOR SUSTAINABLE AND EFFECTIVE PRODUCTION OF POULTRY PRODUCTS

M. Yu. Nefedova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. This article analyzes the development of the material and technical infrastructure of poultry farming in Russia within the context of ESG transformation and digitalization of the agro-industrial complex. Particular emphasis is placed on the role of investments, leasing arrangements, and the activities of machine-technological companies (MTCs) in modernizing production capacities.

Keywords: poultry farming, material and technical infrastructure, ESG transformation, digitalization, investments, leasing, machine-technological companies (MTCs), production concentration, automation.

Современное птицеводство является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей агропромышленного комплекса России, играющей ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности страны. Как отмечает Ю. В. Чутчева, «аграрная экономика находится на этапе трансформации, требующей обновления материально-технической базы на инновационной основе» [6]. В условиях реализации ESG-принципов и цифровизации сельского хозяйства

развитие материально-технической базы птицеводства приобретает особую значимость как фактор устойчивого и эффективного производства.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью повышения конкурентоспособности отечественного птицеводства на фоне роста внутреннего спроса и экспортного потенциала. Россия занимает 7-е место в мире по производству пищевого яйца, а уровень потребления достигает 290 штук на душу населения, значительно превышая среднемировой показатель [11]. В этих условиях модернизация производственных мощностей и внедрение передовых технологий становятся стратегическими приоритетами отрасли.

Российское птицеводство характеризуется высокой степенью индустриализации и концентрации производства. Как свидетельствуют данные анализа, на сельскохозяйственные организации приходится 82,4 % общего объема произведенного яйца, тогда как на крестьянские (фермерские) хозяйства, личные подсобные хозяйства и хозяйства индивидуальных предпринимателей совокупно – лишь 17,6 % [11]. Такая концентрация обусловлена необходимостью масштабных инвестиций в современное оборудование и технологии.

Около 39 % всего объема пищевого яйца обеспечивают 15 крупнейших птицефабрик, каждая из которых производит свыше 500 млн яиц в год. Подобная конфигурация рынка, по мнению Ю. В. Чутчевой и Т. И. Ашмариной, «способствует повышению технологического уровня и эффективности производства, а с другой – усиливает системные риски отрасли, связанные с возможными сбоями в работе ведущих производителей» [7].

Технологические тренды современного птицеводства ориентированы на углубление переработки сырья и более полное использование биологического потенциала яйца. В структуре использования яйцепродуктов на долю яиц в скорлупе приходится порядка 71,2 %, однако уже около 15,1 % занимают функциональные продукты, 5,2 % – жидкие пастеризованные продукты, 6,5 % – сухие яйцепродукты и около 2 % – готовые пищевые изделия на основе яйца [11].

П. Н. Косов и Ю. В. Чутчева отмечают, что «воспроизводство машинно-тракторного парка аграрного сектора в условиях ESG-трансформаций требует не только обновления техники, но и внедрения цифровых решений для повышения эффективности использования ресурсов» [2]. В птицеводстве это проявляется в автоматизации процессов кормления, поения, сбора яйца, контроля микроклимата и ветеринарного мониторинга.

Развитие материально-технической базы птицеводства требует значительных инвестиционных вложений. Как подчеркивает Ю. В. Чутчева, «инвестиционные процессы в агропромышленном комплексе являются основой его устойчивого развития и конкурентоспособности» [5]. Однако традиционные источники финансирования часто недостаточны для масштабной модернизации производственных мощностей.

В. И. Трухачев, П. Н. Косов и Ю. В. Чутчева рассматривают лизинг как эффективный инструмент технического обеспечения аграрного сектора. «Лизинг позволяет снизить финансовую нагрузку на предприятия, обеспечивая постепенное обновление парка оборудования при сохранении оборотного капитала для

текущей деятельности» [4]. Особенно актуально это для птицеводческих предприятий, где высокая стоимость современных комплексов требует долгосрочного финансирования.

Современный этап развития аграрного сектора характеризуется цифровизацией и внедрением индустрии 4.0. Ю. В. Чутчева отмечает, что «цифровая трансформация сельского хозяйства – это не просто внедрение отдельных технологий, а комплексная перестройка системы управления, логистики и технологических процессов» [5]. В птицеводстве цифровые технологии позволяют оптимизировать кормление птицы, контролировать здоровье стада в реальном времени, автоматизировать сбор и сортировку яиц, что значительно повышает эффективность производства.

Машинно-технологические компании (МТК) становятся важным инструментом технической модернизации сельского хозяйства. Как отмечают П. Н. Косов, Ю. В. Чутчева и В. Н. Кузьмин, «МТК обеспечивают комплексное обслуживание сельхозпредприятий, включая поставку оборудования, сервисное обслуживание, обучение персонала и консультирование по технологическим вопросам» [3]. В птицеводстве такие компании могут предоставлять специализированные решения для автоматизации птичников, систем вентиляции и отопления, оборудования для переработки яйца.

Оренбургская область представляет собой яркий пример успешной модернизации птицеводства на основе развития материально-технической базы. Регион в 2024 году достиг рекордного объема производства яиц – около 1,1 млрд штук, что стало возможным благодаря масштабной реконструкции производственных мощностей.

Ключевым проектом стал запуск после реконструкции ООО «Оренбург-3» (яичного направления). По информации регионального Минсельхоза, к сентябрю 2024 года на этом предприятии уже получено 63 млн яиц; ожидаемый объем за полный год – порядка 80 млн штук. «Модернизация существующих фабрик – яркий пример: реконструкция и запуск птицефабрики «Оренбург-3» позволили внедрить новое оборудование и поголовье высокопродуктивных кроссов, что сразу отразилось на объемах производства» [12].

Процесс консолидации производства в Оренбургской области идет параллельно с технологическим обновлением. Четыре ведущих предприятия формируют около 73 % общего объема производства яиц в регионе. «Крупные комплексы выигрывают за счет эффекта масштаба и инвестиций. В последние годы наблюдается укрупнение интегрированных компаний, поглощение или вытеснение менее эффективных производителей» [12]. Такая концентрация позволяет реализовывать масштабные инвестиционные проекты по модернизации.

Современные птицефабрики Оренбургской области располагают не только производственными мощностями, но и собственными инкубаторами и комбикормовыми цехами, что обеспечивает им более низкую себестоимость и устойчивость в сравнении с мелкими производителями. Средняя продуктивность кур-несушек достигает 330 яиц на курицу в год, что соответствует уровню лучших

российских кроссов. «Этого удастся добиться за счет улучшения условий кормления, оптимизации микроклимата птицекомплексов и генетического потенциала поголовья» [12].

Особое внимание в регионе уделяется развитию племенной базы. «В Оренбуржье ведут селекционно-генетическую работу сразу несколько хозяйств: племенные репродукторы ООО «Уральский бройлер» (бройлерное направление) и ЗАО «Птицефабрика Оренбургская» (яичное направление), а также уникальное генофондное хозяйство ООО «Корунд» [12]. Последнее является единственным в России хранителем ценной породы крупный серый гусь, что имеет стратегическое значение для сохранения отечественных генетических ресурсов.

Современные требования к устойчивому развитию формируют новые приоритеты в развитии материально-технической базы птицеводства. Д. А. Антонова, Т. И. Ашмарина, Т. В. Бирюкова и др. подчеркивают, что «ESG-трансформация аграрного бизнеса предполагает интеграцию экологических, социальных и управленческих принципов в стратегию развития предприятий» [10].

В птицеводстве экологический аспект проявляется в решении проблемы утилизации отходов производства. Современные птицефабрики внедряют системы переработки помета в органические удобрения, используют биогазовые установки для производства энергии, внедряют замкнутые системы водоснабжения. Ю. В. Чутчева и Т. И. Ашмарина отмечают, что «стратегия и вектор развития зеленой экономики в АПК должны основываться на принципах ресурсосбережения и минимизации негативного воздействия на окружающую среду» [8].

Социальная составляющая ESG включает создание безопасных и комфортных условий труда для работников птицеводческих предприятий, развитие социальной инфраструктуры в сельской местности. Как отмечается в докладе по Оренбургской области, «предприятия участвуют в социальных программах на селе, вкладываются в улучшение экологии производства» [12].

Управленческий компонент ESG предполагает внедрение современных систем управления качеством, прослеживаемости продукции, биобезопасности. В птицеводстве это особенно важно для обеспечения эпизоотического благополучия и качества продукции. «Усиливается внимание к биобезопасности и качеству продукции: внедряются современные системы ветеринарного контроля, отслеживаемости партии яиц от фермы до прилавка» [11].

Цифровизация становится ключевым фактором ESG-трансформации птицеводства. Н. Р. Александрова, А. К. Субаева и Ю. В. Чутчева отмечают, что «цифровизация сельского хозяйства открывает новые возможности для повышения эффективности, прозрачности и устойчивости производственных процессов» [1]. Цифровые платформы позволяют отслеживать жизненный цикл продукции, оптимизировать использование ресурсов, минимизировать риски и обеспечивать соответствие стандартам устойчивого развития.

Анализ развития материально-технической базы птицеводства России и Оренбургской области позволяет сделать следующие выводы:

1. Современное птицеводство характеризуется высокой степенью концентрации производства и технологической насыщенности, что требует значительных инвестиций в обновление материально-технической базы;

2. Инвестиционные механизмы, такие как лизинг и деятельность машинно-технологических компаний, играют ключевую роль в обеспечении предприятий современным оборудованием и технологиями;

3. Региональный опыт Оренбургской области демонстрирует эффективность комплексной модернизации производственных мощностей с одновременным обновлением поголовья и внедрением цифровых технологий;

4. ESG-трансформация формирует новые требования к материально-технической базе птицеводства, ориентируя ее на принципы устойчивого развития, ресурсосбережения и социальной ответственности;

5. Цифровизация становится объединяющим фактором, позволяющим интегрировать передовые технологии в единую систему управления производством и обеспечивать конкурентоспособность отрасли на внутреннем и внешнем рынках.

Перспективы развития материально-технической базы птицеводства связаны с дальнейшей интеграцией цифровых технологий, развитием систем искусственного интеллекта для прогнозирования продуктивности и контроля здоровья птицы, внедрением роботизированных комплексов для автоматизации трудоемких процессов.

Как подчеркивает Ю. В. Чутчева, «трансформация рынка сельскохозяйственной техники в условиях реализации ESG-принципов требует не только обновления парка оборудования, но и формирования новой парадигмы управления производством, основанной на принципах устойчивого развития» [9]. Реализация этих подходов позволит обеспечить устойчивое и эффективное производство продукции птицеводства, укрепить продовольственную безопасность страны и повысить конкурентоспособность отрасли на мировом рынке.

В условиях глобальных вызовов и трансформации агропромышленного комплекса развитие материально-технической базы птицеводства должно стать приоритетом государственной аграрной политики. Поддержка инвестиционных проектов, стимулирование инновационной деятельности, создание благоприятных условий для цифровизации – ключевые направления, которые обеспечат устойчивое развитие отрасли в долгосрочной перспективе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александрова, Н. Р. Цифровизация сельского хозяйства: тенденции и перспективы развития / Н. Р. Александрова, А. К. Субаева, Ю. В. Чутчева // Естественно-гуманитарные исследования. – 2024. – № 2(52). – С. 25-30.

2. Косов, П. Н. Воспроизводство машинно-тракторного парка аграрного сектора в условиях ESG-трансформаций / П. Н. Косов, Ю. В. Чутчева // Экономика сельского хозяйства России. – 2022. – № 9. – С. 25-30.

3. Машинно-технологические компании как инструмент технической модернизации сельского хозяйства : аналитический обзор / П. Н. Косов, Ю. В. Чутчева, В. Н. Кузьмин [и др.]. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. – 88 с.

4. Трухачев, В. И. Лизинг в решении вопросов технического обеспечения аграрного сектора экономики / В. И. Трухачев, П. Н. Косов, Ю. В. Чутчева // Чтения академика В. Н. Болтинского. – М., 2022. – С. 10-18.
5. Чутчева, Ю. В. Цифровая трансформация сельского хозяйства: от теории к практике / Ю. В. Чутчева // Russian Journal of Management. – 2024. – Т. 12, № 4. – С. 113-123.
6. Чутчева, Ю. В. Экономические закономерности воспроизводства сельскохозяйственной техники / Ю. В. Чутчева. – М.: ООО «Издательство «Триада», 2011. – 254 с.
7. Чутчева, Ю. В. Стратегия и вектор развития зелёной экономики в АПК / Ю. В. Чутчева, Т. И. Ашмарина // Стратегии и векторы развития АПК: Сборник статей по материалам национальной конференции. – Краснодар, 2021. – С. 420-424.
8. Чутчева, Ю. В. Трансформация рынка сельскохозяйственной техники в условиях реализации ESG-принципов / Ю. В. Чутчева, Т. И. Ашмарина // Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России. – Ижевск, 2022. – С. 382-387.
9. Чутчева, Ю. В. Инвестиционные процессы в агропромышленном комплексе / Ю. В. Чутчева, М. М. Сеидов, О. Ш. Тогоев // Международный технико-экономический журнал. – 2012. – № 5. – С. 5-8.
10. Экономика устойчивого развития и ESG-трансформация аграрного бизнеса / Д.А. Антонова, Т.И. Ашмарина, Т.В. Бирюкова [и др.]. – М.: ООО «Сам полиграфист», 2024. – 175 с.
11. Мировое и отечественное птицеводство: реалии и вызовы будущего [Электронный ресурс] // MAP Russia. – Режим доступа: https://mapsummit.ru/news/mirovoe_i_otchestvennoe_ptitsevodstvo_realii_i_vyzovy_budushchego/ (дата обращения: 13.01.2026).
12. Парлюк, Е. П. Жизненный цикл технической системы как экономическая категория / Е. П. Парлюк // Международный технико-экономический журнал. – 2013. – № 2. – С. 43-47.
13. Пресс-служба Минсельхоза Оренбургской обл. Оренбургская область увеличивает объёмы производства куриных яиц (по данным на 1 октября 2024 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrarnayanauka.ru/orenburgskaya-oblast-uvelichivaet-obemy-proizvodstva-kurinyh-yaicz/>.

Об авторе:

Нефедова Марина Юрьевна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

About the author:

Marina Yu. Nefedova, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАВЕСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А. А. Новиков

Научный руководитель – Н. В. Перевозчикова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В работе рассмотрена необходимость модернизации сельскохозяйственных машин для обеспечения их совместимости с перспективными тракторами на электромотор-колёсах для повышения энергоэффективности, управляемости, экологичности и интеграции в системы цифрового аграрного производства.

Ключевые слова: электрический привод, модернизация сельскохозяйственных машин, энергоэффективность, цифровое управление.

RELEVANCE OF USING ELECTRIC DRIVES FOR ATTACHED EQUIPMENT IN AGRICULTURE

A. A. Novikov

Scientific advisor – N. V. Perevozchikova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The paper examines the need to modernize agricultural machinery to ensure its compatibility with advanced tractors equipped with electric motor-wheels, with the aim of enhancing energy efficiency, controllability, environmental sustainability, and integration into digital agricultural production systems.

Keywords: electric drive, modernization of agricultural machinery, energy efficiency, digital control.

В условиях усиливающихся требований к снижению выбросов вредных веществ и повышению энергоэффективности, электрификация силовых установок тракторов становится важным направлением развития. Использование электромотор-колёс позволяет снизить потери энергии, отказаться от громоздких механических передач и улучшить экологические характеристики техники.

Большинство современных сельскохозяйственных машин (плугов, сеялок, культиваторов и пр.) проектировались под тракторы с классическим дизельным или гидромеханическим приводом. Их эксплуатация в паре с машинами, осна-

щёнными электромотор-колёсами, требует модернизации как по конструктивным, так и по функциональным параметрам, чтобы обеспечить совместимость, устойчивость и эффективность работы [1].

Электроприводные системы позволяют реализовать точное регулирование тягового усилия, скорости и момента, что положительно влияет на качество обработки почвы, снижает уплотнение, и увеличивает срок службы техники. Это особенно важно при работе с тяжёлым навесным и прицепным оборудованием, характерным для тракторов высокого тягового класса.

Современные сельхозмашины должны быть совместимы с системами GPS-навигации, автоматизации и мониторинга, что легко реализуется на базе электрических приводов и цифрового управления. Модернизация машин позволяет обеспечить их интеграцию в цифровую экосистему агропредприятия [2].

Современное сельское хозяйство предъявляет высокие требования к эффективности, надежности и экологичности машинно-тракторных агрегатов. Одним из перспективных направлений развития тракторной техники является переход от традиционных механических и гидромеханических трансмиссий к электромотор-колёсам, обеспечивающим более высокую управляемость, точность и энергоэффективность [3].

Тракторы высокого тягового класса традиционно используются в тяжёлых полевых работах и агрегатируются с энергоёмкими сельскохозяйственными орудиями. Однако большинство таких машин были сконструированы с учётом классических систем привода и не адаптированы к особенностям электрического привода, что снижает эффективность их использования в составе модернизированных тракторов.

В связи с этим возникает необходимость в модернизации сельскохозяйственных машин, обеспечивающей:

- конструктивную совместимость с тракторами нового типа;
- эффективное распределение нагрузок и передача тягового усилия;
- повышение надёжности и срока службы при новых режимах работы;
- возможность интеграции с интеллектуальными системами управления (точное земледелие, телеметрия и т.д.).

Электрическая трансмиссия имеет ряд преимуществ для сельского хозяйства по сравнению с механической, среди них:

Энергоэффективность. Электрические приводы могут быть более эффективными, чем гидравлические, особенно при частичных нагрузках.

Регулируемая мощность. Электрические приводы позволяют оптимизировать энергопотребление в зависимости от конкретных условий работы оборудования.

Эффективное использование энергии. Электрические приводы потребляют энергию только в момент работы, что позволяет сократить энергопотребление в периоды простоя и снизить общие эксплуатационные расходы.

Улучшенная точность и контроль. Электрические приводы обладают более высокой точностью позиционирования, что позволяет более точно управлять движением и расположением рабочих органов сельскохозяйственной техники.

Повышенная безопасность. Электрические приводы могут обеспечивать более высокий уровень безопасности в сравнении с гидравлическими системами, например, благодаря возможности мгновенной остановки и изменения направления движения.

Экологичность. Электрические тракторы практически не производят выбросов в атмосферу, что помогает фермерам соответствовать экологическим стандартам и снижать углеродный след.

Меньшие эксплуатационные расходы. Электрические двигатели требуют меньше обслуживания, чем дизельные: нет необходимости в замене масла, фильтров, свечей и других расходных материалов.

В данной статье мы рассмотрим основные типы электродвигателей, подходящие для установки в мотор-колёса сельскохозяйственной техники, их характеристики, преимущества и недостатки [4-6].

1. Асинхронные электродвигатели (АД)

Тип: трёхфазный с короткозамкнутым ротором.

Преимущества: простота конструкции и обслуживания, низкая стоимость, надёжность в пыльной и влажной среде.

Недостатки: низкая эффективность при переменной нагрузке, требует частотного преобразователя, применимы для базовых мотор-колёс тракторов и прицепных орудий.

2. Синхронные электродвигатели с постоянными магнитами (PMSM)

Тип: синхронный двигатель с ротором на постоянных магнитах.

Преимущества: высокий КПД (до 96 %), компактность и меньшая масса, большой пусковой момент.

Недостатки: высокая стоимость, чувствительность к перегреву.

Наиболее перспективны для применения в мотор-колёсах.

3. Бесщёточные двигатели постоянного тока (BLDC)

Тип: электронно-коммутируемый двигатель.

Преимущества: отсутствие щёток, тихая работа, хорошо подходят для встроенных решений.

Недостатки: требуют контроллера, меньшая устойчивость к пиковым нагрузкам. Широко применяются в автономной и роботизированной технике.

4. Коллекторные двигатели постоянного тока

Преимущества: простота управления, высокий стартовый момент.

Недостатки: быстрый износ щёток, искрение, пониженная надёжность в запылённой среде.

Практически не применяются в современной технике.

5. Релуктантные двигатели (SRM)

Тип: двигатели с переменным магнитным сопротивлением.

Преимущества: простота конструкции, высокая надёжность, не используют постоянные магниты.

Недостатки: низкий КПД, повышенный шум, сложное управление.

Используются в опытных образцах.

В таблице 1 представлены сводные показатели рассматриваемых электродвигателей.

Таблица 1 – Сравнение двигателей

Тип двигателя	КПД	Масса/ га-бариты	Стоимость	Надёжность и нагрузки	Применимость
Асинхронный	★★★	★★	★★★★★	★★★	Хорошая
PMSM	★★★★★	★★★★★	★★	★★★★★	Отличная
BLDC	★★★★★	★★★★★	★★★★	★★★	Хорошая
Коллекторный	★★	★★★	★★	★★	Низкая
SRM	★★	★★★	★★	★★★	Ограниченная

Таким образом, электрическая трансмиссия способствует повышению эффективности, устойчивости и конкурентоспособности сельскохозяйственного производства. Однако, модернизация сельскохозяйственных машин с использованием электромотор-колёс требует внедрения дополнительных мер по обеспечению безопасности труда. Главными направлениями являются защита от поражения электрическим током, травматизма от подвижных частей, снижение шумовой и вибрационной нагрузки, а также обучение персонала работе с электротехникой. Выполнение всех рекомендаций способствует снижению профессиональных рисков и повышает надёжность эксплуатации техники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грибов, И. В. Мощность – основной показатель для трактора тягово-энергетической концепции / И. В. Грибов, Н. В. Перевозчикова // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2017. – № 5(81). – С. 18-22.
2. Дидманидзе, О. Н. Основные направления развития тягово-транспортных средств в АПК / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, А. М. Карев // Доклады ТСХА, Москва, 02-04 декабря 2014 года. Том 1. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.
3. Никитина, В. Д. Анализ влияния цифровых технологий на безопасность эксплуатации транспортно-технологических машин / В. Д. Никитина, Н. В. Перевозчикова // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 160-летию Тимирязевской академии: Сборник статей, Москва, 02-04 июня 2025 года. – М. : Российский государственный аграрный университет, 2025. – С. 359-361.
4. Перевозчикова, Н. В. Обзор конструкции электромотор-колес для транспортных средств / Н. В. Перевозчикова, Е. А. Петухов, А. В. Катаев // Чтения академика В. Н. Болтинского : Сборник статей научно-практической конференции, посвященный 90-летию Шарова Николая Михайловича, Москва, 23-24 октября 2024 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2024. – С. 300-305.
5. Дидманидзе, О. Н. Пути развития транспортных энергоустановок / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов. – М. : ООО «Триада», 2006. – 64 с. – ISBN 5-9546-0035-X.

6. Техническое регулирование в области сельскохозяйственных самоходных машин с учетом переоснащения и внесения изменений в конструкцию / О. Н. Дидманидзе, Р. С. Федоткин, В. А. Крючков [и др.] // Транспортное дело России. – 2024. – № 2. – С. 91-94.

7. Шутенко, В. В. Создание алгоритма управления индивидуальным приводом ведущих колес транспортно-технологического модуля / В. В. Шутенко, Н. В. Перевозчикова // Агроинженерия. – 2020. – № 5(99). – С. 10-15. – DOI 10.26897/2687-1149-2020-5-10-15.

8. Столяров, Д. М. Анализ современных двигателей внутреннего сгорания с электросиловыми установками / Д. М. Столяров, Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев // Наука без границ. – 2019. – № 6(34). – С. 56-59.

Об авторах:

Новиков Алексей Алексеевич, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), nov1kov@internet.ru.

Научный руководитель – Перевозчикова Наталия Васильевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, n.perevozchikokova@rgau-msha.ru.

About the authors:

Aleksey A. Novikov, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), nov1kov@internet.ru.

Scientific advisor – Natalya V. Perevozchikova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, n.perevozchikokova@rgau-msha.ru.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАВЕСНОЙ СИСТЕМЫ ТРАКТОРА И ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ЕГО УПРАВЛЕНИЯ

Я. Д. Павлов, Н. С. Кривых

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрена возможность перехода на электропривод заднего навесного устройства с сохранением параметров его работы. Рассмотрена система управления электроприводом для обеспечения плавающего положения навесного устройства, а также преимущества перехода на электропривод.

Ключевые слова: электрическое навесное устройство, электропривод, актуатор, электротрактор, гибридный трактор.

APPLICATION OF ELECTRIC DRIVE OF TRACTOR MOUNTED SYSTEM AND FEATURES OF ITS CONTROL SYSTEM

Ya. D. Pavlov, N. S. Krivyh

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. This article examines the feasibility of switching to an electric drive for a rear hitch while maintaining its operating parameters. The electric drive control system for ensuring the hitch's floating position is discussed, as well as the advantages of switching to an electric drive.

Keywords: electric hitch, electric drive, actuator, electric tractor, hybrid tractor.

В настоящее время отчетливо видна тенденция перехода от использования двигателей внутреннего сгорания в сторону электрических и гибридных силовых установок. На тракторах ДВС является источником энергии для многих систем, и они подстроены под данные режимы работы, при которых частота вращения варьируется в определенном диапазоне [6]. Но такие системы работают не эффективно с точки зрения расхода энергии. При создании электрических тракторов или гибридных, с возможностью движения в режиме электротяги, вопрос энергетической эффективности стоит очень остро [1]. Аккумуляторная батарея такого трактора имеет ограниченный объем, а время необходимое для подзарядки значительно превышает время заправки бака топливом у аналогов с ДВС. Поэтому необходимо разрабатывать новые более эффективные системы.

На тракторах используется заднее навесное устройство для присоединения различных сельскохозяйственных и коммунальных орудий. Обычно подъем и

опускание навесного устройства осуществляется за счет гидроцилиндра. Гидросистема трактора получает энергию от ДВС, то есть насос вращается постоянно. Навесное устройство имеет 4 основных положения: подъем, нейтральное, опускание и плавающее [3, 7]. Подъем и опускание отвечают за одноименные функции, нейтральное положение фиксирует навесное устройство в текущем положении, а плавающее положение необходимо для того, чтобы прицепленное орудие имело возможность копировать рельеф местности, в таком режиме оно опирается на свои опорные колеса или катки [5].

При создании тракторов, способных двигаться на электротяге, когда ДВС выключен, используют электрические насосные станции, которые питаются от тягового аккумулятора. Эффективность работы такой системы, так как общий КПД системы снижается. Так КПД стандартной гидросистемы трактора составляет от 50 до 72 %, при использовании электропривода для насоса – 40...65 % [2]. С учетом ограниченной емкости аккумуляторной батареи использование такого варианта нецелесообразно.

Альтернативным вариантом можно рассмотреть использование линейных актуаторов, которые могут заменить гидроцилиндры. К их преимуществам можно отнести:

- высокий КПД;
- одинаковое усилие на втягивание и толкание;
- улучшение экологических показателей (отсутствие течей масла).

Но у них есть и недостатки:

- более высокая стоимость;
- сложность реализации плавающего положения.

Привод линейного актуатора осуществляется за счет электродвигателя, за счет этого достигается КПД до 84 %, также такой актуатор потребляет энергию только в момент перемещения, в отличие от гидравлической системы, которая потребляет энергию постоянно [4]. Такая система уже появилась на серийно выпускаемой технике. Погрузчик Bobcat t7x полностью электрический, на подъем и опускание стрелы и опрокидывание ковша установлены актуаторы.

Для обеспечения плавающего положения навесного устройства с линейным актуатором предлагается использовать датчик усилия, который устанавливается в креплении актуатора к трактору. Определение составляющей усилия, проходящей вдоль оси актуатора, позволяет оценить вес орудия, приходящийся на навесное устройство. Так как при работе в плавающем положении орудие опирается на свои опорные колеса или катки, его вес практически полностью приходится на них, а на навесное устройство только горизонтальная составляющая, возникающая вследствие возникновения сопротивления заглубленного орудия. Таким образом, поддерживая вертикальную составляющую веса в диапазоне низких значений за счет приподнимания и опускания навесного устройства, можно реализовать плавающее положение.

В результате использования электроприводного навесного устройства электрического или гибридного трактора возможно повысить эффективность его использования и увеличить время работы от аккумулятора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Evaluation of energy-economic parameters of tractor with electrically driven power unit / A. V. Bizhaev, N. S. Devyanin, V. L. Chumakov [et al.] // E3S Web of Conferences : II International Conference on Environmental Technologies and Engineering for Sustainable Development (ETESD-II 2023), Tashkent, 13-15 сентября 2023 года. Vol. 443. – Tashkent: EDP Sciences, 2023. – P. 03004. – DOI 10.1051/e3sconf/202344303004.
2. Бижаев, А. В. Оценка параметров работы трактора с электроприводом / А. В. Бижаев, В. Л. Чумаков // Чтения академика В. Н. Болтинского : Сборник статей, Москва, 25-26 января 2022 года. Часть 1. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2022. – С. 173-182.
3. Температурные показатели охлаждающих жидкостей для аккумуляторов электротракторов и электромобилей / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, А. И. Сучков [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2023. – Т. 17, № 4. – С. 55-61. – DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-4-55-61.
4. Кривых, Н. С. Алгоритм использования индивидуального привода колес трактора посредством электрической тяги / Н. С. Кривых // Чтения академика В. Н. Болтинского : Сборник статей, Москва, 22-23 января 2025 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2025. – С. 107-112.
5. Использование индивидуального привода колес трактора посредством электрической тяги / А. В. Бижаев, С. М. Ветрова, А. С. Барчукова, Н. С. Кривых // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2024. – Т. 18, № 2. – С. 78-85. – DOI 10.22314/2073-7599-2024-18-2-78-85.
6. Параметрическая характеристика двигателя трактора по удельному расходу топлива / С. Н. Девянин, А. В. Бижаев, Я. Д. Павлов [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2023. – Т. 17, № 4. – С. 68-74. – DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-4-68-74.
7. Дидманидзе, О. Н. Проектирование производственных процессов в растениеводстве с использованием компьютерных технологий / О. Н. Дидманидзе, О. П. Андреев, А. Н. Журилин. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2018. – 150 с.
8. Столяров, Д. М. Анализ современных двигателей внутреннего сгорания с электросиловыми установками / Д. М. Столяров, Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев // Наука без границ. – 2019. – № 6(34). – С. 56-59.

Об авторах:

Павлов Ярослав Дмитриевич, ассистент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), ya.pavlov@rgau-msha.ru.

Кривых Николай Сергеевич, ассистент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), krivyh05@gmail.com.

About the authors:

Yaroslav D. Pavlov, Assistant of the Department of tractors and automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), ya.pavlov@rgau-msha.ru.

Nikolay S. Krivykh, Assistant of the Department of tractors and automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), krivyh05@gmail.com.

ПРИМЕНЕНИЕ БИОТОПЛИВА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

М. Г. Парфенов

Научный руководитель – Е. А. Улюкина

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Постоянный рост цен на моторное топливо приводит к поиску альтернативных видов топлива. С точки зрения возобновляемости ресурсов целесообразно использовать продукты из растительного сырья. Проводились исследования эксплуатационных свойств различных видов растительных масел, их эфиров, а также смесевых биотоплив.

Ключевые слова: биотопливо, эфиры растительных масел, эксплуатационные свойства.

APPLICATION OF BIOFUEL IN AGRICULTURAL PRODUCTION

M. G. Parfenov

Scientific advisor – E. A. Ulyukina

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. Increase in the prices of motor fuel leads to the search for alternative fuels. From the point of view of the renewability of resources, it is expedient to use products from plant raw materials. Research was conducted on the performance properties of various types of vegetable oils, their esters, and mixed biofuels.

Keywords: biofuels, vegetable oil esters, performance properties.

Сельскохозяйственные предприятия России ежегодно потребляют более 170 млн т моторных топлив, получаемых из нефти. Цена на поставляемое сельскому хозяйству моторное топлива ежегодно растет, что влияет на себестоимость сельскохозяйственной продукции. Это приводит к поиску альтернативных видов моторного топлива [1]. Использование в качестве моторного топлива продуктов из органического (растительного) сырья решает одновременно и экономические, и экологические проблемы. Они не содержат соединений серы и образуют при сгорании гораздо меньше вредных веществ, таких как оксид углерода СО, многоатомные углеводороды, сажа, оксиды азота и др. [2, 3].

Среди многих видов биотоплива, которые можно использовать для производства моторных топлив для дизельных двигателей следует выделить биотоплива из растительных масел [1-5]. Растительные масла могут применяться как самостоятельное топливо для дизелей, так и в смесях с дизельным топливом, а также перерабатываются в метиловый, этиловый или бутиловый эфиры, используемые как самостоятельное биотопливо или как смесевые топлива (в смеси с дизельным или другими альтернативными топливами). В качестве биотоплива могут использоваться разнообразные растительные масла: рапсовое, кукурузное, льняное, хлопковое, соевое, пальмовое, арахисовое, оливковое и т.д. В России наиболее распространенным растительным маслом является подсолнечное. Объем его производства превышает 80 % общего объема производства растительных масел. Возможность использования растительных масел и их эфиров в качестве моторного топлива определяется их физико-химическими и эксплуатационными свойствами: плотностью, вязкостью, теплотой сгорания, фракционным составом, взаимодействием с конструкционными материалами и т.п.

Все растительные масла являются горючими и могут применяться в качестве моторных топлив. Однако низкая испаряемость и высокая вязкость исключает их использование в бензиновых двигателях, но они могут применяться в качестве топлива для дизелей. Температура их самовоспламенения (280...320 °С) немного превышает температуру самовоспламенения дизельного топлива (230...300 °С), при этом цетановое число растительных масел сопоставимо с цетановым числом дизельного топлива (40...55) [6] (таблица 1).

Таблица 1 – Физико-химические свойства растительных масел

Физико-химические свойства	Масла						
	рапсовое	подсолнечное	соевое	пальмовое	оливковое	хлопковое	арахисовое
Плотность при 20°С, кг/м ³	916	923	924	918	914	919	917
Вязкость кинематическая, мм ² /с при 20°С	75,0	65,2	-	-	-	-	81,5
40°С	36,0	30,7	32,0	-	-	-	36,5
100°С	8,1	7,4	7,7	8,6	8,4	7	8,3
Цетановое число	36	33	50	49	-	-	37
Теплота сгорания низшая, МДж/кг	37,3	37,0	36-39	37,1	-	-	37,0
Температура самовоспламенения °С	318	320	318	315	285	316	-
Температура застывания, °С	- 20	- 16	- 12	+ 30	- 12	- 18	-
Содержание серы, % (масс.)	0,002	-	-	-	-	-	-
Содержание, % по массе							
С	78,0	77,6	77,5	77,6	-	77,1	78,0
Н	10,0	11,5	11,5	12,0	-	11,7	12,3
О	12,0	10,9	11,0	11,4	-	11,2	9,7
Кислотность, мг КОН/100 мл топлива	4,66	2,14	0,03	0,17	5,90	0,23	-
Коксуемость 10%-ного остатка, % (не более)	0,40	0,51	0,44	-	0,20	0,23	-

Примечание: «-» – свойства не определялись

Были проведены исследования эксплуатационных свойств смесового топлива на основе рапсового масла, метилового эфира подсолнечного масла (МЭПМ) и метилового эфира рапсового масла (МЭРМ), фракционный состав двух исследованных эфиров очень близок, но отличается от дизельного топлива более высокой температурой начала перегонки и узким диапазоном фракционирования: дизельное топливо выкипает в пределах от 190 до 340 °С, а эфиры растительных масел имеют узкий диапазон перегонки – от 310 до 360 °С [7], поэтому эфиры имеют большую вязкость и плотность по сравнению с дизельным топливом. Указанные отличия физических свойств метиловых эфиров растительных масел от свойств дизельного топлива оказывают влияние на параметры топливоподачи и, следовательно, на показатели топливной экономичности и токсичности отработавших газов дизеля. В работе [8] проводились испытания работы дизеля на смеси дизельного топлива и метилового эфира подсолнечного масла различных концентраций, установлено, что экологические показатели улучшаются – уменьшаются выброс оксидов азота в отработавших газах на 3,9 %, монооксида углерода на 22 %, углеводородов на 19 %, снижается дымность, при этом отмечено, что несколько увеличился удельный расход топлива и снизился КПД дизеля.

Были проведены исследования взаимодействия конструкционных материалов с различными видами биотоплива, в том числе: рапсовым маслом, смесевым топливом на основе рапсового масла, МЭРМ, МЭПМ и смесового топлива на основе МЭПМ (соотношение метилового эфира подсолнечного масла в дизельном топливе 5 %, 10 %, 25 % и 50 %). Эта методика описана в работе [9].

Установлено, что смесевые биотоплива на основе растительных масел и эфиров (МЭРМ и МЭПМ) не оказывают существенного влияния на детали, изготовленные из конструкционной стали. В то же время резинотехнические изделия не выдерживают даже сравнительно кратковременного контакта с МЭРМ и МЭПМ [8]. Предлагается резиновые прокладочные и уплотнительные детали оборудования, предназначенного для операций с эфирами, заменить на другой материал, например, на тетрафторэтилен (фторопласт). Этот материал обладает высокой химической стойкостью практически ко всем химически активным и агрессивным жидкостям, в том числе и к эфирам.

Выводы

Наиболее перспективным направлением замещения нефтяных топлив альтернативными продуктами представляется использование в качестве горючего для двигателей внутреннего сгорания топлив, получаемых из биологического сырья. Развитие производства различных видов биотоплива имеет реальные перспективы, но следует учитывать особенности их эксплуатационных свойств, что требует замены некоторых материалов в топливном оборудовании.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сравнительный анализ технологий получения биотоплива для дизельных двигателей / А. Н. Зазуля, С. А. Нагорнов, С. В. Романцова, В. Ф. Федоренко, Д. С. Буклагин, И. Г. Голубев. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 96 с.

2. Биотоплива для двигателей внутреннего сгорания / В. А. Марков, С. Н. Девянин, С. А. Зыков, С. М. Гайдар. – М. : ООО НИЦ «Инженер». – 2016. – 292 с.
3. Нагорнов, С. А. Тенденции развития технологий производства биодизельного топлива: науч. изд. // С. А. Нагорнов, А. Н. Зазуля, Ю. В. Мещерякова. – М. : ФГБН «Росинформагротех». – 2017. – 172 с.
4. Взаимодействие различных видов биотоплива на основе рапсового масла с конструкционными материалами / Е. А. Улюкина, В. П. Коваленко, Н. Н. Пуляев [и др.] // Международный технико-экономический журнал. – 2010. – № 3. – С. 88-91.
5. Улюкина, Е. А. Перспективы применения биотоплива при эксплуатации сельскохозяйственной и мобильной техники / Е. А. Улюкина // Известия Санкт-Петербургского государственного университета. – 2019. – № 4 (57). – С. 183-193.
6. Улюкина, Е. А. Особенности применения биотоплива в сельскохозяйственном производстве / Е. А. Улюкина // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина. – 2019. – № 6 (94). – С. 23-27.
7. Метиловый эфир подсолнечного масла как экологический компонент нефтяных моторных топлив / В. А. Марков, С. Н. Девянин, Е. А. Улюкина, Н. Н. Пуляев // Транспорт на альтернативном топливе. – 2015. – № 4(46). – С. 29-41.
8. Улюкина, Е. А. Улучшение эксплуатационных свойств нефтяных и смесевых моторных топлив : монография / Е. А. Улюкина. – М. : МЭСХ. – 2025. – 228 с.
9. Улюкина, Е. А. Эксплуатационные свойства биотоплив на основе эфиров растительных масел / Е. А. Улюкина, В. Е. Коноплев, М. В. Тачаев // В сб. Чтения академика В. Н. Болтинского. – М., 2021. – С. 285-291.

Об авторах:

Парфенов Марк Геннадиевич, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Улюкина Елена Анатольевна, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, eulykina@rgau-msha.ru.

About the authors:

Mark G. Parfenov, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Elena A. Ulyukina, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, eulykina@rgau-msha.ru.

АКТУАЛИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗ ДАННЫХ НА АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ В ЦЕЛЯХ УВЕЛИЧЕНИЯ ОБОРОТА И ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК

Н. В. Перевозчикова, А. Е. Малько

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается значимость и перспективы развития цифровых технологий в области баз данных, применяемых на современных предприятиях. Представлен обзор текущего состояния отрасли, а также возможные направления её эволюции с учётом современных экономических и технологических реалий.

Ключевые слова: база данных (БД), 1С, ASCON, ГЛОНАСС, GPS, информация, перспективы, цифровая среда.

UPDATING THE USE OF DATABASES AT MOTOR TRANSPORT ENTERPRISES IN ORDER TO INCREASE TURNOVER AND OPTIMIZE TRANSPORTATION

N. V. Perevozchikova, A. E. Malko

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article examines the importance and prospects for the development of digital technologies in the field of databases used in modern enterprises. The article provides an overview of the current state of the industry, as well as possible directions of its evolution, taking into account modern economic and technological realities.

Keywords: database, 1С, ASCON, GLONASS, GPS, information, prospects, digital environment.

На фоне динамичного роста транспортных перевозок автотранспортная отрасль сталкивается с множеством комплексных задач, требующих системного и технологически выверенного подхода аналитика. 2024-2025 годы дали интересную статистику: грузооборот сместился на восток и юг, плечо доставки выросло в среднем на 18...22 %, а вот количество мелких партий увеличилось кратно – на 37 % по сравнению с 2021 годом [1]. Это данные нашей ежеквартальной сводки по 420 транспортным компаниям из 12 регионов. На практике это означает резкое возрастание число транзакций на одну машину. Раньше машина могла идти в одну точку выгрузки трое суток, сегодня за тот же период делает три коротких

рейса с разными заказчиками, разными ставками и разными условиями страхования. Объём первичной информации вырос, а время на её обработку осталось прежним.

Здесь и возникает точка напряжения: старые учётные контуры просто не успевают обрабатывать новый поток данных. Если раньше мы говорили про автоматизацию как про удобный инструмент, то сейчас это вопрос физической выживаемости бизнеса. Без цифрового следа по каждой операции компания теряет не просто время – она теряет деньги на невыставленных счетах, потерянных путевых листах и спорах с заказчиками [2].

Посмотрим на цифры: в сегменте малого бизнеса (до 25 машин) доля ручного учёта всё ещё составляет около 60 %. Это данные нашего опроса за февраль 2025. Используются таблицы, бумажные журналы, иногда – заметки в телефоне. Проблема не в том, что люди не хотят автоматизироваться, а в том, что рыночные предложения не попадают в их экономику.

Стоимость лицензии на нормальную TMS-систему для небольшого парка стартует от 120...150 тысяч в год. Плюс внедрение, плюс обучение. Для компании с оборотом 8...10 миллионов в год – это ощутимый кусок маржи. В результате предприниматель выбирает бесплатный табличный редактор и получает ровно то, за что не заплатил: ошибки дублирования, потерю данных при сбое, невозможность внятно закрыть месяц без ручной сверки каждой цифры [3].

Если посмотреть на распределение инвестиций в софт по отрасли, то картина получается ожидаемая, но показательная. Крупные игроки – примерно 100...120 компаний по стране – давно живут в ERP-контурах. У них расходы на цифровизацию заложены в бюджет, там работают штатные программисты и интеграторы. Проникновение учётных систем там близко к 100 %.

Средний сегмент (парк 30...100 машин) находится в развилке. Примерно две трети уже имеют какую-то систему, но часто это самописные решения или урезанные версии коробочных продуктов. Оставшаяся треть присматривается, но тормозят два фактора: непонятно, окупится ли, и нет человека, который сможет это внедрить без отрыва от основной деятельности.

Малый бизнес – самая проблемная зона. Только 30...35 % используют хоть какие-то автоматизированные средства учёта. Остальные работают по старинке. И это не потому, что они не понимают преимуществ. Просто рынок пока не предложил продукта, который был бы одновременно дешёвым, понятным и работающим без выделенного IT-специалиста [4].

Сейчас на рынке доминируют два подхода. Первый – большие облачные платформы с ежемесячной подпиской. Они мощные, умеют всё, но рассчитаны на компании с выделенным бюджетом и штатом. Второй – локальные инсталляции, которые ставятся на сервер предприятия. Они дают полный контроль, но требуют администрирования и покупки железа.

И те, и другие хорошо интегрируются с современными аналитическими инструментами вроде Yandex DataLens или 1С:Аналитики. Это позволяет строить красивые отчёты и дашборды. Но для малого бизнеса это как учить водителя летать на истребителе – можно, конечно, но зачем такие сложности?

Есть ещё класс решений на базе таблиц с расширенным функционалом. Но здесь мы упираемся в ограничения платформы. Как только количество строк переваливает за несколько тысяч, начинаются вопросы. Как только появляется второй пользователь – конфликты редактирования. Как только нужен доступ с мобильного устройства – проблемы с безопасностью [5].

Если проектировать систему с нуля под задачи малого и среднего бизнеса, отправная точка должна быть другой. Не пытаться повторить функционал дорогих TMS, а закрыть базовые потребности: приём заказа, назначение машины, контроль выхода в рейс, учёт ГСМ, выставление счёта.

Архитектурно это должна быть микросервисная сборка. Ядро отвечает за транзакции – создание, изменение, удаление записей с фиксацией каждого действия. Вокруг навешиваются модули: отчётность, обмен с бухгалтерией, трекинг по ГЛОНАСС, интеграция с системами маркировки. Такой подход позволяет бизнесу начинать с малого и докупать функции по мере роста, а не платить сразу за всё.

С точки зрения размещения – только российские ЦОДы с аттестацией по требованиям ФСТЭК. Это не прихоть, а необходимость: данные о перевозках, клиентах и маршрутах давно стали коммерческой тайной, и хранить их за границей или на непроверенных мощностях – значит создавать риски для бизнеса.

Средства криптографической защиты – обязательный элемент, если мы говорим про юридически значимый документооборот. Электронные путевые листы, акты, счета-фактуры должны подписываться так, чтобы их нельзя было оспорить. Здесь работают стандартные механизмы СКЗИ, сертифицированные ФСБ.

Технология распределённых реестров (блокчейн) – история более точечная. В чистом виде для учёта каждой заправки она избыточна. Но для фиксации ключевых точек в цепочке поставок – приёмка груза, пересечение границ, сдача маркированной продукции – это работает хорошо. Неотказуемость записи снимает массу споров и ускоряет расчёты [6-8].

По опыту пилотных проектов 2024 года, использование DLT в связке с «Честным ЗНАКом» сократило количество претензий по утерянным партиям примерно на 25 %. Цифра пока не валидирована на большой выборке, но тренд понятный.

Следующий уровень – предиктивная аналитика. Здесь задача не просто записывать, что произошло, а подсказывать, что произойдёт. На накопленных данных за несколько лет можно обучить модели, которые будут предсказывать:

- вероятность срыва рейса по погодным условиям или загруженности трасс;
- оптимальное окно для выезда, чтобы избежать простоев под разгрузкой;
- аномальный расход топлива на конкретном маршруте для конкретного водителя;
- остаточный ресурс узлов и агрегатов для планирования ремонтов.

Для небольшого парка такие прогнозы дают экономию 10...15 % от переменных затрат. Для среднего – до 25 %. Это уже не просто учёт, а реальный инструмент управления себестоимостью.

Любая облачная платформа создаёт новые уязвимости. Централизованное хранение удобно, но оно же делает систему привлекательной целью для атак. Поэтому ролевая модель доступа (RBAC) должна быть проработана до уровня каждого документа. Кто имеет право создавать путевой лист, кто подписывать, кто только смотреть – всё это должно быть явно задано и залогировано.

Второй момент – зависимость от каналов связи. В регионах с неустойчивым интернетом нужен асинхронный режим: данные накапливаются локально и синхронизируются при появлении соединения. Это технически сложнее, но иначе систему просто не будут использовать в рейсах, где связь пропадает на несколько часов.

Третий риск – человеческий фактор. Переход с бумаги на цифру для диспетчеров старше 50 лет – стресс. Нужны простые интерфейсы, пошаговые инструкции и период параллельной работы, когда можно ошибиться в программе, но исправить по бумаге. Без этого этапа внедрение провалится, даже если софт идеальный.

Подводя итог нашему мониторингу, можно сказать следующее. Рынок автотранспортных перевозок РФ вошёл в фазу, где цифровой учёт перестаёт быть опцией и становится базовым требованием выживания. Разрыв между крупными игроками и МСП в этом вопросе пока сохраняется, но он не фатален.

Главная задача на ближайшие два года – создать для малого и среднего бизнеса рабочий инструмент, который стоит адекватных денег, не требует найма программиста и решает реальные, а не выдуманные проблемы учёта. Модульная архитектура, российское облако, встроенная криптография и возможность доращивать функционал по мере роста – вот та база, на которой можно строить такие решения.

Если отрасль справится с этой задачей, к 2027 году мы увидим совершенно другой уровень прозрачности перевозок, меньше споров и быстрее деньги в обороте. Если нет – цифровой разрыв продолжит расти, и малый бизнес будет уходить с рынка просто потому, что не сможет подтвердить свои затраты и вовремя выставить счета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» // КонсультантПлюс. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61798/ (дата обращения: 17.11.2025).

2. Техническое регулирование в области сельскохозяйственных самоходных машин с учётом переоснащения и внесения изменений в конструкцию / О. Н. Дидманидзе, Р. С. Федоткин, В. А. Крючков [и др.] // Транспортное дело России. – 2024. – № 2. – С. 91-94.

3. Теоретические основы создания программного обеспечения для эксплуатации и технического обслуживания тракторов и автомобилей / Д. А. Москвичев, А. В. Евграфов, Р. Н. Егоров, Г. Е. Митягин. – М. : Российский государственный аграрный университет, 2025. – 129 с.

4. Шутенко, В. В. Сравнение эффективности использования балластных грузов и транспортно-технологических модулей для повышения тягово-сцепных свойств трактора / В. В. Шутенко, Н. В. Перевозчикова, Д. О. Хорт // Инновации в сельском хозяйстве. – 2019. – № 3 (32). – С. 162-168.

5. Дидманидзе, О. Н. Транспортная энергетика / О. Н. Дидманидзе, Н. Н. Пуляев, Р. Н. Егоров. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Автограф», 2021. – 152 с.

6. Автомобильные перевозки / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, А. М. Карев [и др.]. – М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2018. – 554 с. – ISBN 978-5-7367-1436-0.

7. Дидманидзе, О. Н. Оптимизация грузовых автомобильных перевозок / О. Н. Дидманидзе, Н. Н. Пуляев, Р. Н. Егоров. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Автограф», 2021. – 146 с.

8. Технология машиностроения : лабораторный практикум / А. В. Коломейченко, И. Н. Кравченко, Н. В. Титов [и др.]. – СПб. : Издательство «Лань», 2015. – 272 с. – ISBN 978-5-8114-1901-2.

Об авторах:

Перевозчикова Наталия Васильевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, n.perevozchikokova@rgau-msha.ru.

Малько Алексей Евгеньевич, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), malko_aleksey@mail.ru.

About the authors:

Natalya V. Perevozchikova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, n.perevozchikokova@rgau-msha.ru.

Alexey E. Malko, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), malko_aleksey@mail.ru.

ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ГАУ МО «МОСОБЛЛЕС»

Н. В. Перевозчикова, Д. А. Поддубный

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье анализируются ограничения традиционного мониторинга лесных пожаров в Московской области. Обоснована целесообразность внедрения беспилотных летательных аппаратов в практику ГАУ МО «Мособллес» для повышения оперативности обнаружения возгораний и оптимизации расходов.

Ключевые слова: пожарная безопасность, лесные пожары, мониторинг, беспилотные летательные аппараты, лесное хозяйство.

THE PROBLEM OF ENSURING FIRE SAFETY IN SAI OF MOSCOW OBLAST «MOSOBLLLES»

N. V. Perevozchikova, D. A. Poddubny

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article analyzes limitations of traditional forest fire monitoring in Moscow region and substantiates introducing unmanned aerial vehicles at SAI of Moscow Oblast «Mosoblles» to improve fire detection and optimize costs.

Keywords: fire safety, forest fires, monitoring, unmanned aerial vehicles, forestry.

ГАУ МО «Мособллес» является государственным автономным учреждением, осуществляющим управление лесным фондом Московской области. В одно из его полномочий входит комплекс мероприятий по охране лесов от пожаров, включая профилактику, мониторинг пожароопасной обстановки, а также участие в ликвидации возгораний и их последствий [1].

Деятельность учреждения в области пожарной безопасности регламентируется Лесным кодексом Российской Федерации, федеральными и региональными нормативно-правовыми актами, а также ведомственными инструкциями и регламентами. Система охраны лесов от пожаров включает наземное патрулирование, использование пожарно-наблюдательных вышек, авиационный мониторинг и взаимодействие с подразделениями МЧС [2].

Мониторинг пожароопасной обстановки осуществляется в пожароопасный сезон и направлен на раннее выявление очагов возгорания. Несмотря на наличие отлаженной структуры, практика показывает, что существующие методы не всегда обеспечивают необходимую оперативность и полноту контроля, особенно в условиях сложного рельефа и обширных лесных территорий [3].

Статистика лесных пожаров в Московской области свидетельствует о том, что основными причинами возгораний остаются неосторожное обращение с огнём, сельскохозяйственные палы и нарушения правил пожарной безопасности со стороны населения. Это требует постоянного совершенствования системы мониторинга и внедрения современных технических решений.

Одной из ключевых проблем обеспечения пожарной безопасности является ограниченность традиционных наземных средств наблюдения. Пожарно-наблюдательные вышки и патрульные маршруты не всегда позволяют охватить всю территорию лесного фонда, особенно в удалённых и труднодоступных районах [4].

Значительное влияние оказывает человеческий фактор. Эффективность мониторинга напрямую зависит от квалификации и внимательности персонала, а также от численности сотрудников. В условиях кадровой нагрузки и большого объёма работ возрастает риск позднего обнаружения очагов возгорания.

Дополнительной сложностью является оперативность получения информации. При традиционных методах наблюдения время от момента возникновения пожара до его обнаружения может быть значительным, что приводит к увеличению площади возгорания и усложняет процесс тушения. Это, в свою очередь, ведёт к росту материального ущерба и негативных экологических последствий [5].

Экономические затраты также играют важную роль. Использование авиации и постоянное патрулирование требуют значительных финансовых ресурсов, что ограничивает возможности расширения и модернизации системы мониторинга. В совокупности указанные проблемы свидетельствуют о необходимости поиска более эффективных и экономически целесообразных решений.

Беспилотные летательные аппараты представляют собой авиационные средства, управляемые дистанционно или в автоматическом режиме без присутствия пилота на борту. В последние годы БПЛА активно применяются в различных сферах, включая сельское хозяйство, геодезию, охрану окружающей среды и лесное хозяйство [6].

Для мониторинга пожарной безопасности беспилотники могут оснащаться оптическими камерами высокого разрешения, тепловизорами и другими сенсорами. Это позволяет выявлять очаги возгорания на ранних стадиях, фиксировать задымление и аномальные температурные зоны даже в условиях ограниченной видимости.

К основным преимуществам БПЛА относятся мобильность, высокая скорость обследования территории и возможность работы в труднодоступных районах. В отличие от пилотируемой авиации, использование беспилотников требует меньших затрат и не связано с риском для жизни экипажа [7].

Опыт применения БПЛА в лесном хозяйстве, как в России, так и за рубежом, показывает их высокую эффективность при мониторинге пожаров. Беспилотники позволяют получать актуальные данные в режиме реального времени и оперативно передавать информацию в диспетчерские службы для принятия управленческих решений [8].

Внедрение беспилотных летательных аппаратов в деятельность ГАУ МО «Мособллес» может стать важным шагом в модернизации системы пожарной

безопасности. Основными направлениями использования БПЛА могут быть регулярный мониторинг пожароопасной обстановки, оперативное обследование территорий при поступлении сигналов о возможных возгораниях, а также контроль за распространением огня.

Интеграция беспилотников в существующую систему мониторинга позволит сократить время обнаружения пожаров и повысить точность оценки ситуации. Это особенно важно на ранних стадиях возгорания, когда своевременное реагирование позволяет предотвратить крупные лесные пожары [9, 10].

С экономической точки зрения применение БПЛА может снизить затраты на авиационный мониторинг и оптимизировать использование человеческих ресурсов. Несмотря на первоначальные затраты на приобретение и обучение персонала, в долгосрочной перспективе внедрение беспилотников является экономически оправданным.

К возможным трудностям относятся необходимость нормативного регулирования полётов, техническое обслуживание оборудования и подготовка специалистов. Однако при комплексном подходе данные проблемы могут быть успешно решены.

Проблема обеспечения пожарной безопасности в лесах Московской области остаётся актуальной и требует постоянного совершенствования применяемых методов и средств мониторинга. Анализ деятельности ГАУ МО «Мособллес» показывает, что традиционные способы наблюдения имеют ряд ограничений, связанных с оперативностью, охватом территории и экономическими затратами.

Использование беспилотных летательных аппаратов представляет собой перспективное направление развития системы пожарной безопасности. БПЛА способны существенно повысить эффективность мониторинга, сократить время обнаружения возгораний и минимизировать ущерб от лесных пожаров.

Внедрение беспилотных технологий в деятельность ГАУ МО «Мособллес» может стать важным элементом цифровой трансформации лесного хозяйства и повысить уровень защиты лесного фонда Московской области. Практическая значимость применения БПЛА заключается в повышении экологической безопасности региона и сохранении лесных ресурсов для будущих поколений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесной кодекс Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/?ysclid=mp4e24uu39569811432.
2. Федеральный закон «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 № 69-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/?ysclid=mp4e3gdine130261516.
3. Дидманидзе, О. Н. Влияние пролива дизельного топлива на изменение пожарной опасности торфяных почв при производстве сельскохозяйственных работ / О. Н. Дидманидзе, А. В. Евграфов, А. С. Гузалов // Природообустройство. – 2025. – № 4. – С. 22-27. – DOI 10.26897/1997-6011-2025-4-22-27.

4. Бондаренко, В. А. Лесные пожары: причины, последствия, меры предупреждения / В. А. Бондаренко // Лесное хозяйство. – 2020. – № 4. – С. 45-50.
5. Гаврилов, А. П. Современные методы мониторинга лесных пожаров / А. П. Гаврилов, В. Н. Козлов // Экология и промышленность России. – 2019. – № 7. – С. 52-57.
6. Зенин, С. А. Применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга природных пожаров / С. А. Зенин, И. В. Сорокин // Пожарная безопасность. – 2021. – № 3. – С. 34-39.
7. Козырев, А. Н. Использование беспилотных авиационных систем в лесном хозяйстве / А. Н. Козырев // Вестник лесного комплекса. – 2022. – № 2. – С. 18-24.
8. Малолетнев, Н. А. Развитие беспилотных автомобилей: технологии, вызовы и перспективы / Н. А. Малолетнев, Н. В. Перевозчикова // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 160-летию Тимирязевской академии: сборник статей (Москва, 02-04 июня 2025 года). – М. : Российский государственный аграрный университет, 2025. – С. 355-356.
9. Сулейманов, Р. Ф. Экономическая эффективность применения беспилотных летательных аппаратов в мониторинге природных объектов / Р. Ф. Сулейманов // Экономика и управление. – 2021. – № 6. – С. 89-94.
10. Ладжаилиа, Я. Н. Организация социальной защиты персонала на автотранспортном предприятии / Я. Н. Ладжаилиа // Научный форум: Экономика, управление и цифровые технологии в АПК-2024: сборник трудов, приуроченных к Международной научно-практической студенческой конференции (Москва, 20 ноября 2024 года). – М. : Российский государственный аграрный университет, 2024. – С. 265-269.

Об авторах:

Перевозчикова Наталия Васильевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, n.perevozchikokova@rgau-msha.ru.

Поддубный Дмитрий Алексеевич, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), vamp10080@gmail.ru.

About the authors:

Natalya V. Perevozchikova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, n.perevozchikokova@rgau-msha.ru.

Dmitry A. Poddubny, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), vamp10080@gmail.ru.

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТРАВМАТИЗМА

Н. В. Перевозчикова, А. А. Редько

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрена возможность улучшения качества системы пассивной безопасности посредством модернизации конструкции подушек безопасности.

Ключевые слова: системы пассивной безопасности, подушки безопасности, ремни безопасности.

PASSIVE SAFETY SYSTEM OPTIMIZATION TO REDUCE INJURIES

N. V. Perevozchikova, A. A. Redko

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article examines the possibility of improving the passive safety system quality through modernization of airbag design.

Keywords: passive safety systems, airbags, seat belts.

Системы пассивной безопасности представляют собой тщательно просчитанный комплекс инженерных решений и конструктивных элементов. Их основное предназначение – защита людей в салоне во время и непосредственно после столкновения [1].

Подушки безопасности (Airbags) представляют собой высокотехнологичный компонент систем пассивной безопасности (СПБ), играющий критически важную роль в снижении травматизма и смертности в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Их фундаментальная задача – создание энергопоглощающего барьера между водителем и пассажирами и жесткими элементами конструкции автомобиля (рулевая колонка, приборная панель, стойки кузова) в критический момент столкновения [2].

Важно подчеркнуть, что подушки безопасности не заменяют, а дополняют ремни безопасности. Их работа основана на синергии.

1. Ремень безопасности – выполняет первичную функцию – удерживает пассажира на месте, предотвращая неконтролируемое перемещение, и обеспечивает его замедление вместе с автомобилем. Преднатяжители ремня мгновенно убирают слабинку, а ограничители усилия предотвращают травмы грудной клетки.

2. Подушка безопасности – выполняет вторичную функцию – смягчает удар о элементы салона, распределяя нагрузку по большой площади и предотвращая концентрацию пиковых перегрузок (рисунок 1).



Рисунок 1 – Подушки безопасности в автомобиле

Использование подушки безопасности без пристегнутого ремня крайне опасно, так как тело получает большую свободу перемещения, и удар о раскрывающуюся подушку происходит с большей скоростью и под неправильным углом, что может привести к серьезным травмам.

Травмы в ДТП возникают из-за резкого замедления (удара) и взаимодействия человека с интерьером автомобиля. Цель пассивной безопасности – управлять кинетической энергией, замедляя пассажира максимально плавно, и создавать «мягкое пространство», защищенное от деформаций [3].

Принцип программируемой деформации: жесткая несжимаемая капсула (салон) + зоны запрограммированного смятия (передняя, задняя) для поглощения энергии. Для оптимизации можно использовать сверхвысокопрочные стали (UHSS) в стойках, порогах, поперечинах крыши.

Это поможет повысить прочность кабины при боковом ударе и перевороте. При адаптивном срабатывании: система определяет тяжесть удара, вес и положение пассажира, решая, раскрывать ли подушку и с какой силой.

Оптимизация пассивной безопасности – это эволюция от простого сдерживания к интеллектуальному, адаптивному и предупредительному управлению энергией. Максимальный эффект достигается за счет:

1. материалов (более прочные и легкие сплавы);
2. конструкции (программируемые зоны деформации);
3. электроники (быстрые, умные датчики и алгоритмы);
4. системной интеграции всех компонентов в единый защитный комплекс, работающий за доли секунды.

Современный подход направлен на создание «персональной кокон-зоны» для каждого пассажира, динамически подстраивающейся под неизбежный сценарий ДТП, что является ключом к значительному снижению тяжести травм.

Современный этап развития систем пассивной безопасности (СПБ) характеризуется фундаментальным переходом от универсальных, стандартизированных решений к созданию интеллектуальных, адаптивных и проактивных комплексов. Эти системы проектируются для работы в сложном, многовариантном пространстве дорожных ситуаций, где они должны не просто реагировать на удар, а прогнозировать его параметры и адаптироваться под индивидуальные особенности каждого пассажира и специфику конкретного дорожно-транспортного происшествия. Основной вектор развития направлен на обеспечение максимального уровня защиты при самых суровых и комплексных сценариях, включая боковые удары, перекрытые фронтальные столкновения, опрокидывания и серии последовательных ударов [4].

Одной из наиболее ярких тенденций является интеллектуализация подушек безопасности. Современные адаптивные подушки (Smart Airbags) окончательно отказались от примитивного одноступенчатого срабатывания. Вместо этого они оснащаются многоступенчатыми газогенераторами, электроника которых в реальном времени получает данные с массива датчиков. Эти сенсоры анализируют не только тяжесть удара, но и положение, вес и даже позу пассажира, а также факт пристегнутости ремня безопасности. На основе этой информации блок управления выбирает оптимальную скорость, силу и объем наполнения подушки, обеспечивая максимально мягкий, но эффективный контакт. Эта же логика распространяется и на новые типы подушек, такие как центральные, которые предотвращают опасное столкновение между водителем и пассажиром при боковом ударе, и внешние, размещаемые снаружи кузова для поглощения энергии столкновения до деформации салона и защиты пешеходов.

Эффективность подушек безопасности как ключевого элемента защиты водителя и пассажиров при столкновении в решающей степени определяется их расположением в салоне транспортного средства в момент активации системы. Конструкция защитных устройств предполагает нахождение людей в строго определенной, оптимальной позиции. Любое отклонение от этого расчетного положения не только снижает защитный потенциал системы, но в определенных ситуациях может усугубить последствия столкновения. Анализ этих зависимостей формирует основу для создания интеллектуальных адаптивных комплексов безопасности нового поколения [5, 6].

Несмотря на технологическое совершенствование, соблюдение правил безопасной посадки и обязательное применение ремней остаются фундаментальными условиями для обеспечения максимальной эффективности защитных систем. Технические инновации дополняют, но не заменяют ответственность участников дорожного движения за свое безопасное положение в транспортном средстве.

Идеальное (положение предполагает, что водитель и пассажиры надежно зафиксированы ремнями безопасности, их спина полностью прилегает к спинке сиденья, а затылок расположен вблизи подголовника. Для человека за рулем это дополнительно означает расположение рук в рекомендованной зоне рулевого колеса и соблюдение безопасной дистанции до элементов управления. При таком

положении достигаются оптимальные условия для работы всех компонентов системы безопасности.

Таким образом, магистральный путь развития систем пассивной безопасности лежит в области их глубокой цифровизации, адаптивности и тесной синергии с активными помощниками. Трансформация из набора разрозненных механических устройств в единый, интеллектуальный и предсказывающий организм – вот ключевая тенденция, определяющая облик технологий спасения жизней в автомобиле будущего. Эти инновации, направленные на комплексную защиту в максимально широком спектре реальных ДТП, формируют актуальную научно-исследовательскую повестку.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 33987-2016. Автомобильные транспортные средства. Элементы интерьера. Требования безопасности. – М. : Стандартинформ, 2017. – 24 с.
2. ГОСТ Р 41.16-2005 (Правила ЕЭК ООН № 16). Единообразные предписания, касающиеся: I. Официального утверждения ремней безопасности, удерживающих устройств, систем инерционных катушек и устройств для детской безопасности; II. Официального утверждения транспортных средств в отношении установки ремней безопасности, удерживающих устройств, систем инерционных катушек и устройств для детской безопасности. – М. : Стандартинформ, 2005. – 89 с.
3. Родченков, А. А. Вспомогательные системы активной безопасности для снижения дорожно-транспортных происшествий / А. А. Родченков, В. В. Шутенко, Н. В. Перевозчикова // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сборник научных трудов по материалам II Всероссийской научно-практической конференции (Самара, 22 декабря 2016 года). – Самара: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. – С. 95-99.
4. Богатырёв, А. В. Электронные системы управления мобильных машин: практикум / А. В. Богатырёв, Н. В. Перевозчикова. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. – 126 с. – ISBN: 978-5-9675-1483-8.
5. Надежность технических систем : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям 311900 «Технология обслуживания и ремонта машин в агропромышленном комплексе» и 150200 «Автомобили и автомобильное хозяйство» направления подготовки дипломированных специалистов 653300 «Эксплуатация транспорта и транспортного оборудования» / Е. А. Пучин, О. Н. Дидманидзе, П. П. Лезин [и др.]. – М. : ООО «Триада», 2005. – 353 с. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – ISBN 5-9546-0025-2.
6. Организация технического сервиса по фактическому состоянию машин на основе оценки их параметрической надежности / О. Н. Дидманидзе, Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, А. М. Карев. – М. : ООО «УМЦ Триада», 2016. – 128 с. – ISBN 978-5-9546-0107-7.

Об авторах:

Перевозчикова Наталия Васильевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, n.perevozchikokova@rgau-msha.ru.

Редько Анна Алексеевна, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), a.saprickina2018@yandex.ru.

About the authors:

Natalya V. Perevozchikova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, n.perevozchikokova@rgau-msha.ru.

Anna A. Redko, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), a.saprickina2018@yandex.ru.

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ ТРАКТОРОВ ТЯГОВОГО КЛАССА 2

Н. В. Перевозчикова¹, М. В. Сидоров²

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. За последние десятилетия рынок предлагаемых тракторов значительно расширился за счет зарубежных поставщиков. Появилась острая необходимость в комплексной оценке технологического уровня тракторов, включая анализ их агротехнических характеристик, энергонасыщенности, производительности, топливной эффективности, а также технологической универсальности.

Ключевые слова: трактор, технологический уровень, технологическая универсальность, технологические модули.

ASSESSMENT OF THE TECHNOLOGICAL LEVEL OF TRACTORS TRACTION CLASS 2

N. V. Perevozchikova^a, M. V. Sidorov^b

^aRussian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

^bBauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract. In recent decades, the market of tractors offered has expanded significantly due to foreign suppliers. There is an urgent need for a comprehensive assessment of the technological level of tractors, including an analysis of their agrotechnical characteristics, energy saturation, productivity, fuel efficiency, and technological versatility.

Keywords: tractor, technological level, technological versatility, technological modules.

Достаточно сложно оценить технологический уровень мобильных энергетических средств, на которые возможно установление технологических модулей [1, 2]. Для этого необходимо учитывать ряд аспектов, влияющих на выбор тракторов для конкретных условий эксплуатации [3-8]:

- технологическая универсальность (U_T) трактора представляет собой критерий, характеризующий способность осуществлять широкий спектр аграрных операций, а также эффективность использования его в транспортных агрегатах.
- агротехнические свойства (A_T) являются показателем, который определяет пригодность трактора для выполнения универсально-пропашных работ или задач общего назначения.
- производительность (W_{Π}) отражает эффективность работы трактора с определённым типом орудий, учитывая ширину захвата и тяговое сопротивление, соответствующее номинальному тяговому усилию.
- стоимость выполнения процесса (C_{Π}) представляет собой экономический показатель, который учитывает совокупные затраты на эксплуатацию трактора в составе машинно-тракторного агрегата.

На рисунке 1 приведена схема обобщенных и частных показателей, определяющих технологический уровень сельскохозяйственных тракторов.



Рисунок 1 – Схема обобщенных и частных показателей технологического уровня сельскохозяйственных тракторов

Для сравнительной оценки технологического уровня были отобраны 3 трактора 2 тягового класса разных производителей, наиболее распространённых в сельскохозяйственном производстве: John Deere 6095, John Deere 6110, MTЗ-1221. А также был проведен расчет для Беларус 82.1 с технологическим модулем.

Полученные данные из расчетов показателя технологического уровня сельскохозяйственных тракторов сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Значения показателя технологического уровня

Марка трактора	U_T	A_T	W_{Π}	C_{Π}	Π_T
Беларус-82.1	0,44	0,87	0,62	0,57	0,64
Беларус-82.1 с ТМ	0,49	0,87	0,87	0,57	0,71
Беларус-1221	0,47	0,87	0,97	0,51	0,71
JOHN DEERE 6095	0,49	0,75	0,72	0,50	0,63
JOHN DEERE 6110	0,52	0,72	0,96	0,45	0,67

Показатель технологического уровня, сравниваемых тракторов приведен в графической форме на рисунке 2.

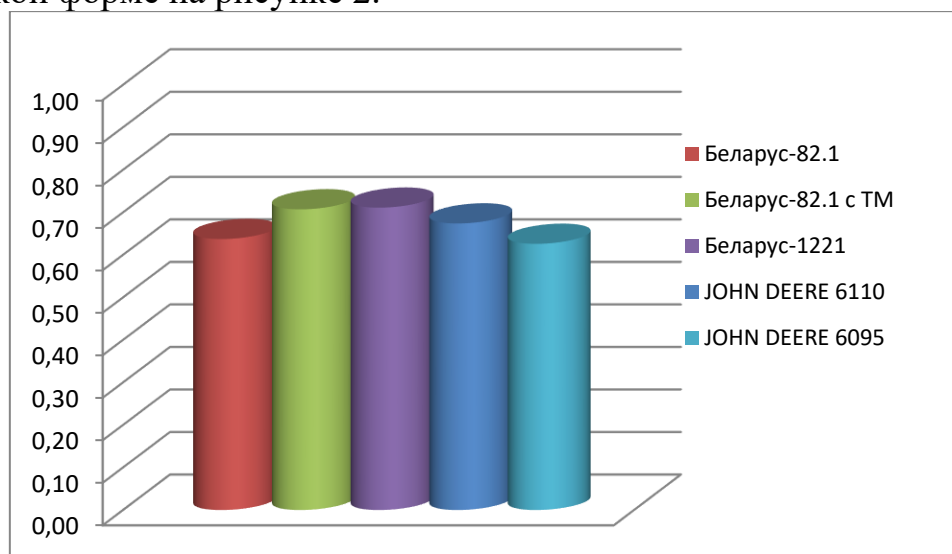


Рисунок 2 – Показатель технологического уровня

По результатам произведенных расчетов, наибольшее значение показателя технологического уровня тракторов $P_T = 0,71$ имеют трактор модели Беларус-1221 и трактор Беларус-82.1 с использованием технологического модуля. Анализируя показатели, образующие обобщенный показатель технологического уровня, можно отметить, что JOHN DEERE 6110 по производительности незначительно уступает трактору Беларус-1221, соответственно $W_{\Pi} = 0,96$ и $W_{\Pi} = 0,97$. Однако уступает по стоимости выполнения процесса $C_{\Pi} = 0,45$ трактору Беларус-1221 $C_{\Pi} = 0,51$ и значительно уступает трактору Беларус-82.1 $C_{\Pi} = 0,57$ и трактору Беларус-82.1 с технологическим модулем $C_{\Pi} = 0,57$. Можно отметить, что применение с трактором Беларус-82.1 технологического модуля позволило повысить производительность с $W_{\Pi} = 0,62$ до $W_{\Pi} = 0,87$ без увеличения стоимости выполнения технологического процесса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе, О. Н. Основные направления развития тягово-транспортных средств в АПК / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, А. М. Карев // Доклады ТСХА, Москва, 02-04 декабря 2014 года. Том 1. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.
2. Дидманидзе, О. Н. Проектирование производственных процессов в растениеводстве с использованием компьютерных технологий / О. Н. Дидманидзе, О. П. Андреев, А. Н. Журилин. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2018. – 150 с.
3. Трухачев, В. И. Какие сельскохозяйственные тракторы нужны завтра России? / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар : сборник статей, Москва, 22-24 января 2020 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2020. – С. 11-19.

4. Грибов, И. В. Мощность – основной показатель для трактора тягово-энергетической концепции / И. В. Грибов, Н. В. Перевозчикова // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». – 2017. – № 5(81). – С. 18-22.

5. Перевозчикова, Н. В. Исследование влияния показателя производительности на комплексный показатель технологических свойств мобильных энергетических средств / Н. В. Перевозчикова, С. С. Атаманюк // Чтения академика В. Н. Болтинского, Москва, 25-26 января 2022 года. Часть 2. – М. : ООО «Сам полиграфист», 2022. – С. 116-121.

6. Оценка функциональных характеристик тракторов тягового класса 4,0 / И. В. Грибов, А. С. Зенин, А. В. Коломейченко [и др.] // Агроинженерия. – 2025. – Т. 27, № 1. – С. 53-58. – DOI 10.26897/2687-1149-2025-1-53-58.

7. Старовойтова, Ю. В. Создание инструментария для оценки безопасности кабин тракторов в сельском хозяйстве, ориентированного на условия труда / Ю. В. Старовойтова, Н. В. Перевозчикова // Техника и оборудование для села. – 2025. – № 9(339). – С. 2-4. – DOI 10.33267/2072-9642-2025-9-2-4.

8. Шутенко, В. В. Создание алгоритма управления индивидуальным приводом ведущих колес транспортно-технологического модуля / В. В. Шутенко, Н. В. Перевозчикова // Агроинженерия. – 2020. – № 5(99). – С. 10-15. – DOI 10.26897/2687-1149-2020-5-10-15.

Об авторах:

Перевозчикова Наталия Васильевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, n.perevozchikokova@rgau-msha.ru.

Сидоров Максим Владимирович, доцент кафедры колесных машин и прикладной механики, Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (248002, Российская Федерация, Калужская область, Калуга, ул. Университетский Городок, зд. 1), sidorov.maxim.v@bmstu.ru.

About the authors:

Natalya V. Perevozchikova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, n.perevozchikokova@rgau-msha.ru.

Maxim V. Sidorov, Associate Professor of the Department of Wheeled Vehicles and Applied Mechanics, Kaluga Branch of the Bauman Moscow State Technical University (248002, Russian Federation, Kaluga region, Kaluga city, Universitetskiy Gorodok str., 1), sidorov.maxim.v@bmstu.ru.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕМОНТА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Е. А. Петухов

Научный руководитель – Г. Н. Темасова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрены современные методы диагностики неисправностей дизельных двигателей и методы оценки качества их ремонта.

Ключевые слова: дизельный двигатель, неисправность, диагностика, методы диагностирования, оценка качества.

MODERN DIAGNOSTICS AND QUALITY ASSESSMENT OF DIESEL ENGINE REPAIRS

E. A. Petukhov

Scientific advisor – G. N. Temasova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. Modern methods for diagnosing diesel engine malfunctions and methods for assessing the quality of their repair are considered.

Keywords: diesel engine, malfunction, diagnostics, diagnostic methods, quality assessment.

Дизельные двигатели широко используются в современной технике благодаря своей надежности, экономичности и долговечности [1-3]. Однако, как и любое оборудование, дизели подвержены износу и поломкам, что требует регулярного технического обслуживания и ремонта [4-6]. Современные методы диагностики позволяют своевременно выявлять неисправности и оценивать качество проведенных ремонтных работ [7].

Все методы диагностики дизельных двигателей можно классифицировать на субъективные (органолептические) и объективные (инструментальные). Зачастую именно их объединение обеспечивает наиболее полное понимание технического состояния дизельного двигателя.

Классификация методов диагностики дизельных двигателей представлена на рисунке 1.

Прямые методы подразумевают непосредственное исследование физических характеристик двигателя. Косвенные методы основываются на анализе поведения двигателя в процессе работы и изменении эксплуатационных показателей.



Рисунок 1 – Методы диагностики дизельных двигателей

Субъективные методы диагностирования основаны на восприятии и опыте специалиста по диагностике, также они дают описательный характер – а не числовые данные. К субъективным методам относятся визуальный осмотр, проверка на слух и проверка на ощупь. При визуальном осмотре оценивается наличие подтеков (топлива, масла, охлаждающей жидкости), следы нагара на соединениях, окрас выхлопных газов и т.д. При проверке на слух оценивается наличие постороннего стука, шум газораспределения (например, царапающий или свистящий звук при износе ремня ГРМ), шум турбокомпрессора (например, свист подшипников), работа форсунок и т.д. При проверке на ощупь оценивается нагрев элементов (турбины, выпускного коллектора), биения агрегатов, избыточная вибрация двигателя на разных режимах работы и т.д. Такие методы могут быть недостаточно точными и надежными.

Инструментальные методы диагностирования основаны на применении встроенных датчиков, внешних приборов и специализированного оборудования, предоставляют точные числовые данные – а не субъективную оценку. Встроенные диагностические системы, включающие сенсорные модули, электронные блоки управления (ЭБУ), измерительные преобразователи и т.д., являются неотъемлемой частью этих методов. Датчики (механические, гидравлические, пьезоэлектрические, индукционные) необходимы для точного контроля состояния ключевых элементов системы, а измерительные преобразователи осуществ-

ляют трансформацию сигналов от датчиков в числовые значения контролируемых параметров с последующей визуализацией на панели приборов. Функциональное назначение данных систем заключается в непрерывном автоматизированном мониторинге ключевых параметров двигателя в реальном времени и предупреждении в случае возникновения каких-либо неисправностей. Это обеспечивает возможность оперативного и своевременного выявления и устранения возможных дефектов до их возникновения, что напрямую способствует повышению эксплуатационной надежности и снижению значительных затрат на возможный дорогостоящий ремонт.

Помимо встроенных диагностических систем, при ремонте или техническом обслуживании применяют специализированное внешнее контрольно-измерительное оборудование, не входящее в конструкцию транспортного средства. Его назначение – получение фактических, а не номинальных значений контролируемых параметров, и верификация показаний приборов. По конструктивному исполнению и назначению такое оборудование подразделяется на стационарные и мобильные (переносные) комплексы. Стационарные монтируются на специально оборудованных рабочих местах в рамках структуры сервисных предприятий (в специализированных диагностических зонах, на универсальных постах технического обслуживания, в ремонтных боксах) и применяются во время ремонта или технического обслуживания. А мобильные применяются для оперативного контроля состояния измеряемых параметров непосредственно в процессе эксплуатации транспортного средства.

Современные методы инструментальной диагностики включают в себя компьютерную диагностику (сканирование), эндоскопию двигателя, акустическую диагностику (анализ виброакустических сигналов), анализ рабочих параметров (испытания под нагрузкой), анализ моторного масла (спектрометрия и феррография), тепловизионный контроль.

Важнейшими показателями качества ремонта дизельного двигателя являются мощность, расход топлива, уровень шума и выбросов вредных веществ. Качество ремонта оценивается комплексно, включая проверку работоспособности всех систем двигателя после восстановления [8, 9].

Ключевым фактором, определяющим качество ремонтных работ, являются диагностические процедуры, необходимые для минимизации возможного брака [10-12].

Для объективной оценки рекомендуется проводить сравнительные испытания отремонтированного двигателя с заводскими характеристиками или эталонными образцами аналогичной модели.

Диагностика и оценка качества ремонта дизельных двигателей представляет собой интегрированный комплекс технологий. В рамках этой системы, результаты, полученные одним диагностическим методом, верифицируются и дополняются данными, полученными с помощью других методов. Произошел переход от метода ремонта «по факту поломки» к методу, основанному на мониторинге состояния и прогнозировании возможных дефектов.

Современные методы диагностики и оценка качества ремонта играют ключевую роль в обеспечении надежной эксплуатации дизельных двигателей и минимизации затрат на техническое обслуживание.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пути совершенствования охлаждающих систем при использовании метана в газомоторных двигателях / О. Н. Дидманидзе, Р. Т. Хакимов, Е. П. Парлюк, Н. А. Большаков // Доклады ТСХА, Москва, 06-08 декабря 2018 года. Том 291, часть 2. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2019. – С. 7-10.
2. Снижение нагарообразования в дизельных двигателях / А. А. Карташов, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2023. – Т. 15, № 4. – С. 193-197. – DOI 10.36508/RSATU.2023.26.97.027.
3. Темасова, Г. Н. Контрольный листок для анализа процессов ремонтных предприятий АПК / Г. Н. Темасова, Э. И. Черкасова, У. Ю. Антонова // Сельский механизатор. – 2025. – № 7. – С. 35-37. – DOI 10.47336/0131-7393-2025-7-35-36-37.
4. Леонов, О. А. Управление качеством : учебник предназначен для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавриата «Стандартизация и метрология» и «Управление качеством» / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова. – 4-е издание, стереотипное. – М. : Издательство «Лань», 2020. – 180 с. – ISBN 978-5-8114-2921-9.
5. Внедрение элементов бережливого производства на промышленных предприятиях / Г. Н. Темасова, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Компетентность. – 2023. – № 6. – С. 41-46. – DOI 10.24412/1993-8780-2023-6-41-46.
6. Assessing External Defects at Manufacturing Enterprises / G. I. Bondareva, G. N. Temasova, O. A. Leonov [et al.] // Russian Engineering Research. – 2022. – Vol. 42, No. 2. – P. 151-154. – DOI 10.3103/S1068798X22020046.
7. Темасова, Г. Н. Оценка потерь от внешнего брака на предприятиях технического сервиса АПК / Г. Н. Темасова, О. А. Леонов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2025. – № 3(81). – С. 520-529. – DOI 10.32786/2071-9485-2025-03-58.
8. Оценка и анализ внутренних потерь при производстве продукции на машиностроительных предприятиях / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 5. – С. 421-426. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-5-421-426.
9. Основы проектирования операций входного контроля на машиностроительных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. – М. : ООО «ОнтоПринт», 2020. – 89 с. – ISBN 978-5-6042437-5-6. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2020.43.25.001.
10. Работоспособность технических систем : учебник для ВУЗов по изучению дисциплины / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. –

М. : Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2022. – 379 с.

11. Технология машиностроения : лабораторный практикум / А. В. Коломейченко, И. Н. Кравченко, Н. В. Титов [и др.]. – СПб. : Издательство «Лань», 2015. – 272 с. – ISBN 978-5-8114-1901-2.

12. QFD-анализ как основа качества запасных частей при ремонте / У. Ю. Антонова, Э. И. Черкасова, П. В. Голиницкий, Е. А. Петухов // Сельский механизатор. – 2024. – № 7. – С. 46-48. – DOI 10.47336/0131-7393-2024-7-46-47-48.

Об авторах:

Петухов Егор Александрович, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Темасова Галина Николаевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, temasova@rgau-msha.ru.

About the authors:

Egor A. Petukhov, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Galina N. Temasova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, temasova@rgau-msha.ru.

КАТУШКА ДЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ОБЪЁМОМ ЖЕЛОБКА

В. И. Пляка, А. К. Глотов, К. А. Смирнов

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрены вопросы, связанные с конструкцией катушки высевающего аппарата сеялки. Отмечены особенности её конструкции, регулировочные параметры, а также отмечены недостатки конструкций желобковых катушек, изготавливаемых и используемых в настоящее время. Для унификации высевающего аппарата сеялки и точной настройки на норму высева предложена конструкция катушки с изменяющимся объёмом желобка.

Ключевые слова: катушка, вал, пластина сжатия, желобок, боковины, V-образные пластины.

SEED-SOWING COIL WITH CHANGING CHANNEL VOLUME

V. I. Plyaka, A. K. Glotov, K. A. Smirnov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article discusses issues related to the design of the seeding unit's reel. It highlights the features of its design, the adjustment parameters, and the shortcomings of the current designs of groove reels. To unify the seeding unit and accurately adjust the seeding rate, a design of a reel with a variable groove volume is proposed.

Keywords: coil, shaft, compression plate, groove, sides, V-shaped plates.

Качество посева семян зависит в значительной мере от совершенства конструкции высевающих аппаратов, технического состояния и правильной регулировки. Высевающие аппараты должны отвечать следующим основным агротехническим требованиям: равномерно подавать семена в сошники, обеспечивать устойчивый высев – высевать одинаковое количество семян на 1 м пути независимо от заполнения ящика, рельефа поля, наклона сеялки, изменения скорости движения агрегата; не повреждать семена; бесперебойно высевать семена различных культур, различающиеся по форме, размерам, состоянию поверхности.

Подготовка почвы для посева отличается глубиной обработки, послойной плотностью, выравниваемостью рельефа или микрорельефа поля, чтобы создать благоприятные условия для прорастания семян [1-3]. Посев осуществляют сеялками различных модификаций [4-7]. Применяется рядовой, узкорядный, пере-

крёстный, разбросной, сплошной способы посева [8-11]. Уборка урожая выполняется комбайнами, жатками, косилками сегментно-пальцевого или ротационного типа [12, 13].

Известна катушка, содержащая желобки на поверхности цилиндра. Желобковые катушки закреплены на валу высевающего аппарата. Привод вала высевающего аппарата с желобковыми катушками совершается от опорно-приводных колес сеялки. Норма высева регулируется редуктором сеялки или шириной рабочей части желобковой катушки. Наилучшим условием, при котором соблюдается равномерный высев семян без их повреждений, является минимальная частота вращения вала высевающего аппарата и максимально возможная длина рабочей части катушки.

Недостатком известного устройства является то, что высевающий аппарат сеялки, содержащий желобковые катушки не унифицирован для работы с семенами, существенно различающимися между собой геометрическими размерами и физико-механическими свойствами и требует установки катушек с различным объёмом желобка для зерновых, овощных, травяных и других культур. Данный аппарат нуждается в наличии редуктора для изменения нормы высева, а регулировка нормы высева изменением ширины рабочей части катушки приводит к повреждению высеваемого материала, где возможно защемление зерна между катушкой и муфтой высевающего аппарата.

Предлагаемая катушка для высева с изменяющимся объёмом желобка состоит из корпуса 1, пластины 2, свёрнутую в трубку и находящуюся в сжатом состоянии, левой 3 и правой 4 боковины, V-образных гибких пластин 5, желобков 6, вала 7 (рисунок 1).

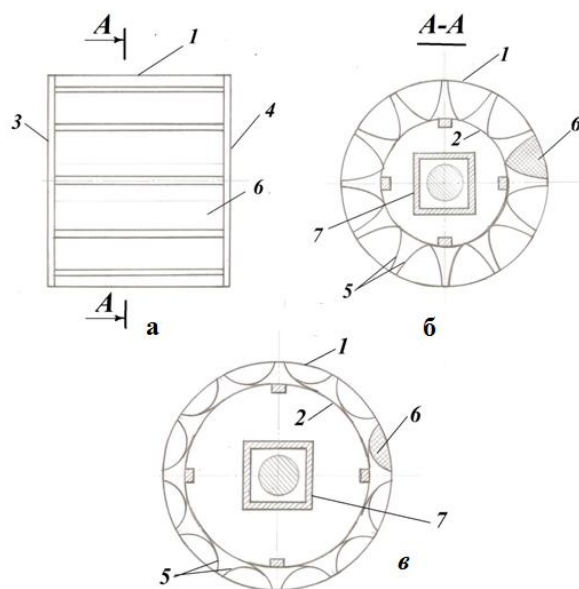


Рисунок 1 – Катушка высевающего аппарата сеялки:

- а – катушка высевающего аппарата с изменяющимся объёмом желобка;
б – катушка высевающего аппарата с максимальным объёмом желобка; в – катушка высевающего аппарата с минимальным объёмом желобка: 1 – корпус;
2 – пластина; 3 и 4 – левая и правая боковины; 5 – V-образные гибкие пластины; 6 – желобок; 7 – вал

V-образные гибкие пластины 5, закреплённые в средней части на боковинах 3 и 4, опираются на пластину 2, свёрнутую в трубку, находящуюся в сжатом состоянии. При этом состоянии катушки создаётся максимальный возможный объём желобков 6 (рисунок 1б). При воздействии на пластину 2 со стороны вала 7 механизма способного разжать пластину 2, увеличив её диаметр, происходит скольжение V-образных гибких пластин 5, о поверхность пластины 2, что приводит к уменьшению объёма желобков 6 на поверхности катушки (рисунок 1в).

По сравнению с серийным вариантом катушки предложенное устройство обеспечивает качественный высев различных по размеру семян, бесступенчатое изменение нормы высева (объём желобка катушки для зерновых культур может изменяться в четыре раза), снижение дробления зерна и массы сеялки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы применения теории массового обслуживания для процессов возделывания сельскохозяйственных культур / В. П. Чайка, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк [и др.]. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Автограф», 2018. – 200 с.

2. Патент № 209650 U1 Российская Федерация, МПК А01В 29/04. Почвообрабатывающий каток / В. И. Пляка, С. М. Каткова, М. А. Мехедов ; патентообладатель: ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева (RU). – № 2021134659 ; заявл. 26.11.2021 ; опубл. 17.03.2022, Бюл. № 8. – 5 с.

3. Патент № 211830 U1 Российская Федерация, МПК А01В 29/04. Почвообрабатывающий каток / В. И. Пляка, С. П. Казанцев, С. М. Каткова ; патентообладатель: ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева (RU). – № 2022105078 ; заявл. 25.02.2022 ; опубл. 24.06.2022, Бюл. № 18. – 5 с.

4. Seed drill used on complex configuration fields / V. I. Plyaka, N. A. Sergeeva, A. I. Panov, N. A. Yakovleva // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 941. – 012041.

5. Авторское свидетельство № 1299533 СССР, МКИ А01С 7/16. Высевающая система сеялки / В. И. Пляка, Ю. А. Виноградов ; Б. И. – 1987. – № 12.

6. Патент № 210275 U1 Российская Федерация, МПК А01С 7/12. Устройство для высева семян / В. И. Пляка, С. М. Каткова ; патентообладатель: ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева (RU). – № 2021132823 ; заявл. 11.11.2021 ; опубл. 05.04.2022, Бюл. № 10. – 7 с.

7. Пляка, В. И. Стендовые испытания экспериментальной сеялки для посева газонных трав / В. И. Пляка, С. М. Каткова, Н. А. Сергеева // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 5. – С. 24-29.

8. Дидманидзе, О. Н. Лабораторно-полевые испытания экспериментальной сеялки для сплошного посева газонных трав: определение показателей качества / О. Н. Дидманидзе, В. И. Пляка // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, № 6. – С. 44-48.

9. Пляка, В. И. Оценка равномерности распределения семян экспериментальной сеялкой: сплошной высев газонных трав / В. И. Пляка, А. А. Большаков, Н. А. Сергеева, К. А. Смирнов // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 6. – С. 24-30.

10. Пляка, В. И. Проверка показателей неравномерности и неустойчивости общего высева экспериментальной сеялки для газонных трав / В. И. Пляка, Н. А. Сергеева // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 12 (318). – С. 24-27.

11. Патент № 227259 U1 Российская Федерация, МПК A01B 29/02. Прика-
тывающий каток сеялки / В. И. Пляка, С. М. Михайличенко, К. А. Смирнов ; па-
тентообладатель: ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева (RU). – №
2024110348 ; заявл. 16.04.2024 ; опубл. 12.07.2024, Бюл. № 20. – 5 с.

12. Патент № 169877 Российская Федерация, МПК A01D 34/13, A01D
34/18. Режущий аппарат косилок и жаток / Н. В. Алдошин, А. А. Золотов, Н. А.
Лылин, В. И. Пляка, А. А. Манохина ; опубл. 04.04.2017, Бюл. № 10.

13. Патент № 223614 U1 Российская Федерация, МПК A01D 34/63. Меха-
ническая косилка / В. И. Пляка, С. П. Казанцев, С. М. Михайличенко, О. М. Мель-
ников, А. К. Глотов ; патентообладатель: ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А.
Тимирязева (RU). – № 2023130406 ; заявл. 22.11.2023 ; опубл. 26.02.2024, Бюл.
№ 6. – 6 с.

Об авторах:

Пляка Валерий Иванович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государ-
ственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Рос-
сийская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук,
plyaka@rgau-msha.ru.

Глотов Антон Константинович, соискатель, ФГБОУ ВО «Российский
государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Смирнов Кирилл Алексеевич, студент, ФГБОУ ВО «Российский госу-
дарственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434,
Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

About the authors:

Valeriy I. Plyaka, Associate Professor, Russian State Agrarian University –
Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow,
Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, plyaka@rgau-msha.ru.

Anton K. Glotov, applicant, Russian State Agrarian University – Moscow
Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiry-
azevskaya St., 49).

Kirill A. Smirnov, student, Russian State Agrarian University – Moscow
Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiry-
azevskaya St., 49).

РУЧНОЙ КОМБИНИРОВАННЫЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИЙ КАТОК

В. И. Пляка, Ф. В. Огородов

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрены вопросы, связанные с полевыми испытаниями ручного комбинированного почвообрабатывающего катка. Представлена методика для сравнительных испытаний пруткового и комбинированного почвообрабатывающих катков в полевых условиях. Показаны особенности конструкции комбинированного почвообрабатывающего катка. Приведены основные результаты, характеризующие рабочий процесс комбинированного почвообрабатывающего катка.

Ключевые слова: ведущий каток, ведомый каток, пруток, крошение почвы, планетарный редуктор.

HAND-OPERATED COMBINED TILLAGE ROLLER

V. I. Plyaka, F. V. Ogorodov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The paper discusses issues related to the field testing of a manual combined soil-tilling roller. It presents a methodology for comparative testing of a rod-type and a combined soil-tilling roller in field conditions. The paper also highlights the design features of the combined soil-tilling roller. The paper presents the main results that characterize the working process of the combined soil-tilling roller.

Keywords: drive roller, driven roller, bar, soil crumbling, planetary gearbox.

Введение

Целью изменения агрегатного состава почвы при обработке является создание оптимального мелкокомковатого структурного состава почвенных агрегатов. Как излишняя глыбистость, так и значительное распыление почвы ухудшают условия жизни растений. Крошение обрабатываемого слоя почвы до требуемого размера почвенных частиц является одним из показателей оценки качества подготовки почвы. Лучшее крошение с наименьшими энергозатратами достигается при нахождении почвы в состоянии «физической спелости», что в итоге влияет на посевные характеристики зернового материала [1-4].

Цель и задачи исследования

Целью работы являлось получение результатов сравнительных испытаний ручного комбинированного и пруткового почвообрабатывающих катков.

Материалы и методы исследования

Для исследований были изготовлены два варианта пруткового катка. Предлагаемые конструкции почвообрабатывающих катков разработаны и сделаны в лаборатории кафедры механизации сельского хозяйства Института механики и энергетики имени В. П. Горячкина РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева в сотрудничестве с Центром технологической поддержки образования

Для первого варианта катка предложена обычная конструкция пруткового почвообрабатывающего катка [5].

Особенностью второго варианта конструкции ручного комбинированного почвообрабатывающего катка является то, что он состоит из двух катков – ведущего и ведомого. Внутри ведущего пруткового катка установлен прутковый ведомый каток с приводом от ведущего катка через планетарный механизм, позволяющий совершать вращение ведомого катка с большей угловой скоростью, чем у ведущего катка, обеспечивая самоочищение поверхности почвообрабатывающего катка от почвы и растительных остатков и повышение показателя крошения почвы [6-8].

Конструкция ручного комбинированного почвообрабатывающего катка представлена на рисунке 1.

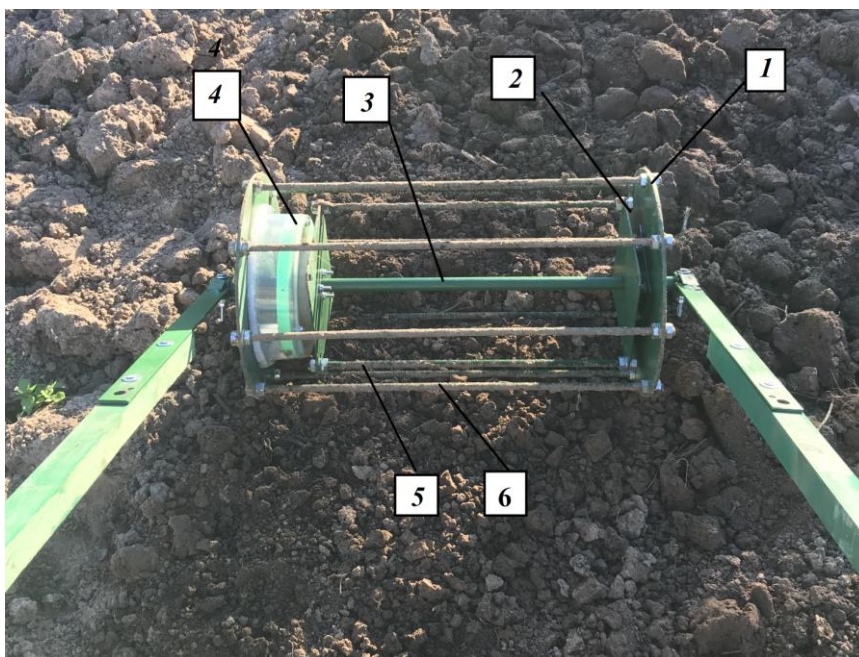


Рисунок 1 – Ручной комбинированный почвообрабатывающий каток:

1 – ведущий каток; 2 – ведомый каток; 3 – ось; 4 – планетарный редуктор; 5 и 6 – прутки

При движении комбинированного почвообрабатывающего катка по полю ведущий каток 1 получает вращательное движение от соприкосновения с почвой прутков 6 и через планетарный редуктор 4 передает вращательное движение ведомому катку 2. Система закрепления водила планетарного механизма на оси 3 обеспечивает вращение ведомого катка 2 в противоположную сторону относительно ведущего катка 1.

Ведомый каток 2 вращается с большей скоростью, чем ведущий 1, но во встречном направлении. Почвенная часть, которая находится под действием почвообрабатывающего катка, подвергается многократным ударам со стороны упругих прутков 5 ведомого катка 2. Встречное вращение ведущего катка 1 и ведомого катка 2 повышает силу удара по комочкам почвы и улучшает показатель крошения почвы, а также обеспечивает очистку упругих прутков 6 ведущего катка 1 от налипания почвы.

Техническая характеристика ручного комбинированного почвообрабатывающего катка представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика комбинированного почвообрабатывающего катка

Наименование	Параметры
Ширина захвата, м	0,6
Масса, кг	15,2
Диаметр ведущего катка, мм	300
Диаметр ведомого катка, мм	270
Зазор между прутками ведущего и ведомого катков, мм	30
Диаметр прутка ведущего катка, мм	10
Диаметр прутка ведомого катка, мм	10
Количество прутков ведущего катка, шт.	6
Количество прутков ведомого катка, шт.	2
Механизм привода ведомого катка	Планетарный редуктор
Направление вращения ведомого катка по отношению к ведущему катку и передаточное число (<i>i</i>)	Встречное (0,4)
Способ движения катка по полю	Ручной

Совместная работа ведущего и ведомого катков обеспечивает выравнивание поверхности почвы, улучшение показателя крошения почвы, производя при этом уплотненный слой почвы на глубине заделки семян, прикрытый рыхлой почвой, а также самоочищение поверхности ведущего катка от почвы и растительных остатков.

Результаты исследования и выводы

Для сравнения показателей качества обработки почвы был проведен эксперимент с различными вариантами катков при одинаковом удельном давлении на почву. В таблице 2 приведено процентное содержание различных почвенных фракций в слое 0...5 см для различных вариантов катков и для фоновой обработки (один проход универсальными стрелчатыми лапами на глубину 15 см).

Таблица 2 – Показатели качества обработки почвы различными вариантами катков

Вариант обработки	Содержание в слое 0...5 см почвенных фракций, %			
	Свыше 100 мм	50...100 мм	25...50 мм	Менее 25 мм
Фон	10,3	36,9	16,1	36,7
Фон + прутковый каток	1,5	12,9	17,3	68,3
Фон + комбинированный каток	-	1,8	8,2	90,0

Степень крошения при предпосевной обработке почвы определяется по процентному содержанию фракций размером менее 25 мм.

Как видно из таблицы 2, показатель крошения почвы выше у комбинированного катка. Для комбинированного катка крошение составило – 90 %, что на 21 % больше, чем у пруткового катка и на 53 % выше, чем после фоновой обработки универсальными стрельчатыми культиваторными лапами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе, О. Н. Лабораторно-полевые испытания экспериментальной сеялки для сплошного посева газонных трав: определение показателей качества / О. Н. Дидманидзе, В. И. Пляка // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, № 6. – С. 44-48.

2. Оценка равномерности распределения семян экспериментальной сеялкой: сплошной высев газонных трав / В. И. Пляка, А. А. Большаков, Н. А. Сергеева, К. А. Смирнов // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 6. – С. 24-30.

3. Пляка, В. И. Проверка показателей неравномерности и неустойчивости общего высева экспериментальной сеялки для газонных трав / В. И. Пляка, Н. А. Сергеева // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 12 (318). – С. 24-27.

4. Патент № 227259 U1 Российская Федерация, МПК А01В 29/02. Прикапывающий каток сеялки / В. И. Пляка, С. М. Михайличенко, К. А. Смирнов ; патентообладатель: ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева (RU). – № 2024110348 ; заявл. 16.04.2024 ; опубл. 12.07.2024, Бюл. № 20. – 5 с.

5. Основы применения теории массового обслуживания для процессов возделывания сельскохозяйственных культур / В. П. Чайка, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк [и др.]. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Автограф», 2018. – 200 с.

6. Патент № 211830 U1 Российская Федерация, МПК А01В 29/04. Почвообрабатывающий каток / В. И. Пляка, С. П. Казанцев, С. М. Каткова ; патентообладатель: ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева (RU). – № 2022105078 ; заявл. 25.02.2022 ; опубл. 24.06.2022, Бюл. № 18. – 5 с.

7. Патент № 215975 U1 Российская Федерация, МПК А01В 29/04. Почвообрабатывающий каток / В. И. Пляка, С. П. Казанцев ; патентообладатель: ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева (RU). – № 2022124714 ; заявл. 20.09.2022 ; опубл. 11.01.2023, Бюл. № 2. – 5 с.

8. Патент № 209650 U1 Российская Федерация, МПК А01В 29/04. Почвообрабатывающий каток / В. И. Пляка, С. М. Каткова, М. А. Мехедов ; патентообладатель: ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева (RU). – № 2021134659 ; заявл. 26.11.2021 ; опубл. 17.03.2022, Бюл. № 8. – 5 с.

Об авторах:

Пляка Валерий Иванович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, plyaka@rgau-msha.ru.

Огородов Фёдор Васильевич, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

About the authors:

Valeriy I. Plyaka, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, plyaka@rgau-msha.ru.

Fyodor V. Ogorodov, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОТЕКТОРА ШИН САМОХОДНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

К. В. Полетаев

Научный руководитель – Н. С. Кривых

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье проведен обзор существующих приборов для инструментального контроля высоты протектора сельскохозяйственные шин мобильных энергетических средств. Рассмотрено различие в подходе для измерений протектора легковых шин и сельскохозяйственного назначения. Изложено мнение, что инструмент для измерения протектора автомобильных шин мало пригоден для точного измерения высоты протектора шин самоходной сельскохозяйственной техники.

Ключевые слова: протектор, износ протектора, шина, штангенглубиномер.

INSTRUMENTAL TREAD MEASUREMENT FOR SELF-PROPELLED AGRICULTURAL MACHINERY TIRES

K. V. Poletaev

Scientific advisor – N. S. Krivykh

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. This article provides a review of existing instruments designed for the instrumental control of tread depth on agricultural tires used in mobile power machinery. It analyzes the differing methodologies applied to tread measurement for passenger car tires versus those intended for agricultural applications. The paper posits that tools developed for automotive tire tread measurement are poorly suited for achieving accurate tread depth readings on tires of self-propelled agricultural equipment.

Keywords: tread, tire tread wear, tire, depth gauge.

Высота протектора шин сельскохозяйственной техники является одним из основных параметров, влияющих на решение о выпуске техники на работу. Осмотр состояния протектора прямо закреплен в обязанности тракториста при проведении ежесменного технического осмотра техники [1].

Постановлением Правительства РФ от 13.11.2013 №1013 (ред. от 17.07.2024) «О техническом осмотре самоходных машин и других видов техники», законодательно закреплены нормативы остаточной высоты почвозацепов

(рисунка протектора) для разных типов шин тракторов. Высота протектора шин ведущих колес для тракторов класса до 2 т не менее 5 мм., для тракторов класса 3 т и выше не менее 10 мм. Для управляемых колес тракторов класса до 2 т не менее 2 мм., для тракторов класса от 3 т и выше не менее 10 мм. Для шин прицепов норматив составляет не менее 1 мм.

Основным инструментом измерения глубины протектора автомобильных шин является механический штангенглубиномер типа ШГ, ШГК (ГОСТ 162-90 от 01.01.1991г.). Инструмент точно измеряет глубину протектора, позволяя принимать решения о возможности дальнейшей эксплуатации шины. Однако точность зависит от человеческого фактора [2].

Современные технологии позволили цифровизировать процесс измерения и на рынке появились лазерные измерители глубины протектора. Одним из представителей данного вида инструментов является LAUNCH X-431 HTD180 – ручной лазерный измеритель глубины протектора с точностью 0,1 мм [3]. К сожалению, данные инструменты малопригодны для сельскохозяйственных шин.

Разница кроется в функциональных назначениях шин и их конструктивных особенностях. Автомобильные шины (грузовые, легковые) предназначены для движения по дорогам с твердым покрытием. Рисунок протектора с ламелями для сцепления на влажной поверхности, канавки в протекторе служат для отвода воды из пятна контакта [4, 5].

Совершенно иное назначение у сельскохозяйственных шин. Работая вне твердого дорожного покрытия на различных агрофонах, основным требованием для данных шин является максимальное сцепление с почвой и высокая способность к самоочистке при буксовании. Поэтому для сельхозшин типичен рисунок с массивными грунтозацепами (рисунок елочка, клюшка), открытые плечевые блоки. Штангенглубиномер не сможет точно измерить показания, так как ему попросту не хватит основы для прилегания к поверхности почвозацепов [6].

Работа в сложных условиях также накладывает свой отпечаток и на форму грунтозацепа. Он не является прямоугольным, как на грузовых шинах. Плавный изгиб в начале строения почвозацепа позволяет жестким растительным остаткам не пробивать шину, вызывая потерю давления, а соскальзывать в сторону, не повреждая целостность шины.

Разница в видах износа протектора также не позволяет применять инструмент, предназначенный для измерения глубины протектора автомобильных шин. Пилообразный износ, характерный для сельскохозяйственных шин, не позволяет однозначно измерить высоту протектора, ибо на одном тоже почвозацепе высота будет разная [7].

На сцепные свойства шин сильно влияет выкрашивание протектора. Особенно сильно этот вид износа виден на шинах с высокими мощными грунтозацепами. Выкрашивание происходит по краям почвозацепа, уменьшая его размеры и сцепные свойства шины в общем.

Проанализировав существующие инструменты измерения протектора шин, точные измерения можно получить лишь на управляемых колесах тракторов с колесной формулы 4К2 с управляемыми передними и ведущими задними

колесами. Форма протектора управляемых шин близка к автомобильным, соответственно и инструменты для измерений также подходят.

Управляемые колеса тракторов колесной формулы 4К4 имеют рисунок протектора, как и у ведущих, измерение высоты протектора существующими инструментами не даст точности. Одним из решений проблемы точности измерений высоты протектора сельскохозяйственных шин, может быть смена методики измерений.

Форма почвозацепа сельхозшины являет собой объемную прямоугольную фигуру. Отойдя от измерений высоты протектора в мм в сторону измерения объема протектора, мы учитываем все виды износа шины и наиболее полно сможем оценить ее состояние и сцепные свойства шины.

Современные системы машинного зрения позволят высчитать объем протектора исследуемой шины и сравнить со значением новой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе, О. Н. Техническая эксплуатация автомобилей: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / О. Н. Дидманидзе, Г. Е. Митягин, Р. Н. Егоров. – М. : Триада, 2005. – 427 с. – ISBN 5-9546-0038-4.

2. Кутьков, Г. М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства : учебник / Г. М. Кутьков. – М. : Лань, 2016. – 512 с. – ISBN 978-5-8114-2255-2.

3. Об утверждении Правил проведения технического осмотра самоходных машин и других видов техники: постановление Правительства РФ от 13.11.2013 № 1013 // Собр. законодательства Рос. Федерации. – 2013. – № 46. – Ст. 5954.

4. Пучин, Е. А. Средства технологического оснащения в системе технического сервиса АПК / Е. А. Пучин, О. Н. Дидманидзе, В. М. Корнеев. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2004. – 99 с. – ISBN 5-9546-0003-1.

5. Эксплуатация, ремонт, хранение и утилизация шин автотранспортных средств / Е. А. Пучин, В. М. Корнеев, М. Ю. Конкин [и др.]. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2005. – 117 с.

6. Полетаев, К. В. Увеличение срока эксплуатации тракторов через расширение функционала систем автопилотирования / К. В. Полетаев // Чтения академика В. Н. Болтинского: сборник статей, Москва, 22-23 января 2025 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2025. – С. 281-287.

7. Сафаров, К. У. Транспорт в сельскохозяйственном производстве : учебно-методический комплекс / К. У. Сафаров, В. А. Китаев, О. Н. Дидманидзе. – Ульяновск : Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П. А. Столыпина, 2011. – 266 с. – ISBN 978-5-902532-72-9.

Об авторах:

Полетаев Кирилл Вячеславович, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

(127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), u-21214@mail.ru.

Научный руководитель – Кривых Николай Сергеевич, ассистент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), krivyh05@gmail.com.

About the authors:

Kirill V. Poletaev, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), u-21214@mail.ru.

Scientific advisor – Nikolay S. Krivykh, Assistant at the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), krivyh05@gmail.com.

АНАЛИЗ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗНОСА ПРОТЕКТОРА ШИН

К. В. Полетаев

Научный руководитель – Я. Д. Павлов

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье проведен обзор как действующих систем измерения износа протектора шин, представленных на рынке Российской Федерации, так и патентов на перспективные разработки в данной сфере. Показана экономическая необходимость повсеместного внедрения данных систем, позволяющих обезопасить движение, снизить экономические издержки. Проведенный обзор патентов показывает как плюсы, так и минусы предлагаемых изобретений, исходя из условий использования сельскохозяйственных шин.

Ключевые слова: протектор, износ протектора, шина, срок эксплуатации.

ANALYSIS OF TIRE TREAD WEAR MEASUREMENT SYSTEMS

K. V. Poletaev

Scientific advisor – Ya. D. Pavlov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article provides an overview of both existing tire tread wear measurement systems available on the Russian market and patents for promising developments in this field. It highlights the economic necessity of widespread implementation of these systems to ensure traffic safety and reduce economic costs. The review of patents reveals both advantages and disadvantages of the proposed inventions, taking into account the conditions of using agricultural tires.

Keywords: tread, tire tread wear, tire, service life.

Одним из важнейших параметров пневматических шин, влияющих как на безопасность движения, так и на качество проводимых сельскохозяйственных операций, является высота протектора. Состояние протектора влияет на тягово-сцепные свойства шины – способность передавать силы, возникающие во время движения на поверхность дорожного покрытия.

Высота протектора сельскохозяйственной шины также является одним из ключевых параметров ее работоспособности. При достижении остаточной высоты протектора менее допустимой, использование шины запрещено [1].

Шины на сельскохозяйственную технику являются одними из самых затратных расходных материалов. Стоимость комплекта из четырех шин ВКТ Agrimax V-Flecto VF 710/70 R38 181D на трактор Кировец К-7М (вариант К-742М) составляет 1,333 тыс. рублей [6], при варианте использования трактора с системой сдвигания колес, цена комплекта шин составит уже 2,666 тыс. рублей. При цене трактора в указанной модификации 17,350 тыс. рублей [7], затраты только на шины составят 15 % от стоимости трактора. Таким образом, контроль за состоянием протектора, ранняя диагностика его ускоренного износа – основа для продления эксплуатационного срока шин и уменьшение себестоимости при производстве сельхозпродукции.

На износ протектора шины влияет множество факторов – от неудачного рецепта состава резиносмеси, до неправильной эксплуатации шины. Несоблюдение рекомендованного давления, нарушение скоростного режима, превышение нагрузки, нарушение технологии монтажа – все это причины раннего выхода шины из эксплуатации [9]. Все эти факторы негативно сказываются на состоянии протектора.

Современные приборы контроля высоты протектора основываются на контактном и бесконтактном методе измерений.

Самыми простыми и недорогими в использовании являются приборы, основанные на контактном методе измерений. Таким прибором может служить как простая линейка, так и специализированный измеритель глубины протектора – штангенглубиномер (ГОСТ 162-90 от 01.01.1991)

При неоспоримых плюсах простота и цена, контактный метод измерений имеет множество минусов. Отсутствие автоматизации, невозможность проведения измерений в режиме online и в движении, временные затраты на проведение измерений всего автопарка, который может составлять сотни машин – вот далеко не полный перечень минусов.

Наиболее перспективным является бесконтактный метод измерения. На рынке присутствуют приборы измерения высоты протектора как в стационарном варианте, так и в виде мобильных устройств. Данные приборы используют оптический способ определения параметров протектора.

Стенд для измерения остаточной глубины протектора Ravaglioli RAVWS102 представляет собой напольную рампу со встроенными стереокамерами с лазерной линией, позволяющими считывать информацию о состоянии протектора шины на скорости до 8 км/ч.

Портативный измеритель глубины протектора AUTEL MaxiTPMS TBE200 использует тот же оптический принцип распознавания высоты протектора, но выполнен в мобильном варианте. Погрешность составляет 0,1 мм, что позволяет с высокой точностью проводить измерения. Также возможна отправка полученных измерений на облачный сервер для дальнейшей обработки.

У данных устройств есть общие минусы. Оптический метод распознавания высоты протектора требует серьезных финансовых затрат – фотокамеры с низким разрешением не могут определить состояние протектора. Фотокамерам трудно определять состояния протектора из-за низкой контрастности самой шины. Более того, протектор не всегда чист, в нем присутствуют как дорожная

грязь, так и мелкие камни в ламелях протектора, что приводит к искажению истинных значений.

Присутствующие на рынке приборы измерения высоты протектора, позиционируются изготовителями для шин легковых или грузовых автомобилей. Вероятно, связано данное ограничение из-за различий в форме протектора автомобилей и сельскохозяйственной техники. Также существующие приборы не позволяют проводить измерения в режиме реального времени и в движении, что сужает функционал дорогостоящего прибора до примитивного регистратора значений.

Для увеличения функциональных возможностей систем измерения состояния протектора, позволяющих регистрировать высоту протектора, прогнозировать оставшийся срок эксплуатации, включать данные в телеметрию транспортного средства, зарегистрировано множество патентов. Основным объединяющим их признаком, служит бесконтактный датчик, внедренный в протектор и внешний блок обработки и вывода информации.

Патентами RU0002731582, AU2018296700, CA3068674, JP2020525350 предлагается использование пассивного датчика с LCR-контуром, состоящим из конденсатора ёмкостью C , катушки индуктивностью L и резистора сопротивлением R , расположенным внутри протектора. По мере износа шины изнашиваются и части первичного емкостного компонента, позволяя определять высоту протектора. Блок опроса расположен снаружи пневматической шины и является активным, что подразумевает его подключение к электрической сети транспортного средства.

Использование датчиков с LCR-контуром позволяют проводить измерение многих параметров – износ, температуру, скорость вращения и многое другое.

Однако есть и минусы. Одним из важных условий эксплуатации электронных компонентов герметичность. В случае внедрения электронного датчика в протектор шины, он будет работать в агрессивной среде. Влага и грязь попадая внутрь устройства негативно скажутся на его работоспособности.

Центробежные силы возникающие в момент движения будут выталкивать датчик из посадочного гнезда. Внедрение датчика внутрь протектора необходимо будет проводить в заводских условиях, ибо велика вероятность ошибок при установке датчика самостоятельно.

Возникают проблемы с точностью измерений и передачей информации от датчика на внешний блок. В пневматических шинах используется металлический корд, что, несомненно, будет влиять на точность измерений.

Место расположения датчика критически важно для оценивания износа протектора шины. Располагая его лишь по центру, нельзя определить износ шины, связанный с неправильной регулировкой сход-развала колес, либо пониженным давлением внутри колеса. При таких нарушениях эксплуатации шин идет изнашивание боковин протектора, а не центральной его части. Специфический рисунок протектора, а также ширина сельскохозяйственных шин также требует внимания к расположению датчика износа. Гребенчатый (пилообразный)

износ протектора при центральном расположении датчика будет определен системой в последней фазе, что не предотвратит раннего выхода шины из эксплуатации.

Для раннего обнаружения всех негативных факторов износа протектора, необходима установка нескольких датчиков, что увеличит стоимость самой системы, а также вызовет ослабление конструктивной прочности шины.

Подводя итоги, можно с уверенностью утверждать:

1. Разработка и внедрение систем измерения износа протектора являются необходимыми, так как напрямую влияют на безопасность движения;
2. Системы измерения износа шин необходимо интегрировать в телеметрические системы транспортных средств, позволяющих оценивать все факторы, влияющие на износ протектора (давление, буксование, перегрузка и пр.);
3. Применение систем измерения износа шин продлят срок эксплуатации колес, что напрямую скажется на снижении затрат на производство сельскохозяйственной продукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе, О. Н. Техническая эксплуатация автомобилей : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / О. Н. Дидманидзе, Г. Е. Митягин, Р. Н. Егоров. – М. : Триада, 2005. – 427 с. – ISBN 5-9546-0038-4.
2. Громов, Р. С. Неразрушающий контроль автомобильных шин: принципы и методы / Р. С. Громов, Е. И. Петрова. – М. : Инфра-М, 2021. – 280 с. – ISBN: 978-5-16-123456-7.
3. Емельянов, В. Ю. Оптические методы оценки износа протектора шин / В. Ю. Емельянов, И. А. Литвинова // Транспортная техника и метрология. – 2020. – № 2. – С. 45-58.
4. Об утверждении Правил проведения технического осмотра самоходных машин и других видов техники: постановление Правительства Российской Федерации от 13.11.2013 № 1013 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2013. – № 46. – Ст. 5954.
5. Павлов, А. С. Неразрушающий контроль шин: современные подходы к оценке износа протектора / А. С. Павлов, В. Н. Ковалёв // Вопросы машиностроения. – 2021. – Т. 67, № 4. – С. 112-123.
6. Полетаев, К. В. Увеличение срока эксплуатации тракторов через расширение функционала систем автопилотирования / К. В. Полетаев // Чтения академика В. Н. Болтинского: сборник статей (Москва, 22-23 января 2025 года). – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2025. – С. 281-287.
7. Спецшины ВКТ Agrimax V-Flecto VF 710/70 R38 181D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mosautoshina.ru/catalog/sh/bkt/agrimax-v-flecto-vf/710-70-38-181-D--/> (дата обращения: 25.01.2026).
8. Трактор колёсный КИРОВЕЦ К-7М, вариант К-742М Стандарт 1 КП 42427А [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rosagroleasing.ru/>

catalog/item/traktor-kolesnyy-kirovec-k-7m-variant-k-742m-standart-1-kp-42427a-21845/ (дата обращения: 25.01.2026).

9. Эксплуатация, ремонт, хранение и утилизация шин автотранспортных средств / Е. А. Пучин, В. М. Корнеев, М. Ю. Конкин [и др.]. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2005. – 117 с.

10. Расчёт и выбор посадки с зазором с использованием теории гидродинамической смазки / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 5. – С. 57-61. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-5-57-61.

Об авторах:

Полетаев Кирилл Вячеславович, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), U-21214@mail.ru.

Научный руководитель – Павлов Ярослав Дмитриевич, ассистент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), ya.pavlov@rgau-msha.ru.

About the authors:

Kirill V. Poletaev, Master's Student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), U-21214@mail.ru.

Scientific advisor – Yaroslav D. Pavlov, Assistant of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), ya.pavlov@rgau-msha.ru.

ХАРАКТЕР ИЗНАШИВАНИЯ ПЛУЖНОГО ЛЕМЕХА И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

К. В. Полетаев

Научный руководитель – Д. А. Филимонов

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Эффективное выполнение технологических операций с соблюдением агротехнических требований зависит от состояния деталей почвообрабатывающей техники. К ухудшению состояния деталей приводят такие факторы как недостаточная прочность и износостойкость, применение некачественных материалов, несоблюдение этапов технологического производства, а также воздействие почвенной среды.

Ключевые слова: лемех, плуг, рабочий орган, износ, износостойкость.

THE CHARACTER OF PLOW PLUG WEAR AND MATERIALS FOR ITS MANUFACTURE

K. V. Poletaev

Scientific advisor – D. A. Filimonov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The effective performance of technological operations in compliance with agrotechnical requirements depends on the condition of the details of soil-processing equipment. Factors such as insufficient strength and wear resistance, the use of low-quality materials, non-compliance with the stages of technological production, and the influence of the soil environment lead to the deterioration of the details.

Keywords: plowshare, plough, working body, wear, wear resistance.

Лемех, наряду с другими рабочими органами почвообрабатывающих машин, подвергается абразивному, усталостному и окислительному (коррозионному) износу. При наезде на камни или уплотненные участки почвы лемех испытывает динамические нагрузки, к тому же является одной из самых нагруженных деталей корпуса плуга.

При работе плуга, как отмечал В. П. Горячкин [1], на лемех приходится 50...60 % всей нагрузки, действующей на плужной корпус. Лемех представляет собой нижнюю часть корпуса плуга, которая подрезает пласт почвы снизу и направляет его на отвал, а также частично измельчает почвенный пласт. В результате различного давления со стороны почвы лемех изнашивается неравно-

мерно. Поэтому в процессе эксплуатации у лемеха выделяют три зоны – носовую, среднюю и лезвийную часть, которые отличаются друг от друга интенсивностью износа (рисунок 1).

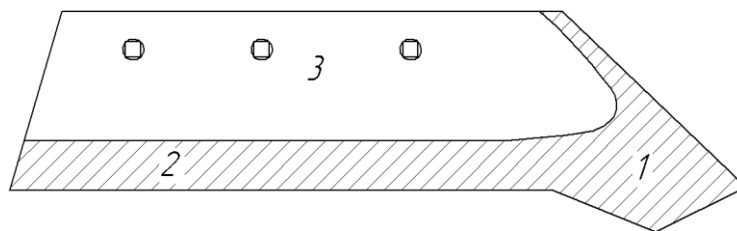


Рисунок 1 – Зоны износа лемеха:

1 – носовая часть; 2 – лезвийная часть; 3 – средняя часть

Носовая часть лемеха в процессе эксплуатации подвергается наибольшему износу, в результате этого возникает неравномерный износ частей лемеха. Предельными геометрическими параметрами плужного лемеха являются – высота носка H , толщина лезвия a , ширина лезвийной части h (рисунок 2).

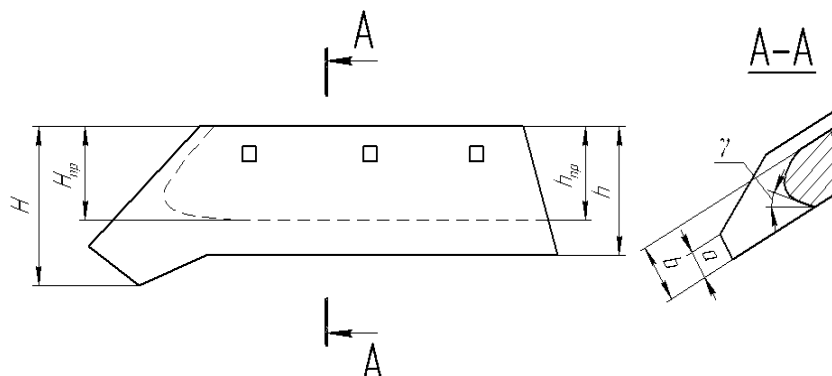


Рисунок 2 – Основные параметры лемеха:

H и $H_{пр}$ – начальная и предельная высота носовой части; h и $h_{пр}$ – начальная и предельная ширина лезвийной части; a и b – начальная и предельная толщина лезвия

При достижении предельных параметров рабочий орган выбраковывают.

К преждевременной потере работоспособности плужного лемеха приводит деформация. Так, в результате излома или изгиба носовой части выбраковывают до 40 % лемехов.

Немаловажными параметрами лемеха, оказывающими влияние на интенсивность и характер износа, а также стабильную работу, являются: угол наклона лезвия лемеха к дну борозды α , угол крошения β , угол затылочной фаски γ , угол заточки режущей части лемеха δ и ширина затылочной фаски h (рисунок 3).

При обработке глинистой почвы лицевая сторона лемеха изнашивается незначительно, а при обработке песчаной – интенсивно. Тип почвы и ее механический состав также оказывают влияние на угол наклона и ширину затылочной фаски. Износ лемеха плуга приводит к следующему:

- уменьшению ширины захвата плуга;

- ухудшению способности плуга заглубляться на требуемую глубину;
- возникновению неравномерности вспашки;
- снижению качества крошения почвы.

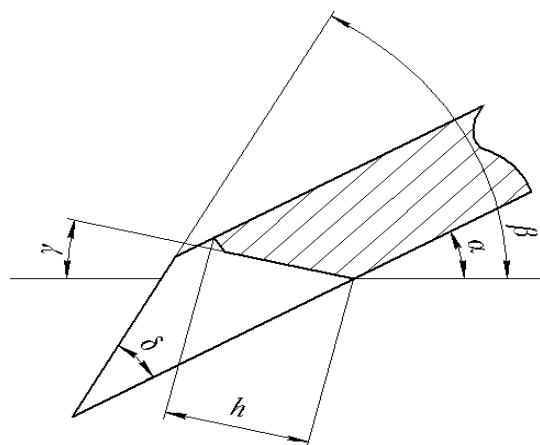


Рисунок 3 – Параметры, оказывающие влияние на износ рабочей части лемеха

Технология изготовления рабочих органов почвообрабатывающих машин, применяемая на отечественных машиностроительных предприятиях, предусматривает закалку с последующим отпуском таких сталей как: Л53, Л65, 60, 65Г, 70Г. Однако применение такой технологии не приводит к требуемому увеличению долговечности и достижению необходимой твердости рабочих органов. Зарубежные предприятия для изготовления рабочих органов почвообрабатывающих машин используют легированные стали с последующим упрочнением. Ресурс таких деталей выше, чем у отечественных. Но из-за их высокой стоимости использование зарубежных рабочих органов становится недоступным для небольших хозяйств и ферм [2-6].

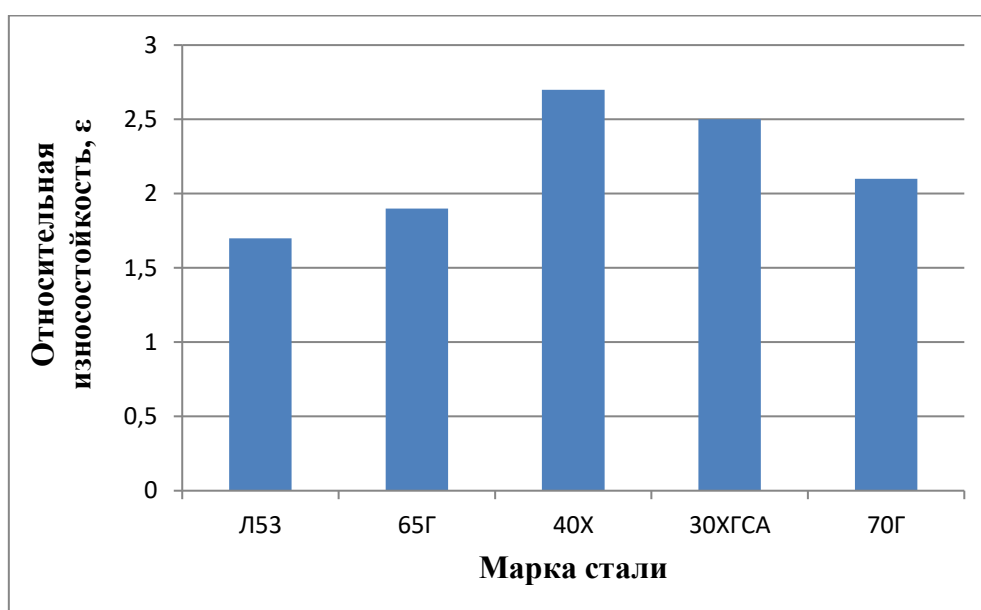


Рисунок 4 – Относительная износостойкость различных марок сталей

Известно, что повышение износостойкости и прочности наблюдается при применении сталей с содержанием углерода более 0,4 % и использовании легированных добавок, таких как хром, марганец, никель и кремний.

Сравнительные данные относительной износостойкости различных марок сталей представлены на рисунке 4.

По данным [7], наиболее приемлемыми марками сталей для изготовления рабочих органов почвообрабатывающих машин, в соответствии с критерием минимальной стоимостной оценки, износостойкости и более высокой ударной вязкости, являются стали 40ХС, 40Х и 30ХГСА.

Выводы

Анализ показал, что для увеличения срока службы лемехов эффективно применять упрочнение его наиболее изнашиваемых поверхностей (носовая и лезвийная часть). Повышению ресурса лемехов до 1,5...2 раз способствует самозатачивание режущей поверхности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горячкин, В. П. Собрание сочинений. Т. 1 / В. П. Горячкин. – М. : Колос, 1965. – 720 с.
2. Байкалова, В. Н. Выбор установки для упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин / В. Н. Байкалова, А. М. Бугаев, Д. А. Филимонов // Инновации в сельском хозяйстве. – 2014. – № 5(10). – С. 19-23.
3. Филимонов, Д. А. Износ рабочих органов почвообрабатывающих машин на примере лап культиватора / Д. А. Филимонов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2012. – № 8. – С. 47-49.
4. Патент № 105454 U1 Российская Федерация, МПК G01N 3/56. Универсальное приспособление для проведения износных испытаний / А. М. Бондарев, А. М. Бугаев, Д. А. Филимонов, А. Н. Шитов ; патентообладатель: Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина (ФГОУ ВПО МГАУ). – № 2011101530/28 ; заявл. 18.01.2011 ; опубл. 10.06.2011.
5. Скороходов, А. Н. Вероятностная оценка взаимодействия звеньев технологического комплекса / А. Н. Скороходов, О. Н. Дидманидзе // Международный технико-экономический журнал. – 2012. – № 1. – С. 54.
6. Дидманидзе, О. Н. Проектирование производственных процессов в растениеводстве с использованием компьютерных технологий / О. Н. Дидманидзе, О. П. Андреев, А. Н. Журилин. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2018. – 150 с.
7. Бугаев, А. В. Разработка технологии упрочнения режущих рабочих органов промышленных мясорубок : автореферат дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Бугаев Александр Вячеславович. – Москва, 2005. – 18 с.

Об авторах:

Полетаев Кирилл Вячеславович, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), U-21214@mail.ru.

Научный руководитель – Филимонов Дмитрий Александрович, ассистент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, dfilimonov3@gmail.com.

About the authors:

Kirill V. Poletaev, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), U-21214@mail.ru.

Scientific advisor – Dmitry A. Filimonov, Assistant of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, dfilimonov3@gmail.com.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ТРАКТОРОСТРОЕНИЯ

А. А. Полякова

Научный руководитель – А. С. Гузалов

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье анализируется текущее состояние тракторостроения как одного из ключевых сегментов сельскохозяйственного машиностроения, рассматриваются основные тенденции, технологические инновации и факторы, определяющие перспективы развития отрасли. Особое внимание уделяется цифровой трансформации, экологическим требованиям, автоматизации и интеллектуальным системам управления. Обсуждаются пути повышения конкурентоспособности тракторов на мировом рынке, включая экологичные технологии, цифровизацию производства и внедрение автономных решений.

Ключевые слова: тракторостроение, сельскохозяйственные машины, инновации, цифровизация, автоматизация, автономные тракторы, экологичность.

THE CURRENT STATE AND DEVELOPMENT TRENDS OF TRACTOR ENGINEERING

A. A. Polyakova

Scientific advisor – A. S. Guzalov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article analyzes the current state of tractor manufacturing as one of the key segments of agricultural machinery, examines the main trends, technological innovations, and factors that determine the prospects for the industry's development. Special attention is given to digital transformation, environmental requirements, automation, and intelligent control systems. The article discusses ways to enhance the competitiveness of tractors in the global market, including the use of eco-friendly technologies, digitalization of production, and the implementation of autonomous solutions.

Keywords: tractor manufacturing, agricultural machinery, innovations, digitalization, automation, autonomous tractors, and environmental friendliness.

Тракторостроение представляет собой стратегически важную отрасль машиностроения, являющуюся основой механизации сельского хозяйства. Эффек-

тивность и технологическое развитие тракторов определяют производительность сельхозработ, сокращение затрат и повышение устойчивости агросектора к внешним воздействиям [1].

Современные условия диктуют необходимость перехода от традиционных конструкций к интеллектуальным, экологичным и адаптивным машинам, способным работать в условиях цифрового сельского хозяйства.

В мире ожидается устойчивый рост: прогнозируется увеличение мирового рынка тракторов в среднем на 4,8 % ежегодно в период с 2025 по 2031 год. Основными драйверами являются растущий спрос на механизацию, внедрение технологий точного земледелия и повышение эффективности сельского хозяйства [2].

В России ситуация более сложная. Производство тракторов в 2024 году снизилось, так за 11 месяцев 2024 года выпуск сократился на 6,7 % (до 7,3 тыс. единиц). В первом полугодии 2024 года производство упало на 19,2 % (до 3,9 тыс. тракторов) [3].

При этом парк сельскохозяйственных тракторов в России превышает 421 тысячу единиц. Однако он сильно устарел как физически, так и принципиально. В секторе растениеводства износ сельхозтехники достигает 50 %, а в животноводстве – 85 %. Отечественные производители, такие как «Ростсельмаш», Петербургский тракторный завод, доминируют в тяжёлых классах (свыше 300 л.с.), а тракторы Минского завода составляют значительную часть парка в средних классах.

Современное тракторостроение демонстрирует устойчивый рост производства и продаж. Например, только в Индии в 2025 году было продано более 1 миллиона тракторов, что стало рекордом для отрасли благодаря росту доходов фермеров, улучшению урожайности и снижению налоговой нагрузки на технику [4].

Государственная поддержка и импортозамещение также играют ключевую роль. В России действуют программы локализации, цель которых является обеспечение производства внутри страны к 2030 году не менее 80 % сельхозтехники. Примером является запуск производства тракторов «АгроАполло» во Владимире с планами локализации до 81 % к 2033 году [5].

Крупные инвестиционные проекты в области тракторостроения, включая создание новых заводов и производственных кластеров, способствуют модернизации производства и расширению экспортного потенциала. Будущее тракторостроения определяют несколько взаимосвязанных технологических и политических трендов, как представлено в таблице 1.

Цифровые технологии, включая датчики, телеметрия, системы управления и программное обеспечение, внедряются в конструкции современных тракторов. Это позволяет повысить их эксплуатационную эффективность, оптимизировать работу двигателя, снизить расход топлива и улучшить эксплуатационные характеристики [6].

Таблица 1 – Основные направления развития мирового тракторостроения

Направление развития	Суть и примеры

Цифровизация и точное земледелие	Внедрение GPS-навигации, телематики, датчиков почвы и посевов для оптимизации операций и сокращения затрат.
Автономизация	Разработка тракторов, способных работать без оператора (например, John Deere) для решения проблемы нехватки кадров.
Электрификация и альтернативное топливо	Переход на электропривод, гибриды и водородные двигатели для снижения выбросов и шума.
Повышение связности и анализ данных	Интеграция с облачными платформами для удалённого мониторинга, предиктивного обслуживания и управления парком.
Специализация техники	Создание узкоспециализированных моделей (для виноградников, садов, крупных агрохолдингов).

Одним из ключевых направлений является использование цифровой трансформации для управления парком сельхозмашин в целом, включая мониторинг состояния техники и прогнозирование технического обслуживания [7, 8].

Автономные тракторы, способные выполнять сельскохозяйственные операции без оператора, становятся реальностью благодаря достижениям в области компьютерного зрения, искусственного интеллекта и встроенных сенсорных систем, как показано на примере разработок ведущих производителей.

Технологии виртуальной и дополненной реальности улучшают процесс обучения операторов и позволяют моделировать реальные условия эксплуатации техники, что повышает безопасность и эффективность работы.

Рост экологических стандартов приводит к разработке тракторов с более чистыми двигателями, сниженным уровнем выбросов и улучшенными показателями энергоэффективности. Производители вынуждены внедрять новые системы управления двигателем, турбонаддува и альтернативные источники энергии [7].

Кроме того, высокоэффективные двигатели с оптимизированными рабочими циклами позволяют не только соответствовать стандартам, но и повышать общую производительность машин.

Несмотря на технологический прогресс, отрасль сталкивается с рядом проблем:

- необходимость модернизации производственных мощностей и подготовки квалифицированных инженеров;
- высокая стоимость внедрения инновационных решений;
- необходимость адаптации продукции к различным климатическим и сельскохозяйственным условиям;
- зависимость от глобальных цепочек поставок комплектующих.

В заключении следует отметить, что современное тракторостроение – это динамично развивающаяся отрасль, в которой переплетаются традиционные механические решения и передовые цифровые технологии. Переход к автоматизации, внедрение интеллектуальных систем управления и экологических технологий обеспечивают рост эффективности сельскохозяйственных работ и повышение конкурентоспособности тракторов на мировом рынке. Постоянные инновации, поддерживаемые инвестициями в НИОКР и современные производственные процессы, являются ключом к устойчивому развитию отрасли в будущем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Теоретические основы создания программного обеспечения для эксплуатации и технического обслуживания тракторов и автомобилей / Д. А. Москвичев, А. В. Евграфов, Р. Н. Егоров, Г. Е. Митягин. – М. : Российский государственный аграрный университет, 2025. – 129 с.
2. Дидманидзе, О. Н. Перспективы развития технического уровня отечественных тракторов / О. Н. Дидманидзе, А. С. Гузалов, Н. А. Большаков // Чтения академика В. Н. Болтинского: сборник статей. Ч. 1. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2022. – С. 83-88.
3. Горбачёв, И. В. Состояние и перспективы развития тракторостроения для АПК России / И. В. Горбачёв, А. М. Нефёдов // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 1. – С. 3-6.
4. Дидманидзе, Р. Н. Повышение эффективности производственных процессов с обеспечением конкурентоспособности продукции / Р. Н. Дидманидзе, А. С. Гузалов // Доклады ТСХА: материалы международной научной конференции. Вып. 290, ч. 2. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018. – С. 91-93.
5. Дидманидзе, О. Н. Формирование подхода к созданию цифрового двойника трактора сельскохозяйственного назначения / О. Н. Дидманидзе, Н. Н. Пуляев, А. С. Гузалов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – № 61. – С. 33-37.
6. Уваров, В. П. Энергозатраты на технологические процессы при минимуме возвратных вложений / В. П. Уваров, Р. Н. Дидманидзе // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». – 2008. – № 2(27). – С. 71-74.
7. Трухачев, В. И. Какие сельскохозяйственные тракторы нужны завтра России? / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар : сборник статей, Москва, 22-24 января 2020 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2020. – С. 11-19.
8. Основы применения теории массового обслуживания для процессов возделывания сельскохозяйственных культур / В. П. Чайка, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк [и др.]. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Автограф», 2018. – 200 с.

Об авторах:

Полякова Анастасия Александровна, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Гузалов Артёмбек Сергеевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А.

Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, aguzalov@mail.ru.

About the authors:

Anastasia A. Polyakova, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Artembek S. Guzalov, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, aguzalov@mail.ru.

РАСЧЁТ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ОБОРОТНЫМИ ПРИЦЕПАМИ ДЛЯ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

А. А. Полякова

Научный руководитель – А. С. Гузалов

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье актуализирована проблема совершенствования транспортно-логистического обеспечения уборки зерновых, которое направлено на устранение простоев комбайнов, затягивание сроков уборки и высокую долю затрат на транспортировку. Для снижения затрат на транспортировку и устранение простоев комбайнов предлагается применение тракторно-транспортного агрегата, представляющего из себя прицепной состав, в который входят трактор и прицеп или полуприцеп с подкатной тележкой. Приведён расчёт уборочно-транспортного звена с обратными прицепами для уборки урожая.

Ключевые слова: сельское хозяйство, уборка зерновых, уборочно-транспортный комплекс, тракторно-транспортный агрегат, простои комбайнов.

CALCULATION OF TRANSPORT AND LOGISTICAL SUPPORT WITH REVERSIBLE TRAYS FOR GRAIN HARVESTING

A. A. Polyakova

Scientific advisor – A. S. Guzalov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article highlights the problem of improving the transport and logistics support for grain harvesting, which aims to eliminate downtime of combine harvesters, delay the harvesting process, and reduce transportation costs. To reduce transportation costs and eliminate downtime of combine harvesters, the article proposes the use of a tractor-transport unit, which consists of a tractor and a trailer or semi-trailer with a rolling trolley. The article provides a calculation of a harvesting and transport unit with reversible trailers for harvesting crops.

Keywords: agriculture, grain harvesting, harvesting and transport complex, tractor and transport unit, idle time of combines.

Выращивание зерновых – это сложный процесс, который включает в себя принятие решений по четырём основным направлениям: производство, сбор урожая, хранение и распределение. При производстве принимаются решения о стратегии выращивания, а во время сбора урожая – о том, как эффективно собрать урожай с поля [1]. При хранении принимаются решения о контроле запасов и управлении качеством зерна, а при распределении – о перемещении урожая по цепочке поставок для доставки потребителям [2].

Совершенствование транспортно-логистического обеспечения уборки зерновых направлено на устранение ключевых проблем: простои комбайнов, затягивание сроков уборки и высокую долю затрат (20...30 % от общих на производство зерна) на транспортировку [3-5]. Решения лежат в области технологий, цифровизации и точного планирования.

Использование оборотных прицепов (сменных кузовов) позволяет сократить простои комбайнов и уменьшить потребность в автотранспорте за счёт перевалочной технологии.

Тракторно-транспортный агрегат представляет из себя прицепной состав, в который входят трактор и прицеп или полуприцеп с подкатной тележкой. На рисунке 1 показана схема тракторно-транспортного агрегата, в состав которого входит трактор классической компоновки, полуприцеп и одноосная подкатная тележка для присоединения полуприцепа к трактору.

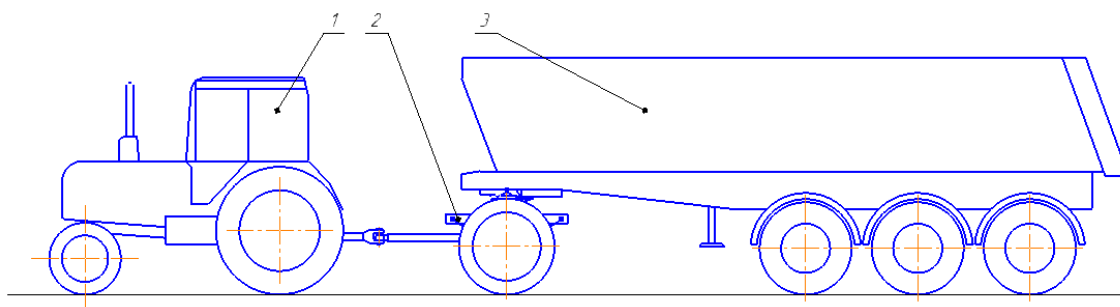


Рисунок 1 – Схема тракторно-транспортного агрегата:

1 – трактор, 2 – подкатная тележка, 3 – полуприцеп

Для примера в статье приведем расчёт на 500 га уборочной площади, что соответствует площади одного среднестатистического крестьянско-фермерского хозяйства (КФХ). Расчёт производится согласно методике, разработанной в ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева [6]. Исходные данные представлены в таблице 1.

Расчёт производительности комбайнов. Часовая производительность комбайна W_K рассчитывается по формуле:

$$W_K = B_K * V_K * \tau,$$

$$W_K = 1,5 \text{ га/ч.}$$

где B_K – ширина жатки, м;

V_K – рабочая скорость комбайна, м/с;

τ – коэффициент использования времени.

Таблица 1 – Исходные данные

Показатель	Значение
Общая площадь поля, га	$F = 500$ га;
Урожайность зерновых, т/га	$U = 4$ т/га;
Часовая производительность одного комбайна, га/ч	$W_K = 1,5$ га/ч;
Вместимость бункера комбайна, м ³	$V_K = 8$ м ³ ;
Плотность зернового вороха, т/м ³	$\gamma_B = 0,75$ т/м ³ ;
Грузоподъёмность прицепа, т	$Q_r = 10$ т;
Расстояние от поля до пункта после уборочной обработки, км	$L = 5$ км;
Средняя скорость транспортного средства с грузом, км/ч	$v_{гр} = 40$ км/ч;
Средняя скорость транспортного средства без груза, км/ч	$v_{пор} = 50$ км/ч;
Время разгрузки прицепа, ч	$t_{разг} = 0,2$ ч;
Время маневрирования и сцепки/ расцепки, ч	$t_{ман} = 0,1$ ч;
Продолжительность рабочей смены, ч	$T_{см} = 10$ ч;
Календарные сроки уборки, дни	$D_K = 10$ дней

Суточная производительность одного комбайна:

$$W_{сут(к)} = W_K T_{см}$$

$$W_{сут(к)} = 1,5 * 10 = 15 \text{ га/сут.}$$

Общее количество комбайнов для уборки поля за заданный срок:

$$N_K = \frac{F}{W_{сут(к)} * D_K}$$

$$N_K = \frac{500}{15 * 10} = 4 \text{ комбайна, ед.}$$

где D_K – календарные сроки уборки, дни.

Объём зерна, намолоченного одним комбайном за час:

$$Q_{ч(к)} = W_K * U = 1,5 * 4 = 6 \text{ ч.}$$

Часовая производительность всего комбайнового звена:

$$W_{чК} = N_K * Q_{ч(к)} = 4 * 6 = 24 \text{ т/ч.}$$

Время полного заполнения бункера комбайна:

$$t_{зап} = \frac{V_K * \gamma_K}{Q_{ч(к)}} = \frac{8 * 0,75}{6} = 1.$$

Количество рейсов прицепа за цикл работы комбайна для сокращения простоев комбайна:

$$n_{рейс} = \frac{V_K * \gamma_K}{Q_r} = \frac{8 * 0,75}{10} \approx 1.$$

Время одного рейса прицепа, который представляется как сумма времени на пробег с груженным и опорожненным кузовом включая манёвры и времени на погрузочно-разгрузочные работы [7]:

$$t_{рейс} = \frac{2L}{v_{гр}} + \frac{2L}{v_{пор}} + t_{разг} + t_{ман} = \frac{2 * 5}{40} + \frac{2 * 5}{50} + 0,2 + 0,1 = 0,75 \text{ ч.}$$

Часовая производительность одного транспортного средства:

$$W_T = \frac{Q_r}{t_{рейс}} = \frac{10}{0,75} \approx 13,3 \text{ т/ч.}$$

Необходимое количество транспортных средств (прицепов + тягачей):

$$N_T = \frac{W_{чк}}{W_T} = \frac{24}{13,3} = 2.$$

Для бесперебойной работы необходимо иметь запас оборотных прицепов, чтобы [5]:

- комбайн мог выгрузить зерно, пока заполненный прицеп увозится;
- избежать простоев из-за ожидания транспорта.

Минимальное количество оборотных прицепов на один комбайн:

$$K_{\text{приц}} = \frac{t_{\text{рейс}}}{t_{\text{зап}}} + 1 = \frac{0,75}{1} + 1 = 2 \text{ прицепа на один комбайн.}$$

Общее количество прицепов для всего комбайнового звена:

$$K_{\text{общ}} = N_K * K_{\text{приц}} = 4 * 2 = 8 \text{ прицепов.}$$

Для проверки точности расчётов необходимо убедиться, что транспортная система справляется с потоком зерна:

$$N_T * W_T \geq W_{чк}$$

$$2 * 13,3 \geq 24, \text{ условие выполняется}$$

Если условие не выполняется, то можно увеличить N_T или Q_z .

Вывод

Расчёт уборочно-транспортного звена с оборотными прицепами позволяет минимизировать простои комбайнов, оптимизировать количество техники и снизить затраты на транспортировку. Для уборки 500 га при заданных условиях требуется 4 комбайна, 2 транспортных средства и 8 оборотных прицепов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Митягин, Г. Е. Оптимизация числа мобильных агрегатов технического обслуживания в уборочно-транспортных звеньях / Г. Е. Митягин, Н. Н. Пуляев, В. Б. Лукьянов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2008. – № 1(26). – С. 65-66.
2. Скороходов, А. Н. Вероятностная оценка взаимодействия звеньев технологического комплекса / А. Н. Скороходов, О. Н. Дидманидзе // Международный технико-экономический журнал. – 2012. – № 1. – С. 54.
3. Егоров, Р. Н. Рациональное проектирование и оптимизация транспортно-технологических процессов / Р. Н. Егоров, Р. Н. Дидманидзе, А. Н. Журилин. – М. : Учебно-методический центр «Триада», 2017. – 162 с.
4. Дидманидзе, Р. Н. Повышение эффективности производственных процессов с обеспечением конкурентоспособности продукции / Р. Н. Дидманидзе, А. С. Гузалов // Доклады ТСХА: материалы международной научной конференции. Вып. 290, ч. 2. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2018. – С. 91-93.
5. Дидманидзе, О. Н. Оптимизация грузовых автомобильных перевозок / О. Н. Дидманидзе, Н. Н. Пуляев, Р. Н. Егоров. – М. : ООО «Автограф», 2021. – 146 с.

6. Дидманидзе, Р. Н. Алгоритм рационального использования транспортных средств в производственном процессе / Р. Н. Дидманидзе, А. С. Гузалов // Международный технико-экономический журнал. – 2019. – № 5. – С. 77–84. – DOI: 10.34286/1995-4646-2019-68-5-77-84.

7. Андреев, О. П. Научные основы транспортных процессов при многофазной уборке зерновых культур : монография / О. П. Андреев, Н. Н. Пуляев, Р. Н. Егоров. – М. : ООО «Автограф», 2020. – 95 с.

Об авторах:

Полякова Анастасия Александровна, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Гузалов Артёмбек Сергеевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, aguzalov@mail.ru.

About the authors:

Anastasia A. Polyakova, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Artembek S. Guzalov, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, aguzalov@mail.ru.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК НА ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ: ЦИФРОВИЗАЦИЯ И ПОТЕНЦИАЛ PYTHON

Т. Д. Попов, Д. А. Москвичев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются современные вызовы в организации пассажирских перевозок логистическими компаниями, осуществляющими служебные, вахтовые или корпоративные перевозки. Предлагаются направления оптимизации на основе цифровых решений, а также концепция программы на языке Python для повышения эффективности, предсказуемости и экономической целесообразности данных процессов.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, логистические предприятия, оптимизация маршрутов, цифровизация, Python-решения.

IMPROVING PASSENGER TRANSPORTATION AT LOGISTICS ENTERPRISES: DIGITALIZATION AND PYTHON POTENTIAL

T. D. Popov, D. A. Moskvichev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article discusses modern challenges in the organization of passenger transportation by logistics companies that carry out official, rotational, or corporate transportation. It proposes optimization directions based on digital solutions, as well as the concept of a Python program to increase the efficiency, predictability, and economic feasibility of these processes.

Keywords: passenger transportation, logistics enterprises, route optimization, digitalization, Python solutions.

Цель исследования – разработать концепцию программного обеспечения на языке Python для повышения эффективности управления корпоративными пассажирскими перевозками за счет внедрения динамической маршрутизации, прогнозной аналитики и автоматизации ключевых операционных процессов.

Логистические предприятия, помимо управления грузопотоками, зачастую сталкиваются с задачей организации пассажирских перевозок [1]. Это может быть транспорт для сотрудников (вахтовые и служебные автобусы), доставка клиентов и партнеров, организация развозных маршрутов в крупных логистиче-

ских хабах и терминалах [2]. Неэффективное управление этими процессами ведет к прямым финансовым потерям (простой транспорта, неоптимальные маршруты), снижению удовлетворенности сотрудников и клиентов, а также к увеличению операционных рисков [3].

Ключевые проблемы включают следующие показатели. Статические маршруты не учитывают ежедневные изменения в количестве пассажиров, точек сбора и дорожной ситуации [4]. Трудоемкость процесса, высокая вероятность ошибок и сложность оперативной корректировки. Невозможность точно оценить загрузку транспорта, себестоимость поездки, эффективность водителей. Пассажиры не получают актуальной информации о местоположении транспорта и возможных изменениях [5]. Решением этих проблем является внедрение интеллектуальных систем управления пассажирскими перевозками, ядро которых может быть реализовано с помощью современных языков программирования, в частности, Python.

Направления совершенствования с применением IT-решений

Система, которая не просто строит маршрут, а постоянно оптимизирует его в режиме, близком к реальному времени, на основе поступающих заявок, данных о дорожном трафике (через API картографических сервисов) и приоритетов (срочность, статус пассажира) [6]. Модуль для регистрации заявок на поездку (через веб-интерфейс или мобильное приложение) с последующим анализом исторических данных и прогнозированием пиковых нагрузок [7]. Отслеживание местоположения всех единиц транспорта в реальном времени, контроль соблюдения маршрута и графика, анализ стиля вождения. Формирование отчетов по ключевым показателям (KPI): коэффициент использования транспорта, средняя стоимость пассажира-километра, соблюдение временных окон [8].

Концепция программы представлена на Python для совершенствования перевозок. Python, благодаря своей простоте, богатой экосистеме библиотек и поддержке парадигмы data-driven разработки, является идеальным инструментом для создания прототипов и полноценных систем управления перевозками.

Архитектура условной программы может включать следующие модули. Ядро оптимизации (Backend, Flask/FastAPI). Библиотеки: pandas, numpy, scikit-learn, ortools (Google Optimization Tools) или pulp. Решает задачу маршрутизации (Vehicle Routing Problem, VRP) с учетом временных окон и ограничений по вместимости. На вход получает список адресов, временные метки, параметры транспорта. На выходе выдает оптимальный набор маршрутов и расписание.

Пример упрощенной схемы задачи маршрутизации представлен на рисунке 1.

В данную схему входит модуль интеграции с внешними сервисами. Библиотеки requests, геору. Получение актуальных данных о дорожной обстановке и расчет расстояний/времени через API (Яндекс.Карты, Google Maps, OSRM). Геокодирование адресов (преобразование текстового адреса в координаты). Модуль сбора данных и прогнозирования. Библиотеки: pandas, statsmodels, prophet (от Facebook). Анализ истории поездок, выявление трендов и сезонности. Прогнозирование количества заявок на определенную дату и время для заблаговременного планирования количества транспорта. Визуализация и интерфейс

(Frontend/Админка). Отображение маршрутов на интерактивной карте (folium), дашборды с аналитикой (графики загрузки, финансовые показатели).

```
python

# Упрощенная схема инициализации задачи маршрутизации
from ortools.constraint_solver import routing_enums_pb2, pywrapcp

def create_data_model():
    data = {}
    data['distance_matrix'] = distances # Матрица расстояний, рассчитанная через API
    data['demands'] = [0, 1, 1, 1] # Спрос (0 - депо, 1 - пассажир)
    data['vehicle_capacities'] = [12, 12] # Вместимость автобусов
    data['num_vehicles'] = 2
    data['depot'] = 0
    return data

# ... (далее решение задачи и извлечение оптимальных маршрутов)
```

Рисунок 1 – Упрощенная схема задачи маршрутизации

Простой интерфейс для диспетчера для ручного внесения корректировок. Модуль уведомлений. Автоматическая рассылка уведомлений пассажирам о времени подачи транспорта, изменениях в маршруте, ссылке для отслеживания в реальном времени.

Преимущества подхода на Python:

- Гибкость и скорость разработки. Можно быстро создать рабочий прототип, адаптировать алгоритмы под специфические нужды предприятия.
- Низкая стоимость. Использование open-source библиотек минимизирует затраты на лицензии.
- Интеграция. Python легко интегрируется с существующими корпоративными системами (1С, CRM), базами данных и аппаратными трекерами (GPS/ГЛОНАСС).
- Активное сообщество. Большое количество готовых решений и поддержки для задач анализа данных и оптимизации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автомобильные перевозки / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, А. М. Карев [и др.]. – М.: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2018. – 554 с. – ISBN 978-5-7367-1436-0.
2. Москвичев, Д. А. Эффективность модернизации сельскохозяйственной техники путем использования модульного транспорта / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Вестник Федерального государственного образовательного учре-

ждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2018. – № 2(84). – С. 33-36. – DOI 10.26897/1728-7936-2018-2-33-36.

3. Многофункциональная имитационная модель / Г. В. Легеза, О. Н. Дидманидзе, Г. Е. Митягин, Е. Ф. Шульга // Объединенный научный журнал. – 2006. – № 25. – С. 66-69.

4. Москвичев, Д. А. Особенности метода технического обслуживания модульных транспортных средств / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Техно-технологические проблемы сервиса. – 2019. – № 2(48). – С. 17-19.

5. Москвичев, Д. А. Методика определения периодичности технического обслуживания перспективных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(64). – С. 112-117. – DOI 10.31563/1684-7628-2022-64-4-112-117.

6. Транспорт в агропромышленном комплексе : учебник / О. Н. Дидманидзе, Н. Н. Пуляев, А. А. Солнцев [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет, 2024. – 474 с.

7. Москвичев, Д. А. Оптимизация производства схемами поставок модульных транспортных средств / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Грузовик. – 2018. – № 4. – С. 21-23.

8. Москвичев, Д. А. Оценка периодичности технического обслуживания модульного транспортного средства по наработке / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 4(75). – С. 134-137. – DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-4-134-137.

Об авторах:

Попов Тимофей Дмитриевич, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Москвичев Дмитрий Александрович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, moskvichev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Timofey D. Popov, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Dmitry A. Moskvichev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, moskvichev@rgau-msha.ru.

ОБЗОР ХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ДЛЯ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КОНСТРУКЦИИ МОДУЛЬНОГО ОХЛАДИТЕЛЯ-ДЕЗИНФЕКТОРА

М. М. Прокофьев

Научный руководитель – И. Ю. Игнаткин

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Параметры микроклимата являются критическим фактором продуктивности в свиноводстве. Ввиду отсутствия у свиней развитой системы терморегуляции (в частности, потовых желез), для отвода избыточного тепла в промышленных условиях свиноводческих предприятий применяют преимущественно водоиспарительные системы охлаждения. При этом, помимо задачи охлаждения, важной проблемой остается обеззараживание воздушной среды. Свиньи выделяют опасные для своего здоровья вредные вещества, которые находятся в непосредственном контакте с животными. Также в теплом и влажном климате свинарника есть высокий риск заболеваний животных. В статье описывается метод химической дезинфекции воздуха.*

Ключевые слова: *свиноводство, охладитель, дезинфекция, химический метод, классификация.*

REVIEW OF THE CHEMICAL METHOD OF DISINFECTION FOR ITS USE IN THE DESIGN OF A MODULAR COOLER-DISINFECTOR

M. M. Prokofiev

Scientific advisor – I. Yu. Ignatkin

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Microclimate parameters are a critical factor in pig productivity. Due to the lack of a developed thermoregulatory system in pig farms (including sweat glands), water-evaporative cooling systems are primarily used to remove excess heat in industrial pig farms. In addition to cooling, air disinfection remains a significant challenge. Pigs excrete harmful substances that are in direct contact with the animals, posing a health risk. The warm and humid climate of a pig barn also poses a high risk of animal disease. This article describes a method for chemical air disinfection.*

Keywords: *pig farming, cooler, disinfection, chemical method, classification*

Среди методов дезинфекции можно выделить: физический, биологический, химический и комбинированный (совмещает в себе несколько методов). Наиболее эффективными считаются физический метод (озонирование, УФ-излучение) и химический (применение химических соединений). Недостатком физического метода применения в модульном охладителе-дезинфекторе можно отнести как высокую цену приобретения и установки, так и необходимость регулярного обслуживания оборудования. Лампы, излучающие ультрафиолет, подвержены скапливанию осажденных частиц, что уменьшает полезную площадь поверхности дезинфекции. Озонирование требует создания электрических разрядов для расщепления воды на составляющие элементы. Это энергозатратный механизм активации водного раствора. Химический способ лишен подобных недостатков. Также все растворы, применяемые в дезинфекции животноводческих помещений, одобрены ветеринарной службой, имеющей необходимую сертификацию.

В ветеринарной практике для обеззараживания объектов применяется широкий спектр химических дезинфицирующих средств. Их обобщённая классификация представлена на рисунке 1 [1, 2].

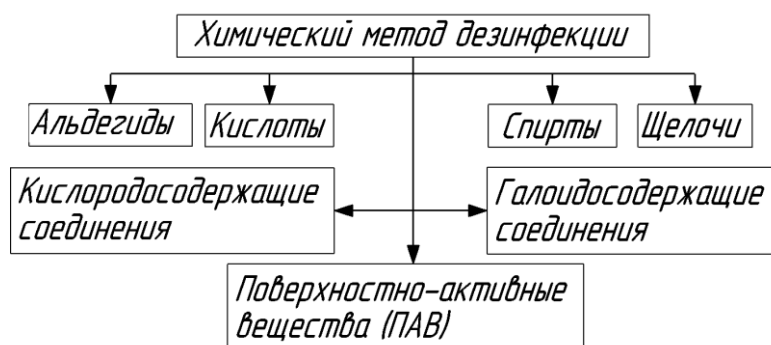


Рисунок 1 – Классификация химических способов дезинфекции

Необходимо рассмотреть каждый способ по отдельности и составить перечень химических дезинфектантов, которые можно применять в непосредственной близости возле животных. При выборе дезинфектантов для обработки водного раствора, использующегося для охлаждения, в присутствии животных ключевыми являются требования безопасности: низкая токсичность для теплокровных, отсутствие коррозионного воздействия на оборудование, стабильность в рабочем разведении и эффективность в отношении целевых патогенов. Основные группы химических соединений, применяемых в ветеринарии, обладают различным потенциалом для данных условий [5].

Щёлочи

Сильные основания, обладающие бактерицидным действием, пропорциональным концентрации гидроксильных ионов. Обладают выраженным коррозионным воздействием на оборудование и бетонные конструкции, требуют тщательной смывки и представляют опасность для персонала, что ограничивает их применение в системах постоянной обработки.

Кислоты

Используются реже ввиду высокой токсичности, коррозионной активности, способности инактивироваться органическими загрязнениями и относительно высокой стоимости.

Галоидосодержащие соединения:

- Хлорсодержащие (гипохлориты, хлорамин). Сильные окислители с широким спектром действия. Недостатки: нестабильность на свету, инактивация органикой, коррозионная активность, риск образования токсичных газов (хлора) при контакте с кислотами или аммиаком, что особенно опасно в помещениях для содержания животных.

- Йодсодержащие (йодофоры). Обладают высокой бактерицидной, вирулицидной и фунгицидной активностью. Менее коррозионны и раздражающи, чем хлорсодержащие препараты, что делает их потенциально пригодными для аэрозольного применения при соблюдении регламентов концентрации.

Альдегидсодержащие (формальдегид, глутаровый альдегид)

Обладают мощным спороцидным действием. Однако высокая токсичность, канцерогенность, резкий запах и способность фиксировать органические загрязнения полностью исключают их применение в присутствии животных и персонала [3].

Кислородсодержащие окислители (перекись водорода, надуксусная кислота)

Обладают широким спектром действия, разлагаются на нетоксичные продукты (воду, кислород, уксусную кислоту). Чувствительны к свету и температуре, могут проявлять коррозионные свойства в высоких концентрациях. Перуксусная кислота в низких концентрациях рассматривается как один из наиболее предпочтительных вариантов для обработки в присутствии животных [3].

Поверхностно-активные вещества (ПАВ):

- Четвертичные аммониевые соединения (ЧАС). Обладают хорошей моющей способностью и стабильностью. Недостатки: низкая эффективность против безоболочечных вирусов и в условиях жесткой воды.

- Гуанидины (полигексаметиленгуанидин). Обладают пролонгированным бактерицидным действием и низкой токсичностью. Часто комбинируются с ЧАС для синергетического эффекта.

Спирты (этанол, изопропанол)

Обладают быстрым бактерицидным действием. Используются преимущественно как антисептики для обработки рук и поверхностей оборудования, но не для объёмной дезинфекции помещений из-за высокой летучести, пожароопасности и стоимости [4, 6].

Для постоянной или периодической обработки воздушной среды в свиноводческих помещениях с животными рекомендованы препараты, отвечающие критериям безопасности и эффективности:

- На основе органических кислот (молочная, уксусная, муравьиная) – обладают умеренным бактериостатическим и вирулицидным действием, относительно безопасны.

- На основе перекиси водорода и перуксусной кислоты в низких концентрациях – обеспечивают широкий спектр действия с минимальным риском резистентности.

- Современные комбинированные препараты на основе ЧАС и гуанидинов – обладают моющим и дезинфицирующим эффектом, малотоксичны.

Средства, непригодные для применения в присутствии животных

- Альдегидсодержащие средства (формалин, глутаральдегид).
- Концентрированные растворы хлорсодержащих препаратов.
- Концентрированные едкие щёлочи.
- Фенольные соединения.

Эффективность любой химической дезинфекции вторична по отношению к качественной механической очистке, поскольку органическая биоплёнка резко снижает активность любого дезинфектанта. Поэтому дезинфекция в присутствии животных (санация воздуха/поверхностей) не может ликвидировать уже существующий очаг инфекции, а лишь снижает общую микробную нагрузку.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дезинфекция : учебно-методическое пособие для студентов факультета ветеринарной медицины по специальности «Ветеринарная медицина» и слушателей ФПК и ПК по ветеринарным специальностям / П. А. Красочко, Д. Г. Готовский, А. В. Бублов [и др.]. – Витебск: Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины», 2020. – 83 с.

2. Правила проведения дезинфекции и дезинвазии объектов государственного ветеринарного надзора (утв. Минсельхозом РФ 15.07.2002 № 13-5-2/0525) (вместе с «Методическими указаниями по контролю качества ветеринарной дезинфекции объектов животноводства») [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору. – Режим доступа: <https://56.fsvps.gov.ru/files/pravila-provedenija-dezinfekcii-i-dezin vazii-obektov-gosudarstvennogo-veterinarnogo-nadzora-utv-minselhozom-rf-15-07-2002-n-13-5-2-0525-vmeste-s-metodicheskimi-ukazanijami-po-kontrolju-kachestva-ete/?ysclid=mkle4yh5sf385840439> (дата обращения: 14.01.2026).

3. Смирнов, С. Л. Применение современных методов и средств дезинфекции в системе профилактических мероприятий в животноводстве и птицеводстве / С. Л. Смирнов // Развитие науки и практики в контексте глобальных вызовов: сборник статей по материалам 76-й Международной научно-практической конференции (п. Караваево, 06 февраля 2025 года). – п. Караваево : Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2025. – С. 114-124.

4. Дезинфекция производственных помещений и оборудования / Б. Л. Иванов, А. И. Рудаков, Н. Х. Зиннатулин, М. А. Лушнов // Вестник Казанского технологического университета. – 2017. – № 21(217). – С. 130-133.

5. Микробиологические риски в промышленном птицеводстве и животноводстве / В. И. Фисинин, В. И. Трухачёв, И. П. Салеева, Е. В. Журавчук, Р. О.

Колесников, А. В. Иванов // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53, № 6. – С. 1120-1130.

6. Палий, А. П. Определение эффективности обеззараживания животноводческих помещений новыми дезинфектантами / А. П. Палий // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 11(133). – С. 105-109.

Об авторах:

Прокофьев Михаил Михайлович, аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), imaickprof@mail.ru.

Научный руководитель – Игнаткин Иван Юрьевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор, ignatkin@rgau-msha.ru.

About the authors:

Mikhail M. Prokofiev, Postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), imaickprof@mail.ru.

Scientific advisor – Ivan Yu. Ignatkin, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, Professor, ignatkin@rgau-msha.ru.

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ПОСАДОК В МУФТАХ ПРИВОДОВ РЕДУКТОРОВ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КПК-2-01

Д. А. Пупкова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается актуальность использования картофеляуборочного комбайна КПК-2-01. Также выявлена основная техническая проблема эксплуатации – быстрый износ шпоночных соединений при использовании переходной посадки или посадки с зазором. В работе представлены расчёты экономического эффекта от снижения годовой трудоёмкости текущего ремонта комбайна.

Ключевые слова: картофелеуборочный комбайн, сельскохозяйственная техника, экономический эффект, шпоночное соединение, посадка с зазором, посадка с натягом, текущий ремонт.

CALCULATION OF THE ECONOMIC EFFECT OF USING NEW LANDINGS IN THE COUPLES OF THE REDUCER DRIVES OF THE KPC-2-01 POTATO HARVESTER

D. A. Pupkova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article examines the relevance of using the potato harvester KПК-2-01. It also identifies the main technical problem in its operation – the rapid wear of keyed joints when using transition fits or clearance fits. The paper presents calculations of the economic effect resulting from a reduction in the annual labour intensity of routine maintenance of the harvester.

Keywords: potato harvester, agricultural machinery, economic effect, keyed joint, clearance fit, interference fit, routine maintenance.

Картофелеуборочный комбайн КПК-2-01 является востребованным в небольших и средних хозяйствах, так как он прост по конструкции, ремонтпригодности и имеет относительно низкую стоимость [1-3]. Поэтому для фермеров, которые работают на легких и среднесвязанных почвах, комбайн остается практическим решением при малом бюджете из-за своих ключевых характеристик, которые отражают универсальность и производительность, что делает его оптимальным для небольших полей [4]:

- ширина захвата – 1,4 м (два ряда с междурядьем 70 см);
- производительность – 0,3...0,8 га/ч;
- требуемая мощность трактора – 44...67 кВт (60...90 л. с.);
- рабочая скорость – 1,4...5,0 км/ч.

Но, несмотря на преимущества картофелеуборочного комбайна КПК-2-01, в нем есть существенный недостаток: быстрый износ шпоночных соединений [5-7]. Это связано с применением посадок с зазором, которые не обеспечивают заданную долговечность соединения. Если при соединении муфты с валом применяется переходная посадка либо посадка с зазором, наибольшую нагрузку испытывает шпоночное соединение. Это обусловлено тем, что передача вращающего момента осуществляется исключительно через шпонку [8-10].

Были проведены исследования в работе и в данной статье представлены расчеты экономического эффекта за счет снижения годовой трудоемкости работ по текущему ремонту картофелеуборочного комбайна КПК-2-01. Расчет будет складываться из формулы:

$$\mathcal{E}_1 = \mathcal{Z}_1^6 - \mathcal{Z}_1^y, \quad (1)$$

где $\mathcal{Z}_1^6$, $\mathcal{Z}_1^y$ – годовые затраты на текущий ремонт одного комбайна у базового варианта и улучшенного соответственно, р.

Годовые затраты на текущий ремонт одного комбайна рассчитывают по формуле:

$$\mathcal{Z}_1 = T_p t_{\text{нч}} k_{\text{СФР}}, \quad (2)$$

где T_p – годовая трудоемкость работ по текущему ремонту, чел·ч;

$t_{\text{нч}}$ – средняя стоимость одного нормо-часа работы специалиста по ремонту комбайна, руб./ нормо-час;

$k_{\text{СФР}}$ – коэффициент, учитывающий обязательные отчисления в Социальный фонд России.

Используя данные, представленные в таблице 1 годовая трудоемкость работ по текущему ремонту будет рассчитана по формуле:

$$T_p = W_{\text{ч}} T_{\text{ч}}, \quad (3)$$

где $W_{\text{ч}}$ – средняя годовая наработка комбайна в часах чистой работы, ч;

$T_{\text{ч}}$ – трудоемкость текущего ремонта в расчете на чистое время работы, (чел·ч)/ч.

Результаты расчёта экономического эффекта за счет снижения годовой трудоемкости работ по текущему ремонту картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что за счёт снижения годовой трудоемкости работ по текущему ремонту картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 произойдет уменьшение затрат на текущий ремонт. Годовой экономический эффект за счет снижения годовой трудоемкости работ по текущему ремонту картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 в расчете на 1 комбайн составит 11 700 руб.

Таблица 1 – Результаты расчетов экономического эффекта за счет

**снижения годовой трудоемкости работ по текущему ремонту
картофелеуборочного комбайна КПК-2-01**

Показатель	Единица измерения	Вариант	
		базовый	улучшенный
		Значения	
Годовая трудоемкость работ по текущему ремонту	чел·ч	27,5	22,5
Средняя стоимость одного нормо-часа работы специалиста	руб./ нормо-час	1800	
Коэффициент, учитывающий обязательные отчисления в Социальный фонд России	–	0,3	
Затраты на текущий ремонт одного комбайна	руб.	64350	52650
Годовой экономический эффект	р/год	11700	

Таким образом, на основании проведенных расчетов, можно заключить, что снижение годовой трудоемкости работ по текущему ремонту картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 приводит к выгоде с экономической точки зрения, что позволит:

- уменьшить затраты рабочего времени на обслуживание техники;
- сократить фонд оплаты труда;
- повысить коэффициент использования оборудования за счет сокращения простоя сельскохозяйственной техники;
- снизить общие эксплуатационные расходы.

Мероприятия по снижению трудоёмкости текущего ремонта КПК-2-01 показывают экономическую целесообразность и способствует повышению рентабельности АПК.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Study of the Influence of Macrogeometry Parameters on the Tightness of Shaft–Seal Joints / O. A. Leonov, N. Zh. Shkaruba, L. A. Grinchenko [et al.] // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2023. – Vol. 52, No. 6. – P. 40-47. – DOI 10.1134/S1052618823060109.

2. Анализ точности изготовления поверхностей валов и отверстий цилиндрического соединения со шпонкой / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2023. – № 4. – С. 41-49. – DOI 10.52261/02346206_2023_4_41.

3. Обоснование посадок соединений со шпонками / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, Д. У. Хасьянова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2022. – № 6. – С. 65-71. – DOI 10.31857/S0235711922060074.

4. Исследование влияния параметров макрогеометрии на герметичность соединений вала с манжетой / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Л. А. Гринченко [и др.] // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2023. – № 6. – С. 40-47. – DOI 10.31857/S0235711923060111.

5. Леонов, О. А. Разработка методики ранжирования показателей качества картофелеуборочных комбайнов / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Д. А. Боголюбова // *Агроинженерия*. – 2022. – Т. 24, № 2. – С. 13-20. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-2-13-20.
6. Леонов, О. А. Дефектация валов и шестерен с позиции обеспечения качества соединений при ремонте редукторов сельхозмашин / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // *Агроинженерия*. – 2022. – Т. 24 – № 4. – С. 48-52. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-4-48-52.
7. Пупкова, Д. А. Обеспечение норм точности посадок цилиндрических соединений приводов муфт со шпонками при ремонте сельскохозяйственной техники : дис. ... канд. техн. наук / Д. А. Пупкова. – Москва, 2024. – 128 с.
8. Расчет посадки с натягом из условия разбираемости соединения звездочки и ведомого вала редуктора / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // *Сельский механизатор*. – 2023. – № 7. – С. 38-39. – DOI 10.47336/0131-7393-2023-7-38-39.
9. Расчёт и выбор посадки с зазором с использованием теории гидродинамической смазки / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // *Агроинженерия*. – 2023. – Т. 25, № 5. – С. 57-61. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-5-57-61.
10. Цифровая модель процесса комплектации и сборки при ремонте двигателей / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, Л. А. Гринченко // *Сельский механизатор*. – 2024. – № 5. – С. 39-40. – DOI 10.47336/0131-7393-2024-5-38-39-40-44.

Об авторе:

Пупкова Дарья Александровна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, bogolyubova@rgau-msha.ru.

About the author:

Darya A. Pupkova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, bogolyubova@rgau-msha.ru.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРЕДПУСКОВОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ НА ТРАДИЦИОННОМ ТОПЛИВЕ И БИОТОПЛИВЕ

В. С. Сазонов

Научный руководитель – А. С. Апатенко

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в условиях пониженных температур окружающей среды остаётся существенной технической проблемой, затрагивающей все категории транспортных средств. Основной причиной сокращения ресурса ДВС выступают температурные напряжения, возникающие в процессе быстрого прогрева «холодного» двигателя. Данные напряжения, накладываясь на механические нагрузки, инициируют ускоренный износ деталей и снижают срок их службы. В качестве перспективного решения рассматривается применение смесового топлива на основе дизельного горючего и этанола, получаемого из биомассы борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*). Использование такого сырья представляет особый интерес с точки зрения утилизации инвазивного вида растений и снижения экологической нагрузки. Вместе с тем до настоящего времени отсутствуют экспериментальные данные, характеризующие эффективность применения предпусковых подогревателей для прогрева ДВС при работе на указанной топливной композиции. Это существенно ограничивает возможности прогнозирования эксплуатационных показателей двигателя в условиях низких температур.

Ключевые слова: энергопотребление, дизельное топливо, смесовые топлива, борщевик Сосновского, этанол, биотопливо.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF THE PRE-START HEATER ON TRADITIONAL FUEL AND BIOFUEL FROM HOGWEED SOSNOVSKY

V. S. Sazonov

Scientific advisor – A. S. Apatenko

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The operation of internal combustion engines (ICE) in conditions of reduced ambient temperatures remains a significant technical problem affecting all categories of vehicles. The main reason for the reduction of the ICE resource is the temperature stresses that occur during the rapid warming up of a «cold» engine. These stresses,

*combined with mechanical loads, accelerate wear and tear and reduce the service life of the use of blended fuel based on diesel fuel and ethanol obtained from the biomass of the Sosnowsky hogweed (*Heracleum sosnowskyi*) is considered as a promising solution. The use of such raw materials is of particular interest in terms of the utilization of an invasive plant species and the reduction of the environmental burden. However, there are currently no experimental data available to characterize the effectiveness of using pre-start heaters to warm up internal combustion engines when using this fuel composition. This significantly limits the ability to predict engine performance at low temperatures.*

Keywords: energy consumption, diesel fuel, blended fuels, Sosnovsky hogweed, ethanol, biofuel.

Предпусковой подогрев представляет собой один из наиболее распространённых и эффективных методов индивидуальной тепловой подготовки двигателей внутреннего сгорания (ДВС) при температурах ниже 5°C. Данные устройства совместимы с большинством типов ДВС и находят применение в широком спектре транспортных средств [1-6].

Перспективным направлением в этом контексте является применение моторных топлив на основе органического (растительного) сырья.

Целью исследования является влияния биоэтанола, полученного из борщевика Сосновского, на эксплуатационные показатели предпускового подогревателя двигателя.



Рисунок 1 – Подогреватель для предпускового разогрева ДВС

На рисунке 1 показан подогреватель, предназначенный для предпускового разогрева двигателя внутреннего сгорания (ДВС) с жидкостной системой охлаждения, автоматического поддержания оптимального теплового режима ДВС, а также для автоматического отопления салона (кабины) автотранспортного средства (АТС) и устранения обледенения ветровых стекол независимо от работы ДВС. В зависимости от модификации, возможно программирование подогревателя на автоматический запуск в любой день недели и час. Эксплуатация подогревателей осуществляется при температуре окружающего воздуха от минус 50°C до плюс 65°C.

Биодизельное топливо совместимо со всеми типами дизельных двигателей и может применяться как в чистом виде, так и в составе бинарных смесей с традиционным дизельным топливом. Существенное преимущество биодизеля состоит в том, что его использование не требует модернизации двигателя – в отличие от многих других альтернативных видов топлива [7-13].

Высокая воспламеняемость биодизеля, обусловленная повышенным цетановым числом, позволяет обходиться без дополнительных стимулирующих присадок. Вместе с тем следует учитывать ряд ограничений:

- расход топлива возрастает максимум на 25 %;
- мощность двигателя снижается ввиду уменьшения значения теплоты сгорания биодизеля по сравнению с обычным дизтопливом.

С точки зрения пожарной безопасности важны показатели температуры воспламенения: для дизельного топлива она составляет около 200 °С, для биодизеля – превышает 150 °С. Оба вида топлива классифицируются как безопасные.

Кроме того, химический состав биодизельного топлива обеспечивает дополнительную смазку подвижных элементов двигателя, что способствует снижению их износа.

Работа проводилась на автомобиле «Камаз» 6520 со штатным подогревателем.

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ РЕЖИМЫ ПРОГРЕВА

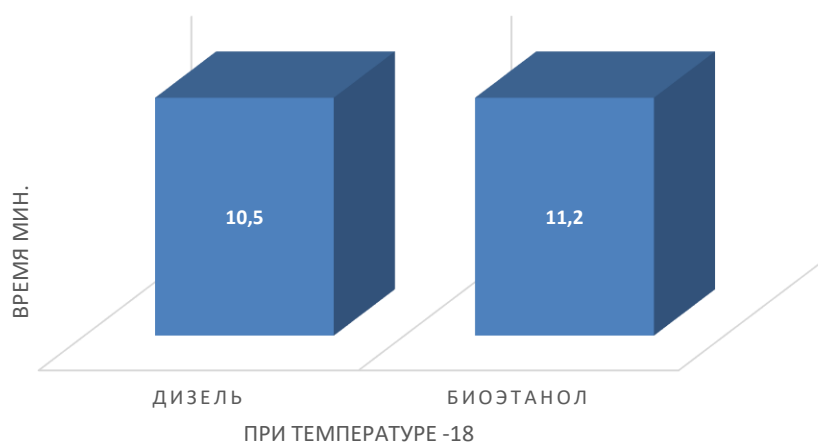


Рисунок 2 – Температурные режимы прогрева

На рисунке 2 мы видим динамику работы подогревателя:

- на чистом дизельном топливе;
- на смеси биоэтанола с дизельным топливом.

Анализ позволяет сделать вывод: идеальный подогреватель должен сочетать два ключевых свойства:

Оперативность нагрева – минимизирует время выхода на рабочий режим.

Долговечность бесперебойной работы – обеспечивает стабильность параметров в течение всего срока эксплуатации.

Такое сочетание не только сокращает простои, но и снижает совокупные затраты на обслуживание оборудования.

Вывод

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

- работа подогревателя на смеси с биоэтанолом характеризуется несколько увеличенным временем нагрева по сравнению с режимом на чистом дизельном топливе;
- одновременно зафиксировано значительное снижение дымности выхлопа при использовании биоэтанольной смеси.

Таким образом, применение биоэтанола вносит компромисс между скоростью прогрева и экологическими показателями: выигрыш в чистоте выхлопа достигается за счёт некоторого увеличения времени выхода на рабочий режим».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания / А. А. Александров, И. А. Архаров, В. А. Марков [и др.] ; под ред. А. А. Александрова, В. А. Маркова. – М. : ООО НИЦ «Инженер», ООО «Онико-М», 2012. – 791 с.
2. Патрахальцев, Н. Н. Повышение экономических и экологических качеств двигателей внутреннего сгорания на основе применения альтернативных топлив / Н. Н. Патрахальцев. – М. : Изд-во РУДН, 2008. – 267 с.
3. Марков, В. А. Токсичность отработавших газов дизелей / В. А. Марков, Р. М. Баширов, И. И. Габитов. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 376 с.
4. Дидманидзе, О. Н. Современный уровень развития двигателей с газомоторной и электрической силовой установками на транспортно-тяговых средствах / О. Н. Дидманидзе, А. С. Гузалов, Н. А. Большаков // Международный технико-экономический журнал. – 2019. – № 4. – С. 52-59. – DOI 10.34286/1995-4646-2019-67-4-52-59.
5. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях / В. А. Марков, С. Н. Девянин, В. Г. Семёнов, А. В. Шахов, В. В. Багров. – М. : ООО НИЦ «Инженер», ООО «Онико-М», 2011. – 536 с.
6. Гуреев, А. А. Топливо для дизелей. Свойства и применение / А. А. Гуреев, В. С. Азев, Г. М. Камфер. – М. : Химия, 1993. – 336 с.
7. Дидманидзе, О. Н. Исследования показателей тепловыделения газовых двигателей / О. Н. Дидманидзе, А. С. Афанасьев, Р. Т. Хакимов // Записки Горного института. – 2018. – Т. 229. – С. 50-55. – DOI 10.25515/PMI.2018.1.50.
8. Звонов, В. А. Оценка традиционных и альтернативных топлив по полному жизненному циклу / В. А. Звонов, А. В. Козлов, А. С. Теренченко // Автостроение за рубежом. – 2001. – № 12. – С. 14-20.
9. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях / В. А. Марков, С. Н. Девянин, В. Г. Семёнов [и др.]. – М. : ООО НИЦ «Инженер», 2011. – 536 с.

10. Исследование физико-химических свойств биотоплив на основе растительных масел / В. П. Коваленко, Е. А. Улюкина, Н. Н. Пуляев, А. Н. Приваленко // Международный научный журнал. – 2011. – № 4. – С. 79-83.

11. Гусаков, С. В. Перспективы применения в дизелях альтернативных топлив из возобновляемых источников / С. В. Гусаков. – М. : РУДН, 2008. – 318 с.

12. Reynolds, M. A. A Case Study for Life Cycle Assessment (LCA) as an Energy Decision Making Tool: The Production of Fuel Ethanol from Various Feedstocks / M. A. Reynolds, M. D. Checkel, R. A. Fraser // SAE Technical Paper Series. – 1998. – № 982205. – P. 1-17.

13. Александров, А. А. Моторные топлива. Современные аспекты безопасного хранения и реализации в городах-мегаполисах / А. А. Александров, И. А. Архаров. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 352 с.

Об авторах:

Сазонов Виктор Сергеевич, аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), 89099871171@mail.ru.

Научный руководитель – Апатенко Алексей Сергеевич, заведующий кафедрой технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор, a.apatenko@rgau-msha.ru.

About the authors:

Viktor S. Sazonov, Postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), 89099871171@mail.ru.

Scientific advisor – Alexey S. Apatenko, Head of Department of Mechanical Engineering and Power Engineering, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, Professor, a.apatenko@rgau-msha.ru.

РЕГИОНАЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ОВЦЕВОДСТВА В РОССИИ: ДИАГНОСТИКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ДИСБАЛАНСОВ И ТОЧЕК РОСТА

В. А. Самохин

ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса», р. п. Правдинский, Московская область, Российская Федерация

Аннотация. В настоящей статье анализируется региональная дифференциация овцеводства в Российской Федерации в контексте пространственной неоднородности развития аграрного сектора. На основе обобщения научных публикаций выявлены ключевые производственные, селекционные и институциональные дисбалансы, формирующие различия в уровне развития отрасли между субъектами РФ. Показано, что устойчивость овцеводства определяется сочетанием природно-климатических условий, породного состава, уровня технологического обеспечения и доступности рыночной инфраструктуры. Обоснована необходимость пространственно-дифференцированного подхода к развитию овцеводства, ориентированного на формирование локализованных точек роста и снижение территориальных диспропорций.

Ключевые слова: овцеводство, региональная дифференциация, пространственное развитие, аграрная экономика, точки роста, селекция, сельское хозяйство.

REGIONAL DIFFERENTIATION OF SHEEP FARMING IN RUSSIA: DIAGNOSTICS OF PRODUCTION IMBALANCES AND GROWTH POINTS

V. A. Samokhin

Russian Scientific Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support of the Agro-industrial Complex, Pravdinsky district, Moscow Region, Russian Federation

Abstract. The article examines the regional differentiation of sheep farming in the Russian Federation in the context of spatial heterogeneity of agricultural development. Based on the synthesis of recent scientific publications, key production, breeding and institutional imbalances determining interregional disparities in the development of the industry are identified. It is shown that the sustainability of sheep farming depends on a combination of natural and climatic conditions, breed composition, technological

level and accessibility of market infrastructure. The necessity of a spatially differentiated approach to sheep farming development aimed at creating localized growth points and reducing territorial disparities is substantiated.

Keywords: *sheep farming, regional differentiation, spatial development, agricultural economics, growth points, breeding, agriculture.*

Овцеводство относится к числу отраслей сельского хозяйства, развитие которых существенно зависит от территориальных условий. Природно-климатические особенности, породный состав и инфраструктурная обеспеченность формируют устойчивую региональную специализацию отрасли. В условиях трансформации аграрной экономики усиливается неравномерность развития сельскохозяйственного производства, проявляющаяся в концентрации ресурсов в ограниченном числе регионов и снижении роли животноводства на периферийных территориях.

Современный этап развития овцеводства характеризуется переходом от экстенсивных форм хозяйствования к интенсификации производства и внедрению технологических инноваций, что обуславливает необходимость переосмысления пространственной организации отрасли [1].

В 2021-2022 гг. отрасль овцеводства демонстрировала неоднозначную динамику: при относительной стабильности общего поголовья сохранялись значительные различия в уровнях продуктивности и воспроизводства в субъектах Российской Федерации [2]. Региональная структура овцеводства формируется под влиянием исторической специализации и природных условий, что обуславливает концентрацию производства в южных и горных регионах страны [4].

Экономические результаты хозяйств существенно варьируют в зависимости от природно-ресурсного потенциала территорий и уровня организации производства. В частности, в условиях горных регионов эффективность овцеводства определяется живой массой маточного поголовья и уровнем кормообеспечения. Это свидетельствует о прямой зависимости производственных показателей от пространственных факторов. Также, существенным фактором региональной дифференциации является неоднородность селекционной базы. Генетическая структура пород овец различается по регионам, что отражается на воспроизводственных и продуктивных характеристиках животных [5]. Различия в применяемых селекционно-технологических подходах приводят к формированию неоднородного качества поголовья и различий в хозяйственной эффективности [3].

Часть хозяйств продолжает функционировать в рамках экстенсивной модели производства, что ограничивает возможности роста продуктивности и снижает конкурентоспособность продукции овцеводства [1]. В результате формируются устойчивые дисбалансы между высокотехнологичными и традиционными зонами развития отрасли.

Региональная асимметрия развития усиливается под воздействием рыночных факторов. Недостаточная развитость системы мониторинга рынка продукции овцеводства затрудняет принятие управленческих решений и усиливает це-

новые риски для производителей. Неравномерное развитие инфраструктуры переработки и сбыта способствует концентрации добавленной стоимости в ограниченном числе регионов.

Пространственная трансформация сельского хозяйства сопровождается поляризацией аграрного пространства: высокоэффективные зоны аккумулируют инвестиции и трудовые ресурсы, тогда как периферийные территории утрачивают производственный потенциал.

Перспективы развития овцеводства связаны с внедрением интенсивных технологий и учетом пространственных приоритетов аграрной политики [1]. Важным направлением является формирование локализованных производственных зон, ориентированных на специализацию и кооперацию хозяйств.

Снижение региональных дисбалансов возможно за счет:

- развития селекционной базы и совершенствования племенной работы [3];
- внедрения системы аналитического мониторинга рынка продукции овцеводства;
- дифференциации мер государственной поддержки с учетом типа территории и уровня развития отрасли.

Комплексное сочетание технологических, селекционных и институциональных механизмов формирует предпосылки для устойчивых «точек роста» овцеводства в специализированных регионах.

Региональная дифференциация овцеводства в Российской Федерации обусловлена совокупностью природных, экономических и институциональных факторов. Выявленные дисбалансы проявляются в различиях уровня продуктивности, селекционного потенциала и доступа к рынкам.

Точки роста формируются в регионах, способных интегрировать интенсивные технологии, современные методы селекции и инструменты пространственной аграрной политики. Реализация дифференцированного подхода к развитию отрасли позволит снизить территориальные диспропорции и обеспечить устойчивое развитие овцеводства в России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобрышова, Г. Т. Будущее овцеводства – в развитии интенсивных технологий / Г. Т. Бобрышова, В. В. Голембовский, Л. А. Пашкова // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2021. – № 3. – С. 14-19.
2. Состояние овцеводства в Российской Федерации в 2021–2022 гг. / А. Б. Оришев, И. Н. Сычёва, Е. В. Пахомова, М. В. Шерстюк, С. И. Шерстюк // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2023. – № 3. – С. 19-21. – DOI 10.26897/2074-0840-2023-3-19-21.
3. Абонеев, В. В. О некоторых особенностях селекционно-технологических методов совершенствования овец племенных стад / В. В. Абонеев, Е. В. Абонеева // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2022. – № 4. – С. 16-20. – DOI: 10.26897/2074-0840-2022-4-16-20.

4. Вектор развития овцеводства в мире и России / В. И. Трухачев, А. И. Ерохин, Ю. А. Юлдашбаев, С. А. Ерохин // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2023. – № 4. – С. 3–9.

5. Онищенко, О. Н. Генетический полиморфизм генов GH, GDF9 у овец породы российский мясной меринос / О. Н. Онищенко, Е. Н. Чернобай, Е. С. Суржикова // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2023. – № 2. – С. 14–17. – DOI: 10.26897/2074-0840-2023-2-14-17.

6. Экономика устойчивого развития и ESG-трансформация аграрного бизнеса / Д. А. Антонова, Т. И. Ашмарина, Т. В. Бирюкова [и др.]. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2024. – 175 с.

7. Стратегические направления развития аграрной экономики в условиях смены технологических укладов / О. В. Борисова, А. А. Быков, А. А. Кирица [и др.]. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2025. – 152 с.

Об авторе:

Самохин Василий Александрович, аспирант, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (141261, Российская Федерация, Московская область, г.о. Пушкинский, р.п. Правдинский, ул. Лесная, д. 60).

About the author:

Vasily A. Samokhin, Postgraduate student, Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support for the Agro-Industrial Complex (141261, Russian Federation, Moscow Region, Pushkinsky District, Pravdinsky District, Lesnaya str., 60).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОСЕВОВ

А. А. Сапега, Р. Н. Дидманидзе

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлен подробный обзор современных технологий применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сельском хозяйстве и точном земледелии. Рассмотрены основные подходы к оперативному мониторингу состояния посевов, включая оценку всхожести, выявление зон стресса растений, заболеваний, дефицита питания и повреждений вредителями. Особое внимание уделено методам обработки данных дистанционного зондирования Земли, в том числе получению и анализу мультиспектральных и тепловых изображений, расчёту вегетационных индексов (прежде всего NDVI, а также NDRE, GNDVI и др.). Отдельно проанализированы принципы создания карт предписаний (application maps) для реализации дифференцированного внесения агрохимикатов, удобрений, средств защиты растений и регуляторов роста, что позволяет существенно снизить расход ресурсов и повысить экологичность производства.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, дроны, сельское хозяйство, агротехнологии, дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ), точное земледелие, прецизионное земледелие, мониторинг посевов, мультиспектральная съёмка, тепловизионная съёмка, NDVI.

EFFECTIVENESS OF USING UNMANNED FLYING APPLIANTS TO ASSESS THE CONDITION OF CROPS

A. A. Sapega, R. N. Didmanidze

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article provides a detailed review of modern technologies for using unmanned aerial vehicles (UAVs) in agriculture and precision farming. It discusses the main approaches to operational monitoring of crop conditions, including assessing germination, identifying plant stress zones, diseases, nutritional deficiencies, and pest damage. Special attention is paid to methods of processing Earth remote sensing data, including obtaining and analyzing multispectral and thermal images, calculating vegetation indices (primarily NDVI, as well as NDRE, GNDVI, etc.). The principles of creating prescription maps (application maps) for the implementation of a

differentiated application of agrochemicals, fertilizers, plant protection products and growth regulators are separately analyzed, which significantly reduces resource consumption and increases the environmental friendliness of production.

Keywords: *unmanned aerial vehicles, drones, agriculture, agrotechnologies, remote sensing of the Earth (RSSE), precision farming, crop monitoring, multispectral imaging, thermal imaging, NDVI.*

Введение

Традиционные методы мониторинга, такие как визуальные обходы и ручной отбор проб, отличаются субъективностью и высокой трудоёмкостью. Лабораторные анализы, обеспечивая высокую точность точечных измерений, требуют значительных временных и финансовых затрат и не отражают общую картину на поле. Спутниковое дистанционное зондирование, обладая глобальным охватом, часто ограничено недостаточным пространственно-временным разрешением и зависимостью от погодных условий (облачности) [1].

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) стали технологическим решением, которое предлагает оптимальный компромисс по ключевым качественным параметрам. Они сочетают высокое пространственное разрешение (до сантиметров на пиксель), независимость от облачного покрытия за счёт полётов на низкой высоте, беспрецедентную гибкость и оперативность применения. Это позволяет получать данные с заданной периодичностью в критические фазы развития растений [2].

Ключевым качественным преимуществом БПЛА-платформ является их способность интегрировать многоспектральные, гиперспектральные и тепловизионные сенсоры, что обеспечивает глубину и комплексность агрономического анализа. Получаемые массивы данных служат основой для автоматизированного, точного и воспроизводимого принятия решений, трансформируя сельское хозяйство в высокоавтоматизированную, данные-центричную отрасль. Таким образом, беспилотные летательные аппараты утвердились в качестве незаменимого, качественно нового инструмента для цифровизации и устойчивой интенсификации аграрного сектора [3].

Технологические особенности беспилотных летательных аппаратов

Среди беспилотных летательных аппаратов, применяемых в агросфере, выделяют два основных класса: квадрокоптеры (мультироторные аппараты) и летательные аппараты самолётного типа (fixed-wing).

Квадрокоптеры обладают высокой манёвренностью, возможностью вертикального взлёта и посадки (VTOL), а также способностью зависать в одной точке. Они идеально подходят для детальных инспекций, обследования небольших и средних площадей (до 30...100 га), а также для точечного внесения СЗР и удобрений. Типичное время полёта современных сельскохозяйственных квадрокоптеров с полезной нагрузкой составляет 20...45 минут. При этом за один полёт они обычно покрывают 10...40 га (в зависимости от разрешения съёмки и перекрытия кадров) [4].

Пример: DJI Phantom 4 Multispectral или Mavic 3 Multispectral – около 30 га за 25...30 минут полёта при мониторинге с разрешением 3...5 см/пикс.

Популярные опрыскиватели (DJI Agras T50, T40) показывают производительность 12...21 га/час при опрыскивании (с учётом дозаправки и перелётов).

Аппараты самолётного типа (fixed-wing) значительно выигрывают по энергоэффективности благодаря крылу, создающему подъёмную силу. Они обеспечивают гораздо большую продолжительность полёта – от 45 до 90 минут – и способны охватывать крупные производственные массивы: от 100 до 1200 га за один вылет при разрешении 3...5 см/пикс [5].

Реальные примеры (2024–2026 гг.):

- Quantum Systems Trinity Pro → до 700 га за полёт (90 минут);
- senseFly eBee X / eBee Ag → 180...500 га за полёт (60...90 минут).

Таким образом, fixed-wing дроны в 5...20 раз эффективнее квадрокоптеров по площади покрытия за один полёт, что делает их предпочтительными при обследовании крупных хозяйств от 500...2000+ га.

Важным элементом остаётся система стабилизации и высокоточного позиционирования (RTK/PPK), которая обеспечивает геометрическую точность изображений на уровне 2...5 см (абсолютная) и позволяет создавать ортофотопланы и карты предписаний с сантиметровой точностью, необходимой для дифференцированного внесения агрохимикатов.

Обработка данных и расчёт индексов

После завершения полёта беспилотного летательного аппарата начинается двухэтапная обработка полученных материалов: первичная (предобработка) и вторичная (аналитическая).

Первичная обработка направлена на приведение сырых данных к виду, пригодному для дальнейшего анализа и создания точных карт. На этом этапе выполняются следующие ключевые операции [6]:

- демозаицирование (восстановление полноцветного изображения из данных матрицы Байера);
- радиометрическая коррекция (приведение яркостей к единому уровню освещённости, компенсация атмосферных и сенсорных искажений);
- геометрическая коррекция и точная геопривязка с использованием данных RTK/PPK;
- фотограмметрическая сшивка (stitching) сотен и тысяч отдельных кадров;
- построение высокоточного ортофотоплана (ортогонального мозаичного снимка) с разрешением обычно 2...5 см/пиксель;
- создание цифровой модели поверхности (ЦМП) и цифровой модели рельефа (ЦМР), если использовался LiDAR или фотограмметрия со стереопарой.

Результатом первичной обработки становится набор корректных, геопривязанных и радиометрически выровненных изображений в различных спектральных каналах, готовых к аналитической работе.

Вторичная обработка – это этап получения агрономически значимой информации и создания тематических карт. Центральное место здесь занимает расчёт вегетационных индексов – математических комбинаций значений

отражения в разных спектральных диапазонах, которые количественно характеризуют состояние растительного покрова.

Наиболее широко применяемые индексы (2025-2026 гг.) [7]:

- NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

Формула: $(\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$

Основной и самый популярный индекс, отражающий интенсивность фотосинтетической активности и общую биомассу растений. Значения варьируются от -1 до +1 (здоровые посевы обычно +0,6...+0,9).

- NDRE (Normalized Difference Red Edge)

Формула: $(\text{NIR} - \text{Red Edge}) / (\text{NIR} + \text{Red Edge})$

Более чувствителен к содержанию хлорофилла, чем NDVI. Особенно эффективен на поздних стадиях вегетации и при плотном растительном покрове, когда NDVI уже «насыщается».

- GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index)

Формула: $(\text{NIR} - \text{Green}) / (\text{NIR} + \text{Green})$

Лучше реагирует на вариации азотного питания растений, чем классический NDVI. Активно используется для точного внесения азотных удобрений.

- MSAVI (Modified Soil-Adjusted Vegetation Index)

Формула: $0,5 \times [(2 \times \text{NIR} + 1) - \sqrt{((2 \times \text{NIR} + 1)^2 - 8 \times (\text{NIR} - \text{Red}))}]$

Минимизирует влияние почвенного фона, поэтому особенно полезен на ранних стадиях развития посевов и на разреженных культурах.

На основе рассчитанных индексов выполняются следующие аналитические задачи [8]:

- зонирование полей по уровню биомассы и вегетативного развития (выделение 3–7 классов продуктивности);

- выявление зон стресса, дефицита элементов питания, заболеваний, повреждений вредителями и сорняков;

- оценка всхожести и равномерности посева;

- контроль эффективности ранее внесённых агрохимикатов (сравнение «до» и «после»);

- построение карт предписаний (prescription maps) для дифференцированного внесения удобрений, СЗР, регуляторов роста и семян;

- прогнозирование урожайности (с использованием регрессионных моделей и машинного обучения).

Таким образом, переход от первичной обработки к вторичной позволяет превратить огромный массив сырых изображений в практические управленческие решения, лежащие в основе концепции точного земледелия.

Карты предписаний и практическое применение

Карты предписаний, или VRA (Variable Rate Application), – это специальные цифровые карты поля, на которых каждая зона имеет свою собственную норму внесения удобрений, гербицидов, фунгицидов, инсектицидов или регуляторов роста [9].

Вместо того чтобы равномерно распределять одно и то же количество вещества по всему полю, техника вносит больше там, где растениям

действительно не хватает питания или защиты, и значительно меньше (а иногда и вовсе ничего) там, где состояние посевов уже отличное. Такой подход позволяет максимально эффективно использовать ресурсы и получать лучший результат при меньших затратах.

Данные для создания карт предписаний берутся в первую очередь из материалов, собранных беспилотниками. Это вегетационные индексы (NDVI, NDRE, GNDVI и другие), карты биомассы, содержания хлорофилла, а также дополнительная информация о рельефе, типе почвы и урожайности прошлых лет. Программа автоматически делит поле на несколько классов зон – обычно от трёх до семи: очень сильные с высокой биомассой, средние и слабые с явными признаками стресса [10].

Далее агроном (или специализированное программное обеспечение с элементами искусственного интеллекта) задаёт правила внесения: например, на лучших участках применять 80...100 % от средней нормы, на средних – 100...120 %, а на проблемных – 130...180 % или даже больше, чтобы компенсировать дефицит. После этого формируется готовый файл в одном из поддерживаемых форматов (.shp, .xml, .iso-xml, .vrs), который загружают в терминал трактора, самоходного опрыскивателя или разбрасывателя.

Таким образом, карты предписаний позволяют полностью перейти от усреднённого земледелия к действительно точному. Каждое растение получает ровно столько ресурсов, сколько ему нужно именно в этом месте поля. Это не только экономит деньги фермеру и повышает эффективность производства, но и значительно снижает экологическую нагрузку на окружающую среду.

Преимущества, ограничения и перспективы развития технологий беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве на 5...10 лет

Основные преимущества внедрения беспилотных летательных аппаратов в аграрном производстве заключаются в следующем: высокая точность и пространственное разрешение данных (до 2...5 см на пиксель), оперативность получения информации, гибкость применения в сложных погодных условиях, снижение затрат на химические вещества и повышение экологичности производства. Ограничения технологии связаны с нормативами эксплуатации беспилотных летательных аппаратов, необходимостью обучения персонала, стоимостью оборудования, зависимостью от погодных условий и требованиями к вычислительным ресурсам.

Прогноз развития рынка технологий применения беспилотных летательных аппаратов в аграрном секторе на ближайшие 5...10 лет связан с автоматизацией процессов, интеграцией систем машинного зрения и искусственного интеллекта. Ожидается рост доли полностью автономных платформ, способных самостоятельно выполнять обследование полей, анализ данных и формирование карт предписаний. Интеграция беспилотных летательных аппаратов с системами роботизированного внесения веществ станет ключевым элементом цифровых ферм.

Внедрение беспилотных летательных аппаратов в аграрное производство даёт ряд существенных преимуществ, которые напрямую влияют на эффективность, качество продукции и экономику хозяйства.

Реальный пример эффективности: на поле кукурузы или пшеницы площадью 200...500 га фермер с помощью мультиспектрального беспилотного летательного аппарата выявляет зоны с дефицитом азота и водным стрессом. Вместо равномерного внесения 180 кг/га азотных удобрений по всему полю создаётся карта предписаний VRA: на сильных зонах норма снижается до 140 кг/га, на слабых повышается до 220...240 кг/га. Результат – экономия удобрений 15...30 % (3...7 тонн азота за сезон), рост урожайности на 5...12 % (особенно на проблемных участках +4...10 ц/га), общее снижение затрат на агрохимикаты 12...35 %, при этом качество зерна улучшается за счёт более равномерного развития растений, а экологическая нагрузка падает благодаря минимизации перерасхода и стока в водоёмы.

В итоге прогноз на 5...10 лет: беспилотные летательные аппараты превратятся из вспомогательного инструмента в основу цифрового точного земледелия, обеспечивая рост урожайности на 10...25 %, сокращение затрат на 20...40 % и переход к устойчивому, экологичному производству продуктов питания.

Таблица 1 – Расчёт экономической эффективности использования беспилотных летательных аппаратов по различным сценариям

Сценарий	
Поле 200 га, кукуруза (базовая урожайность 80 ц/га, цена кукурузы ~16 000 руб/тон)	
Базовые предложения	Базовая норма азота: 180 кг/га (чистый N). Общий азот на поле: $200 \text{ га} \times 180 \text{ кг/га} = 36 \text{ т N}$. Цена азота: ~70 руб/кг N Экономия удобрений: 15...30 % (статья: 3...7 т N). Базовые затраты на агрохимикаты: ~8 000 руб/га (удобрения, СЗР), всего 1 600 000 руб. Рост урожайности: 5...12 % общий, +4...10 ц/га на проблемных зонах (предполагаем 30 % поля проблемные)
Расчет экономики ресурсов	Экономия 15 %: $36 \text{ т} \times 15 \% = 5,4 \text{ т N}$ (статья ~3...7 т, корректируем под мин). Стоимость: $5,4 \text{ т} \times 69 600 \text{ руб/тон} = \sim 375 840 \text{ руб}$. Экономия 30 %: $36 \text{ т} \times 30 \% = 10,8 \text{ т N}$. Стоимость: $10,8 \text{ т} \times 69 600 \text{ руб/тон} = \sim 751 680 \text{ руб}$. Средняя: $\sim 7 \text{ т N} \times 69 600 \text{ руб/тон} = \sim 487 200 \text{ руб}$.
Расчёт снижения затрат на агрохимикаты	Снижение 12 %: $1 600 000 \text{ руб} \times 12 \% = 192 000 \text{ руб}$. Снижение 35 %: $1 600 000 \text{ руб} \times 35 \% = 560 000 \text{ руб}$. Средняя: $1 600 000 \text{ руб} \times (12-35 \%) / 2 \approx 376 000 \text{ руб}$ (учитывая экономию на удобрениях и СЗР за счёт VRA).
Расчёт роста урожайности и доп. Дохода	Базовый урожай: $200 \text{ га} \times 8 \text{ т/га} (80 \text{ ц/га} = 8 \text{ т/га}) = 1 600 \text{ т}$. Рост 5 %: +80 т ($1 600 \times 5 \%$), доход +80 т $\times 16 000 \text{ руб/тон} = 1 280 000 \text{ руб}$. Рост 12 %: +192 т, доход +3 072 000 руб. На проблемных (60 га): +4...10 ц/га = +2,4...6 т, доход +38 400–96 000 руб (но общий учтён выше). Средний: $+136 \text{ т} \times 16 000 \text{ руб/тон} = 2 176 000 \text{ руб}$.

Продолжение таблицы 1

Общая эконом. Выгода	Мин: 375 840 (ресурсы) + 192 000 (затраты) + 1 280 000 (доход) = 1 847 840 руб. Макс: 751 680 + 560 000 + 3 072 000 = 4 383 680 руб. Средняя: ~487 200 + 376 000 + 217 6000 ≈ 3 039 200 руб за сезон.
Прогноз на 5...10 лет	Снижение затрат 20...40 %: Базовые общие затраты ~40 000 руб/га (200 га = 8 000 000 руб), экономия 20 % = 1 600 000 руб; 40 % = 3 200 000 руб. Рост урожайности 10...25 %: +160...400 т, доход +2 560 000 ...6 400 000 руб. Суммарно: +4 160 000...9 600 000 руб/сезон (с автоматизацией ИИ).
Поле 200 га, пшеница (базовая урожайность 50 ц/га, цена пшеницы ≈17 600 руб/тон)	
Базовые предложения	Аналогично кукурузе, но урожайность ниже. Общий азот: 36 т N. Цена азота: 70 руб/кг. Затраты агрохимикаты: 1 600 000 руб. Рост: 5...12 %, +4...10 ц/га на проблемных.
Расчет экономики ресурсов	Экономия 15...30 %: 5,4...10,8 т N, стоимость 375 840...751 680 руб. Средняя: 487 200 руб.
Расчёт снижения затрат на агрохимикаты	Снижение 12...35 %: 192 000...560 000 руб. Средняя: 376 000 руб.
Расчёт роста урожайности и доп. Дохода	Базовый урожай: 200 × 5 т/га = 1 000 т. Рост 5 %: +50 т, доход 880 000 руб. Рост 12 %: +120 т, 2 112 000 руб. Средний: +85 т × 17 600 = 1 496 000 руб.
Общая эконом. Выгода	Мин: 375 840 + 192 000 + 880 000 = 1 446 840 руб. Макс: 751 680 + 560 000 + 2 112 000 = 3 423 680 руб. Средняя: 487 200 + 376 000 + 1 496 000 ≈ 2 359 200 руб.
Прогноз на 5...10 лет	Снижение 20...40 %: 1 600 000 ...3 200 000 руб. (из общих 8 000 000 руб.) Рост 10...25 %: +100...250 т, доход 1 760 000...4 400 000 руб. Суммарно: 3 360 000...7 600 000 руб/сезон.
Крупное хозяйство 2 000 га (смешанные культуры, средние цены)	
Базовые предложения	Азот: 2 000 × 180 кг/га = 360 т N. Затраты агрохимикаты: 16 000 000 руб. Урожайность средняя: 6 т/га, базовый урожай 12 000 т, цена ~16 800 руб/тон.
Расчет экономики ресурсов	Экономия 15...30 %: 54...108 т N, стоимость 3 760 000...7 520 000 руб. (69 600 руб/тон N). Средняя: 5 640 000 руб.
Расчёт снижения затрат на агрохимикаты	Снижение 12–35 %: 1 920 000 –5 600 000 руб. Средняя: 3 760 000 руб.
Расчёт роста урожайности и доп. Дохода	Рост 5...12 %: +600...1 440 т, доход 10 080 000 ...24 192 000 руб. Средний: +1 020 т × 16 800 = 17 136 000 руб.
Общая эконом. Выгода	Мин: 3 760 000 + 1 920 000 + 10 080 000 = 15 760 000 руб. Макс: 7 520 000 + 5 600 000 + 24 192 000 = 377 312 000 руб. Средняя: 5 640 000 + 3 760 000 + 16 136 000 ≈ 26 536 000 руб.
Прогноз на 5...10 лет	Снижение 20...40 %: 16 000 000...32 000 000 руб. (из общих 80 000 000 руб.) Рост 10...25 %: +1 200...3 000 т, 20 160 000...50 400 000 руб. Суммарно: 36 160 000...82 400 000 руб/сезон (с полной автоматизацией).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Tsouros, D. C. A Review on UAV-Based Applications for Precision Agriculture / D. C. Tsouros, S. Bibi, P. G. Sarigiannidis // Information. – 2019. – Vol. 10, № 11. – P. 349.
2. Drones in Precision Agriculture: A Comprehensive Review of Applications, Technologies, and Challenges / H. Dhami [et al.] // Drones. – 2024. – Vol. 8, № 11. – P. 686.
3. Мониторинг состояния посевов и оценка индекса NDVI с применением БПЛА / О. А. Лавренникова, Ю. С. Иралиева, А. А. Крылова, Л. А. Косых, Е. В. Самохвалова // International Agricultural Journal. – 2025. – № 2.
4. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве / Ю. Зубарев, Д. Фомин, А. Чашин, М. Заболотнова // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2019. – № 2. – С. 47-51.
5. Основы применения теории массового обслуживания для процессов возделывания сельскохозяйственных культур / В. П. Чайка, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк [и др.]. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Автограф», 2018. – 200 с.
6. Krukhmalev, A. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве: современные технологии и перспективы / A. Krukhmalev // Transportation and Information Technologies in Russia (Транспорт и информационные технологии). – 2025. – Vol. 15, № 2. – С. 124-142.
7. Работоспособность технических систем : учебник для ВУЗов по изучению дисциплины / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет- Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2022. – 379 с.
8. Дидманидзе, О. Н. Проектирование производственных процессов в растениеводстве с использованием компьютерных технологий / О. Н. Дидманидзе, О. П. Андреев, А. Н. Журилин. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2018. – 150 с.
9. Дидманидзе, О. Н. Перспективы развития сельского хозяйства России в современных условиях / О. Н. Дидманидзе, Г. Е. Митягин // Агробизнес - Россия. Агробизнес: экономика, оборудование, технологии. – 2006. – № 5. – С. 13-14.
10. Трухачев, В. И. Какие сельскохозяйственные тракторы нужны завтра России? / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар : сборник статей, Москва, 22-24 января 2020 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2020. – С. 11-19.

Об авторах:

Сапега Александр Анатольевич, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Дидманидзе Ремзи Назирович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат экономических наук, rdidmanidze@rgau-msha.ru.

About the authors:

Alexander A. Sapega, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Remzi N. Didmanidze, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Economic Sciences, rdidmanidze@rgau-msha.ru.

ВЛИЯНИЕ ДАТЧИКОВ КОНТРОЛЯ ТОПЛИВА НА ЭКОНОМИЧНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТА

Д. А. Светлова

Научный руководитель – Н. В. Перевозчикова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Использование датчиков контроля топлива в автотранспорте становится важнейшим направлением повышения эффективности транспортных систем. Современные датчики позволяют снизить расход топлива, повысить безопасность эксплуатации, улучшить управление парком транспортных средств и оптимизировать техническое обслуживание. В статье рассмотрены типы датчиков, принципы их работы, влияние на экономичность и безопасность, приведены сравнительные таблицы эффективности, а также предложены схемные модели систем контроля топлива.*

Ключевые слова: *системы контроля топлива, датчики, расход топлива, эффективность эксплуатации автотранспортных средств.*

THE INFLUENCE OF FUEL MONITORING SENSORS ON THE EFFICIENCY AND SAFETY OF VEHICLE OPERATION

D. A. Svetlova

Scientific advisor – N. V. Perevozchikova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The use of fuel monitoring sensors in vehicles is becoming an important area for improving the efficiency of transport systems. Modern sensors can reduce fuel consumption, improve operational safety, improve fleet management, and optimize maintenance. The article discusses the types of sensors, the principles of their operation, the impact on efficiency and safety, provides comparative efficiency tables, and also offers schematic models of fuel monitoring systems.*

Keywords: *fuel monitoring systems, sensors, fuel consumption, efficiency of operation of motor vehicles.*

В условиях устойчивого роста цен на топливо, ужесточения экологических требований и цифровизации транспортной отрасли системы контроля топлива приобретают стратегическое значение для повышения эффективности эксплуа-

тации автотранспортных средств. Топливо формирует одну из крупнейших статей расходов в структуре себестоимости перевозок, особенно в коммерческом секторе. Даже незначительное снижение удельного расхода способно привести к существенной экономии в масштабах автопарка. Одновременно возрастает значение технической безопасности и предотвращения внештатных ситуаций, связанных с эксплуатацией транспортных средств.

Современные датчики контроля топлива перестают быть изолированными измерительными приборами и становятся частью интегрированных телематических систем, объединяющих навигационные модули, бортовые контроллеры, облачные аналитические платформы и инструменты прогнозной диагностики. Именно комплексный характер внедрения определяет высокую актуальность исследования, поскольку влияние датчиков распространяется не только на точность измерений, но и на организацию управления транспортным процессом в целом.

Целью исследования является анализ влияния датчиков контроля топлива на экономичность и безопасность эксплуатации автотранспортных средств, а также оценка эффективности их применения в составе телематических систем мониторинга.

Основные параметры контроля топлива включает измерение:

- уровня топлива в баке;
- температуры топлива;
- расхода топлива во времени;
- объема залитого/сливаемого топлива;
- утечек и нештатных потерь.

Типы датчиков контроля топлива			
Тип датчика	Принцип действия	Основные преимущества	Ограничения
 Резистивный	Изменение сопротивления по положению поплавка	Дешевизна, простота монтажа	Низкая точность, загрязнение
 Емкостной	Изменение емкости между электродами	Высокая точность, стабильность	Чувствителен к условиям
 Ультразвуковой	Измерение времени сигнала	Бесконтактное измерение	Высокая стоимость
 Оптический	Измерение параметров света	Высокая точность	Чистота среды
 Давления	Измерение давления столба топлива	Для сложных баков	Калибровка

Рисунок 1 – Типы датчиков контроля топлива

Современная система контроля топлива представляет собой многоуровневую структуру, в которой датчик является лишь первичным звеном формирования данных. Типы датчиков представлены на рисунке 1.

Измерительная информация передаётся на бортовой контроллер, где осуществляется первичная обработка и фильтрация сигналов. Далее данные направляются через телекоммуникационные каналы на серверную платформу, где выполняется аналитическая обработка, формирование отчётности и выявление аномалий. На рисунке 2 схематично показано взаимодействие элементов системы.



Рисунок 2 – Принцип работы системы контроля топлива

Интеграция с навигационными системами позволяет сопоставлять расход топлива с маршрутом движения, скоростным режимом и режимами работы двигателя. Это даёт возможность выявлять отклонения от нормативных показателей, определять неэффективные участки маршрутов и анализировать стиль вождения. Таким образом, система контроля топлива выполняет не только измерительную, но и управленческую функцию.

Развитие цифровых технологий привело к внедрению алгоритмов машинного обучения, способных автоматически распознавать события заправки, слива или аномального падения уровня топлива. Это существенно повышает достоверность данных и минимизирует влияние человеческого фактора.

Экономический эффект от внедрения датчиков контроля топлива проявляется в снижении среднего расхода, уменьшении несанкционированных сливов и оптимизации эксплуатационных режимов. На основании модельного расчёта, приведённого в таблице сравнительного анализа, снижение расхода на 9...10 % в автопарке даже средней численности обеспечивает значительный финансовый результат. При условии стабильного пробега и неизменной стоимости топлива экономия в пересчёте на год достигает миллионов рублей, что существенно превышает первоначальные инвестиции в оборудование.

Срок окупаемости системы в большинстве случаев составляет несколько месяцев. При этом следует учитывать не только прямую экономию топлива, но

и косвенные эффекты, связанные со снижением износа двигателя, уменьшением аварийных остановок и повышением дисциплины эксплуатации. Внедрение системы формирует прозрачную структуру учёта, что само по себе оказывает дисциплинирующее воздействие и способствует рациональному использованию ресурсов.

Для оценки практической целесообразности внедрения датчиков контроля топлива рассмотрим модельный автопарк с однородным типом техники и стабильным среднемесячным пробегом. Согласно приведённым в таблице 1 данным, средний расход топлива до внедрения системы составлял 32,5 л на 100 км, после внедрения – 29,3 л на 100 км. Абсолютное снижение составило 3,2 л на 100 км, что эквивалентно относительному снижению примерно на 9,8 %.

На первый взгляд сокращение менее чем на 10 % может показаться умеренным, однако в транспортной экономике именно такие значения формируют существенные финансовые эффекты за счёт масштаба. При пробеге 10 000 км в месяц одна единица техники экономит порядка 320 литров топлива. При стоимости 68,9 руб. за литр ежемесячная экономия составляет около 22 тыс. руб. на один автомобиль. В пересчёте на год это более 260 тыс. руб. экономии на единицу подвижного состава.

Если экстраполировать расчёт на автопарк из 30 автомобилей, годовой экономический эффект приближается к 7...8 млн руб., что существенно превышает совокупные инвестиционные затраты на оснащение техники системой контроля. Даже при учёте расходов на установку, калибровку и техническое обслуживание срок окупаемости в подобных условиях редко превышает 4...6 месяцев. Таким образом, проект внедрения характеризуется высокой инвестиционной привлекательностью и низким финансовым риском.

Таблица 1 – Сравнение расхода топлива в автопарке

Параметр	До внедрения датчиков	После внедрения датчиков	Изменение (%)
Средний расход, л/100 км	32,5	29,3	-9,8 %
Средний пробег, км/мес.	10 000	10 000	0 %
Стоимость топлива, руб./за л	68,9	68,9	-
Средняя экономия топлива, л	-	-	320 л/мес.
Экономия, руб./мес.	-	-	22 048 р.

Результаты показывают экономию топлива более 9 %, что при среднем автопарке из нескольких десятков машин даёт значительное снижение затрат.

Более глубокий анализ показывает, что экономический эффект формируется не только за счёт прямого снижения расхода топлива. Существенную роль играет сокращение несанкционированных сливов и дисциплинирующий фактор прозрачного контроля. В реальных условиях эксплуатации часть потерь топлива связана не с техническими параметрами двигателя, а с человеческим фактором. Система мониторинга снижает вероятность отклонений от нормативного расхода и тем самым стабилизирует эксплуатационные показатели.

Кроме прямой экономии топлива следует учитывать косвенные финансовые эффекты. Снижение работы двигателя в неблагоприятных режимах уменьшает износ топливной аппаратуры и цилиндропоршневой группы, что приводит к сокращению затрат на капитальный ремонт. Уменьшение аварийных остановок снижает простой техники и потери от срыва графиков перевозок. В совокупности эти факторы увеличивают общий экономический результат проекта на 10...15 % по сравнению с расчётом, основанным исключительно на топливной экономии.

Анализ чувствительности модели показывает, что даже при снижении эффекта до 6...7 % проект остаётся рентабельным. Если предположить рост стоимости топлива, финансовая отдача от внедрения датчиков увеличивается пропорционально. Это означает, что в условиях нестабильных топливных рынков система контроля выступает инструментом снижения ценовых рисков. Напротив, при падении стоимости топлива срок окупаемости несколько увеличивается, однако остаётся экономически оправданным благодаря совокупности прямых и косвенных эффектов.

Контроль топлива оказывает комплексное воздействие на безопасность транспортного процесса. Своевременное выявление критически низкого уровня топлива предотвращает работу двигателя в неблагоприятных режимах и снижает риск поломок. Фиксация утечек и нестандартных изменений уровня позволяет оперативно реагировать на потенциально опасные ситуации.

Статистический анализ инцидентов до и после внедрения систем контроля (таблица 2) демонстрирует существенное снижение числа аварийных остановок и технических неисправностей. Снижение количества поломок двигателя и внеплановых остановок свидетельствует о превентивном характере действия системы.

Таблица 2 – Анализ инцидентов

Категории инцидентов	Без системы	С системой
Поломки двигателя из-за низкого топлива	12	3
Аварийные остановки	18	7
Утечки топлива	5	1

Системы контроля топлива способствуют снижению аварийных ситуаций более чем на 50 %. Результаты анализа показали, что внедрение датчиков контроля топлива обеспечивает снижение среднего расхода топлива на 8...12 %, уменьшение числа аварийных остановок и нештатных ситуаций, а также повышение дисциплины эксплуатации транспортных средств.

Проведённый анализ подтверждает, что внедрение датчиков контроля топлива оказывает значительное влияние на экономичность и безопасность эксплуатации автотранспорта. Системы мониторинга обеспечивают снижение расхода топлива, сокращение эксплуатационных затрат и уменьшение числа аварийных ситуаций. Наиболее эффективным является комплексный подход, при котором датчик становится частью телематической и аналитической системы управления автопарком.

Актуальность темы определяется продолжающейся цифровизацией транспортной отрасли, необходимостью повышения энергоэффективности и ужесточением требований к безопасности эксплуатации. Внедрение современных систем контроля топлива является не только экономически оправданным, но и стратегически значимым направлением развития транспортных предприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент № 2844224 С1 Российская Федерация, МПК F02В 63/04, F02В 75/28, F02В 75/32. Двигатель-генератор : заявл. 19.12.2024 : опубл. 28.07.2025 / О. Н. Дидманидзе, Д. В. Анашин, О. П. Андреев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».
2. Технический сервис дизельной топливной аппаратуры / Е. А. Пучин, О. Н. Дидманидзе, В. М. Корнеев, Д. И. Петровский. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2003. – 108 с.
3. Разработка алгоритма поиска неисправности при удаленной диагностике / В. Н. Щукина, С. Н. Девянин, С. П. Казанцев, Н. В. Перевозчикова // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 6. – С. 20-24. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-6-20-24.
4. Теоретические основы экологической безопасности на автомобильном транспорте / Д. Г. Асадов, Ю. Н. Ризаева, В. С. Богданов [и др.]. – М. : Учебно-методический центр «Триада», 2017. – 60 с.
5. Богатырев, А. В. Электронные системы управления мобильных машин: Практикум / А. В. Богатырев, Н. В. Перевозчикова. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. – 126 с. – ISBN 978-5-9675-1483-8.
6. Работоспособность технических систем : учебник для ВУЗов по изучению дисциплины / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2022. – 379 с.
7. Москвичев, Д. А. Влияние критериев надежности при техническом обслуживании модульных транспортных средств / Д. А. Москвичев, О. В. Виноградов // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – № 4(75). – С. 27-32. – DOI 10.33979/2073-7432-2021-75-4-27-32.
8. Технология ремонта машин : учебник для студентов вузов по специальности «Технология обслуживания и ремонта машин в агропромышленном комплексе» / Е. А. Пучин, О. Н. Дидманидзе, В. С. Новиков [и др.]. Том 1. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2006. – 348 с. – ISBN 5-9546-0029-5.

Об авторах:

Светлова Дарья Александровна, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

(127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), dasha.svetlova16@mail.ru.

Научный руководитель – Перевозчикова Наталия Васильевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, n.perevozchikokova@rgau-msha.ru.

About the authors:

Darya A. Svetlova, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), dasha.svetlova16@mail.ru.

Scientific advisor – Natalya V. Perevozchikova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, n.perevozchikokova@rgau-msha.ru.

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРО- И ГИБРИДНЫХ МАШИН

А. В. Скубаев

Научный руководитель – Н. Н. Пуляев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье анализируется текущее состояние совершенствования силовой установки электро- и гибридных автомобилей. В ближайшие 5...7 лет для оптимизации парка техники наиболее перспективным направлением является гибридизация, особенно для уборочной и тяговой техники. В статье подчёркивается важность не только замены двигателей, но и перепроектирования технологических процессов под новые возможности техники.

Ключевые слова: сельское хозяйство, гибридные и электромобили, инновации, электродвигатели и компоновка, искусственный интеллект, экологичность.

WAYS OF IMPROVING THE POWER PLANT OF ELECTRIC AND HYBRID MACHINES

A. V. Skubaev

Scientific advisor – N. N. Pulyaev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article analyzes the current state of improvement of the power plant of electric and hybrid vehicles. In the next 5-7 years, hybridization is the most promising direction for optimizing the fleet of vehicles, especially for harvesting and traction equipment. The article emphasizes the importance of not only replacing engines, but also redesigning technological processes to meet the new capabilities of the equipment.

Keywords: agriculture, hybrid and electric vehicles, innovations, electric motors and layout, artificial intelligence, and environmental friendliness.

Совершенствование силовых установок электро- и гибридных автомобилей направлено на повышение энергоэффективности, увеличение запаса хода, снижение стоимости, улучшение безопасности и интеграцию с современными технологиями. Ключевые пути развития включают совершенствование аккумуляторных технологий, улучшение электродвигателей, развитие силовой электроники, оптимизацию трансмиссий и внедрение интеллектуальных систем управления [1].

Таблица 1 – Сравнение путей совершенствования

Направление совершенствования	Для электромобилей (EV/BEV)	Для гибридных автомобилей (HEV/PHEV)
1. Источник энергии (батарея/ДВС)	Увеличение плотности энергии, скорости зарядки, срока службы аккумуляторов. Использование ИИ для управления зарядом.	Повышение термического КПД ДВС (пример Geely: до 48.15 %). Оптимизация работы ДВС на постоянных оборотах в гибридном режиме.
2. Силовая электроника и управление	Апгрейд инверторов для более быстрого переключения и увеличения крутящего момента. Программный тюнинг (чип-тюнинг) для снятия заводских ограничений.	Создание умных систем управления (как Hybrid Synergy Drive у Toyota), оптимально распределяющих энергию между ДВС и электромотором.
3. Электродвигатели и компоновка	Добавление дополнительных моторов (например, по одному на колесо) для увеличения мощности и полного привода. Замена штатного двигателя на более мощный.	Развитие разнообразных схем (последовательная, параллельная, смешанная) и создание компактных модульных гибридных систем, которые можно интегрировать в разные платформы.
4. Теплообмен и эффективность	Модернизация систем охлаждения аккумулятора и электродвигателя для стабильной работы на высокой мощности.	Оптимизация общего теплового баланса системы, где тепло ДВС может использоваться для обогрева салона или поддержания температуры батареи.
5. Альтернативное топливо и гибкость	Не применимо, так как используется только электричество.	Разработка многотопливных ДВС, способных работать на метаноле, биоэтаноле или синтетическом топливе, что снижает углеродный след.

Основной тренд для электромобилей – это эволюция внутри существующей архитектуры, т.е. прорывы ожидаются от новых химических составов аккумуляторов (например, твердотельные) и всё более интеллектуального управления энергией [2].

Для гибридов главный путь – это глубокая интеграция и оптимизация двух разнородных систем. Совершенствование идёт как за счёт повышения эффективности каждого компонента (ДВС и электромотора), так и за счёт создания более «умных» и компактных силовых модулей, которые делают гибридизацию доступной для разных классов автомобилей [3].

Оба направления сходятся в использовании искусственного интеллекта для адаптивного управления силовой установкой, что позволяет максимально эффективно использовать энергию в зависимости от условий движения.

Внедрение технологий электрификации и гибридизации в сельскохозяйственную и грузовую технику открывает новые горизонты для оптимизации, но имеет свою специфику. Анализ показывает [4, 5], что основные преимущества лежат в области экономии, повышения производительности и экологии, однако существует ряд серьезных вызовов.

Несмотря на перспективы, внедрение сталкивается с объективными сложностями:

- высокая начальная стоимость [5]. Цена гибридного или электрического трактора/грузовика значительно выше аналога с ДВС. Срок окупаемости за счет экономии топлива для сельхозтехники может составлять несколько сезонов.
- зависимость от энергоресурсов и инфраструктуры [6]. Для зарядки в поле нужны мощные зарядные станции или мобильные решения. Отсутствие сети быстрых зарядок для грузовиков ограничивает дальность перевозок.
- масса и емкость аккумуляторов [6]. Большие батареи увеличивают массу техники, что может привести к избыточному уплотнению почвы. Для грузовиков масса АКБ уменьшает полезную нагрузку.
- надежность в жестких условиях [7, 8]. Техника должна работать в пыли, при вибрациях, перепадах температур и высокой влажности, что предъявляет особые требования к защите электрических компонентов.

В заключении следует отметить, что для оптимизации парка наиболее реалистичным на ближайшие 5...7 лет является путь гибридизации, особенно для уборочной и тяговой техники, где топливная экономия наиболее ощутима. Полная электрификация сначала затронет малую внутрихозяйственную технику и нишевый грузовой транспорт. Ключевым направлением является не просто замена двигателя, а перепроектирование технологических процессов, такие как графики зарядки, маршруты, техническое обслуживание под новые возможности техники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Теория проектирования транспортных средств с комбинированными энергоустановками / Д. Г. Асадов, С. А. Иванов, А. С. Гузалов, Н. А. Большаков. – М. : ООО «Автограф», 2019. – 119 с.
2. Асадов, Д. Г. Методы повышения срока службы источников энергии электромобилей / Д. Г. Асадов, А. С. Гузалов, Н. А. Большаков. – М. : ООО «Автограф», 2019. – 100 с.
3. Григорьев, М. В. Диагностирование электронных систем легкового автомобиля с помощью мобильного приложения : учебно-методическое пособие / М. В. Григорьев, М. А. Лещенко. – М. : Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2024. – 60 с.
4. Направления развития электрического трактора для АПК / Д. Г. Асадов, Н. Н. Пуляев, А. В. Бугаев, Н. Е. Ртищева // Чтения академика В. Н. Болтинского, Москва, 25-26 января 2023 года. Том 2. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2023. – С. 37-43.
5. Дидманидзе, О. Н. Применение мобильных энергетических средств в сельском хозяйстве / О. Н. Дидманидзе, А. С. Гузалов, И. П. Гусев // Чтения академика В. Н. Болтинского: сборник статей, Москва, 25-26 января 2022 года. Часть 1. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2022. – С. 89-95.
6. Training bench for in depth study of the design of modern electrified ground transport and technological vehicles / O. N. Didmanidze, G. E. Mityagin, N. N. Pulyaev [et al.] // Қорқыт Ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университетінің. – 2025. – Vol. 75, № 4. – P. 172-182. – DOI 10.52081/bkaku.2025.v75.i4.295.

7. Дидманидзе, О. Н. Пути развития транспортных энергоустановок / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов. – М. : ООО «Триада», 2006. – 64 с. – ISBN 5-9546-0035-X.

8. Температурные показатели охлаждающих жидкостей для аккумуляторов электротракторов и электромобилей / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, А. И. Сучков [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2023. – Т. 17, № 4. – С. 55-61. – DOI 10.22314/2073 7599 2023 17 4 55 61.

Об авторах:

Скубаев Александр Викторович, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Пуляев Николай Николаевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, pulyaev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Alexander V. Skubaev, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), почта.

Scientific advisor – Nikolay N. Pulyaev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, pulyaev@rgau-msha.ru.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ: КПД КАК ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ПРИ РАЗГОНЕ

Д. В. Смирнова

Научный руководитель – Н. Н. Пуляев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В данной работе рассматривается роль коэффициента полезного действия (КПД) как основного интегрального показателя энергетической эффективности транспортных средств при разгоне. Исследование включает анализ факторов, влияющих на КПД во время динамических нагрузок, а также методы оценки и моделирования энергетических затрат при различных режимах работы. Особое внимание уделяется оптимизации процессов ускорения для повышения общей эффективности использования энергии и снижения потребления топлива. Результаты работы способствуют развитию методов повышения энергетической эффективности транспортных средств и могут быть использованы при проектировании новых технологий двигателей и систем управления.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, транспортные средства, КПД, использование энергии, разгоне, моделирование, оптимизация.

ENERGY EFFICIENCY OF VEHICLES: COEFFICIENT AS AN INTEGRAL INDICATOR OF ENERGY USE DURING ACCELERATION

D. V. Smirnova

Scientific advisor – N. N. Pulyaev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. This paper examines the role of the coefficient of performance (COP) as the main integral indicator of the energy efficiency of vehicles during acceleration. The study includes an analysis of the factors affecting the COP during dynamic loads, as well as methods for evaluating and modeling energy consumption under various operating conditions. Special attention is given to optimizing acceleration processes to improve overall energy efficiency and reduce fuel consumption. The results of this work contribute to the development of methods for improving the energy efficiency of vehicles and can be used in the design of new engine technologies and control systems.

Keywords: energy efficiency, vehicles, efficiency, energy use, acceleration, modeling, optimization.

Традиционное понимание КПД как отношения полезно используемой энергии к суммарному количеству преобразованной энергии представляет собой фундаментальный энергетический показатель. В математическом выражении это записывается как:

$$\eta = W_0 / W,$$

где W_0 – полезно используемая энергия;

W – суммарное количество преобразованной энергии.

При анализе энергетической эффективности транспортного средства целесообразно рассматривать его как интегрированную систему, состоящую из трех функциональных компонентов:

1. Энергетический контур – преобразует первичную энергию (химическую, электрическую и др.) в механическую;
2. Трансмиссионный контур – передает механическую энергию к исполнительным элементам;
3. Исполнительный контур – реализует полезную работу через взаимодействие с окружающей средой.

КПД энергетического контура ($\eta_{\text{э}}$) для ДВС определяется как отношение механической энергии на выходном валу к энергии израсходованного топлива. Для механического контура (трансмиссии) КПД ($\eta_{\text{м}}$) представляет собой отношение энергии, доставленной к исполнительным органам, к энергии, полученной от энергетического контура. Таким образом, общий КПД этих двух контуров выражается как:

$$\eta_{(\text{э}+\text{м})} = \eta_{\text{э}} * \eta_{\text{м}} = W_{\text{м}} / W_{\text{э}},$$

где $W_{\text{м}}$ – энергия, доставленная к исполнительным органам,

$W_{\text{э}}$ – энергия израсходованного топлива.

Ключевым вопросом в определении КПД транспортного средства является идентификация полезной энергии. В научном сообществе существуют разные подходы к этому вопросу [1]. Некоторые исследователи предлагали в качестве полезной энергии рассматривать работу по преодолению сил сопротивления качению полезного груза. Однако, такой подход приводит к противоречию – чем выше потери на сопротивление качению, тем выше получаемый КПД.

Другой подход предлагает в качестве полезной мощности принимать энергию, затрачиваемую на перемещение полезного груза со скоростью v при заданном коэффициенте сопротивления движению. Однако и этот подход не в полной мере соответствует классическому пониманию КПД как безразмерной величины.

Принципиально важно понимать, что ни одна из сил сопротивления движению не может рассматриваться как полезная с точки зрения энергетических затрат. Напротив, задача инженера заключается в минимизации этих сил для повышения эффективности транспортного средства.

При разгоне транспортного средства часть энергии расходуется на преодоление сопротивлений движению, а часть – на увеличение механической энергии системы (кинетической и потенциальной). Именно изменение механической энергии полезной нагрузки может рассматриваться как полезная работа с точки зрения транспортного процесса.

Для расчета интегрального КПД при разгоне транспортного средства предлагается следующая формула:

$$\eta = \frac{0,5m(v_2^2 - v_1^2) + mg(h_2 - h_1)}{106 \cdot H_u \cdot Q},$$

где m – масса полезного груза в кг;

v_1, v_2 – начальная и конечная скорости движения в м/с;

h_1, h_2 – высота над уровнем моря в начале и конце процесса в м;

g – ускорение свободного падения;

H_u – низшая теплота сгорания топлива в МДж/кг или МДж/м³;

Q – расход топлива в процессе разгона в кг или м³.

Аэродинамические характеристики играют значительную роль в энергетической эффективности, особенно при движении на высоких скоростях. Современные высокоэффективные автомобили достигают коэффициента аэродинамического сопротивления (C_d) в диапазоне 0,26...0,30, в то время как передовые модели, такие как Mercedes EQS Saloon, демонстрируют показатель 0,20. Для сравнения, идеальная форма капли имеет $C_d = 0,04$, что демонстрирует значительный потенциал для дальнейшей оптимизации.

При разгоне транспортного средства аэродинамическое сопротивление, пропорциональное квадрату скорости, становится доминирующим фактором потерь энергии на высоких скоростях. Исследования показывают, что рост аэродинамического сопротивления при быстром разгоне приводит к существенному увеличению расхода топлива – до 10,4 % при увеличении темпа разгона с 1,0 до 4,0 м/с².

Современные исследования в области двигателестроения направлены на достижение КПД свыше 50 % [2]. Среди ключевых технологий, способствующих повышению термического КПД бензиновых двигателей, выделяются:

- высокие степени сжатия;
- обедненное сгорание в сочетании с инновационными технологиями воспламенения;

- циклы Атkinsona/Миллера;
- турбонаддув с электрическим усилением;
- рециркуляция выхлопных газов (EGR);
- впрыск воды;
- термобарьерные покрытия;
- снижение трения;
- структурная оптимизация компонентов;
- продвинутые системы диагностики и управления процессом сгорания.

Альтернативные топлива и их влияние на КПД

Водород как альтернативное топливо демонстрирует высокий потенциал для использования в высокопроизводительных двигателях внутреннего сгорания. Благодаря высокой низшей теплоте сгорания (LHV) и быстрой скорости горения, водород обеспечивает значительное снижение выбросов загрязняющих веществ. Однако недавние исследования показывают, что стехиометрические водородные смеси достигают более высоких значений давления и температуры при

сжатии по сравнению с традиционными топливами, что ограничивает максимальную степень сжатия двигателя [3].

Кроме того, низкая плотность водорода приводит к сокращению запасенной в цилиндре энергии. Несмотря на то, что LHV водорода почти в 40 раз выше, чем у бензина, наблюдается снижение мощности на 20 %. При этом водород демонстрирует более низкую дистанцию гашения пламени и высокую чувствительность к горячим точкам, что увеличивает теплопередачу в стенки цилиндра [4-6].

Гибридные и электрифицированные силовые установки позволяют оптимизировать энергетическую эффективность при разгоне путем:

1. Использования электродвигателей для обеспечения мгновенного крутящего момента на начальных этапах разгона;
2. Оптимизации работы ДВС в зонах максимальной эффективности;
3. Рекуперации кинетической энергии при торможении.

При наличии накопителей энергии в транспортном средстве в расчет интегрального КПД необходимо включать дополнительный компонент, учитывающий изменение энергии в накопителе за время разгона. В зависимости от типа накопителя это может быть химическая (аккумуляторы), кинетическая (маховики), потенциальная (пружинные и гидропневматические системы) или электрическая (суперконденсаторы) энергия.

Как было сказано, темп разгона значительно влияет на расход топлива. Это связано с тем, что при быстром разгоне транспортное средство раньше достигает высоких скоростей, при которых аэродинамическое сопротивление (пропорциональное квадрату скорости) оказывает максимальное воздействие.

Оптимальный профиль разгона должен учитывать нелинейный характер зависимости энергетических потерь от скорости и обеспечивать минимальный интегральный расход энергии для достижения заданной конечной скорости.

В современном автомобилестроении КПД является одним из многих критериев оптимальности, используемых при проектировании.

Многокритериальность задачи оптимизации транспортных средств обусловлена:

1. множеством технических требований к конструкции;
2. разнообразием условий эксплуатации;
3. сложностью интегрированных систем управления.

Для решения таких задач применяются современные методы оптимального проектирования, основанные на компьютерном моделировании и многокритериальной оптимизации с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе, О. Н. Прогнозирование параметрической надежности двигателей автотранспортных средств в нормальном и специальном эксплуатационных режимах / О. Н. Дидманидзе, Д. В. Варнаков // Международный технико-экономический журнал. – 2013. – № 3. – С. 94-98.

2. Дидманидзе, О. Н. Тенденции и пути развития современных электро-мобилей / О. Н. Дидманидзе, Е. А. Пучин, С. А. Иванов. – М. : Триада, 2006. – 64 с. – ISBN 5-9546-0035-X.

3. Дидманидзе, О. Н. Основные направления развития тягово-транспортных средств в АПК / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, А. М. Карев // Доклады ТСХА, Москва, 02-04 декабря 2014 года. Том 1. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.

4. Планирование автотранспортных перевозок в сельском хозяйстве / Ю. Н. Ризаева, В. Л. Пильщиков, Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2018. – 70 с.

5. Столяров, Д. М. Анализ современных двигателей внутреннего сгорания с электросиловыми установками / Д. М. Столяров, Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев // Наука без границ. – 2019. – № 6(34). – С. 56-59.

6. Автомобильные перевозки / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, А. М. Карев [и др.]. – М.: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2018. – 554 с. – ISBN 978-5-7367-1436-0.

7. Асадов, Д. Г. Основы повышения мощностных показателей в ДВС на тягово-транспортных средствах / Д. Г. Асадов, Н. Н. Пуляев, А. С. Гузалов. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Автограф», 2020. – 70 с.

Об авторах:

Смирнова Дарья Валерьевна, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), dashasmirnova_2002@mail.ru.

Научный руководитель – Пуляев Николай Николаевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, pulyaev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Darya V. Smirnova, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), dashasmirnova_2002@mail.ru.

Scientific advisor – Nikolay N. Pulyaev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, pulyaev@rgau-msha.ru.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ КОНВЕРТАЦИИ ДВИГАТЕЛЕЙ НА АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТОПЛИВО

Д. В. Смирнова, Н. Н. Пуляев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В данной работе представлен комплекс методов по разработке системы анализа эффективности автомобилей при конвертации двигателей на альтернативное топливо. Исследование включает теоретический обзор современных технологий, разработку критериев оценки и моделирование процессов работы двигателей на различных видах альтернативного топлива. Особое внимание уделяется сравнительному анализу показателей экологической безопасности, экономической эффективности и технической надежности. Полученные результаты позволяют оптимизировать процесс перехода на экологически чистые источники энергии в автомобильной промышленности.

Ключевые слова: методика анализа, эффективность автомобилей, конвертация двигателей, альтернативное топливо, экологическая безопасность, экономическая эффективность, техническая надежность.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ANALYZING THE EFFICIENCY OF CARS WHEN CONVERTING ENGINES TO ALTERNATIVE FUEL

D. V. Smirnova, N. N. Pulyaev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. This paper presents a set of methods for developing a system for analyzing the efficiency of vehicles when converting engines to alternative fuels. The study includes a theoretical review of modern technologies, the development of evaluation criteria, and the modeling of engine operation processes using various types of alternative fuels. Special attention is given to a comparative analysis of environmental safety, economic efficiency, and technical reliability indicators. The obtained results allow for the optimization of the transition to environmentally friendly energy sources in the automotive industry.

Keywords: analysis methodology, vehicle efficiency, engine conversion, alternative fuel, environmental safety, economic efficiency, and technical reliability.

Решение проблемы высокого потребления традиционных видов топлива и связанных с этим экологических последствий требует системного подхода. Внедрение газового топлива в качестве альтернативы жидкому углеводородному топливу является одним из наиболее перспективных направлений развития транспортного сектора. Однако полномасштабный переход автомобильного парка на газомоторное топливо сдерживается производственными, логистическими и экономическими ограничениями. В качестве переходного решения наиболее рациональным представляется конвертация существующих транспортных средств на двухтопливные (бензин/газ) системы питания, позволяющие использовать как традиционное, так и альтернативное топливо в зависимости от условий эксплуатации [1].

Экономическая целесообразность подобной конвертации определяется множеством факторов, включая модель транспортного средства, специфику грузоперевозок, доступность газозаправочной инфраструктуры и техническое состояние автомобиля. Ключевым показателем эффективности выступает удельная стоимость перевозки груза, определяемая как отношение затрат на топливо к выполненной транспортной работе [2]. Для объективного сравнения различных видов топлива необходимо учитывать их теплотворную способность (удельную теплоту сгорания). Основные энергетические характеристики распространённых видов топлива составляют [3]:

- сжиженный нефтяной газ (LPG): 45,20 МДж/кг;
- сжатый природный газ (CNG): 45...50 МДж/кг;
- бензин: ~44,00 МДж/кг;
- дизельное топливо: 42,6 МДж/л;
- природный газ (нормальные условия): 33,5...36,4 МДж/м³;
- метан: 35,8 МДж/м³;
- водород: 10,8 МДж/м³.

С учётом среднерыночных цен в России экономическая эффективность применения различных видов топлива требует комплексной оценки с приведением показателей к единой энергетической основе.

Предлагаемая методика основана на системном подходе к оценке энергетической и экономической эффективности транспортного средства и позволяет провести объективное сравнение различных видов топлива в реальных условиях эксплуатации. В качестве ключевого критерия использован показатель удельной стоимости перевозки, который формализуется следующим образом:

$$C_{\text{уд}} = \frac{m_{\text{т}} \cdot Ц}{m_{\text{гр}} \cdot S}, \quad (1)$$

где $m_{\text{т}}$ – масса или объём израсходованного топлива, кг (или м³);
 $Ц$ – рыночная стоимость единицы топлива, руб./кг (или руб./м³);
 $m_{\text{гр}}$ – масса полезного груза, кг;
 S – протяжённость контрольного участка, м (или км).

Для теоретического обоснования методики используются фундаментальные законы механики и термодинамики. При движении автомобиля с постоян-

ной скоростью энергетический баланс системы может быть описан через соотношение энергии, затрачиваемой на преодоление сил сопротивления, и энергии, выделяемой при сгорании топлива. В рамках упрощённой сравнительной модели кинетическая энергия движущейся системы определяется с учётом концепции приведённой массы, учитывающей инерционные характеристики всех вращающихся и поступательно движущихся элементов:

$$E_{\text{кин}} = \frac{(m_a + m_{\text{пр}}) \cdot V^2}{2}, \quad (2)$$

где m_a – полная масса автомобиля, кг;
 $m_{\text{пр}}$ – приведённая масса вращающихся частей, кг;
 V – скорость движения автомобиля, м/с.

Приведённая масса рассчитывается по формуле:

$$m_{\text{пр}} = \frac{1}{V^2} \left(\sum m_k \cdot V_k^2 + \sum J_k \cdot \omega_k^2 \right), \quad (3)$$

где m_k – масса k -го звена трансмиссии, кг;
 V_k – линейная скорость k -го звена, м/с;
 J_k – момент инерции k -го звена относительно оси вращения, кг·м²;
 ω_k – угловая скорость k -го звена, рад/с.

Полезная работа, получаемая при сгорании топлива, вычисляется с учётом теплотворной способности и интегрального КПД силовой установки:

$$W_{\text{пол}} = q \cdot m_{\text{т}} \cdot \eta, \quad (4)$$

где q – удельная теплота сгорания топлива, Дж/кг;
 $m_{\text{т}}$ – масса израсходованного топлива, кг;
 η – интегральный КПД системы «двигатель–трансмиссия».

Предлагаемая экспериментальная методика позволяет определить реальную эффективность использования различных видов топлива в идентичных условиях эксплуатации. Для минимизации влияния внешних факторов испытания проводятся в течение одного дня на одном и том же транспортном средстве, оснащённом многотопливной системой питания. Процедура предусматривает измерение расхода топлива при равномерном движении автомобиля с заданной скоростью по контрольному участку дороги. Измерения выполняются в прямом и обратном направлениях для нивелирования влияния рельефа местности, уклонов и аэродинамических факторов. Для повышения статистической достоверности каждый эксперимент повторяется не менее трёх раз [4–8].

Расход топлива определяется весовым методом с использованием калиброванного контрольного бачка, подключаемого к топливной системе через трёхходовой кран. При достижении заданной скорости движения кран переключается на контрольный бачок и одновременно запускается секундомер. После прохождения контрольного участка кран возвращается в основное положение, секундомер останавливается, а израсходованное топливо взвешивается.

В рамках упрощённой сравнительной модели энергетический баланс при движении без нагрузки может быть записан как:

$$\frac{(m_a + m_{\text{пр}}) \cdot V^2}{2} \approx q \cdot m_t \cdot \eta. \quad (5)$$

При движении с дополнительным грузом массой $m_{\text{гр}}$ расход топлива возрастает до m_{t1} , и баланс принимает вид:

$$\frac{(m_a + m_{\text{гр}} + m_{\text{пр}}) \cdot V^2}{2} \approx q \cdot m_{t1} \cdot \eta. \quad (6)$$

Дополнительный расход топлива $\Delta m_t = m_{t1} - m_t$, необходимый для перевозки груза, определяется соотношением:

$$\frac{m_{\text{гр}} \cdot V^2}{2} \approx q \cdot \Delta m_t \cdot \eta. \quad (7)$$

Проведение серии испытаний при различных скоростях движения и различной массе перевозимого груза позволяет построить зависимости интегрального КПД транспортного средства от скорости $\eta = f(V)$ и от массы груза $\eta = f(m_{\text{гр}})$.

Разработанная методика обеспечивает объективную оценку эффективности конвертации двигателей на альтернативные виды топлива с учётом современных экономических реалий и энергетических характеристик топлива. На основе полученных зависимостей могут быть сформулированы практические рекомендации по оптимальным режимам эксплуатации транспортных средств с различными типами топливных систем.

Периодические измерения эффективности по предложенной методике позволяют также осуществлять мониторинг технического состояния транспортного средства, прогнозировать остаточный ресурс основных агрегатов и обосновывать необходимость проведения технического обслуживания или ремонта.

В контексте современной тенденции к декарбонизации транспортного сектора особую актуальность приобретает оценка эффективности использования не только традиционных альтернатив (СПГ, СНГ), но и инновационных видов топлива. Сюда относятся биотопливо различного происхождения (например, биоуголь из сельскохозяйственных отходов с теплотворной способностью до 26,43 МДж/кг) и водород, обладающий выдающимися энергетическими характеристиками (120...142 МДж/кг).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гамов, А. А. Анализ процесса смешивания оставшегося топлива с биодизелем при многократной заправке дизельного трактора / А. А. Гамов, Н. Н. Пуляев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. – 2025. – Т. 17, № 3. – С. 75-81. – DOI 10.36508/RSATU.2025.37.25.010.
2. Девянин, С. Н. Исследование стабильности биотоплива на основе растительных масел / С. Н. Девянин, Е. А. Улюкина, Н. Н. Пуляев // Вестник Феде-

рального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2012. – № 5(56). – С. 19-21.

3. Дидманидзе, О. Н. Исследования показателей тепловыделения газовых двигателей / О. Н. Дидманидзе, А. С. Афанасьев, Р. Т. Хакимов // Записки Горного института. – 2018. – Т. 229. – С. 50-55. – DOI 10.25515/PMI.2018.1.50.

4. Улучшение эксплуатационных характеристик двигателя с применением нанотехнологий / С. М. Гайдар, В. Н. Свечников, А. Ю. Усманов, М. И. Иванов // Труды ГОСНИТИ. – 2013. – Т. 111, № 1. – С. 4-8.

5. Исследование физико-химических свойств биотоплив на основе растительных масел / В. П. Коваленко, Е. А. Улюкина, Н. Н. Пуляев, А. Н. Приваленко // Международный научный журнал. – 2011. – № 4. – С. 79-83.

6. Практикум по хранению и защите от коррозии сельскохозяйственной техники / А. Э. Северный, Е. А. Пучин, В. Е. Рязанов [и др.]. – М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2009. – 160 с.

7. Оценка методов подачи спирта в цилиндры дизельного двигателя экспериментальной установкой / С. М. Гайдар, Д. А. Пикин, Я. Д. Павлов [и др.] // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 2. – С. 71-75. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-2-71-75.

8. Солдатов, В. В. Управление техническими системами в условиях информационной неопределенности / В. В. Солдатов, О. Н. Дидманидзе, Ю. А. Судник. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2010. – 307 с.

Об авторах:

Смирнова Дарья Валерьевна, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), dashasmirnova_2002@mail.ru.

Пуляев Николай Николаевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, pulyaev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Darya V. Smirnova, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), dashasmirnova_2002@mail.ru.

Nikolay N. Pulyaev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, pulyaev@rgau-msha.ru.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Д. Г. Соколов

Научный руководитель – А. Г. Гамидов

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлен обзор наиболее актуальных современных технологий ремонта транспортно-технологических машин (ТТМ) в агропромышленном комплексе (АПК). Рассмотрены ключевые направления развития ремонтного производства, включающие аддитивные технологии, интеллектуальные системы, а также применение композитных материалов и нанопокровов. **Ключевые слова:** агропромышленный комплекс, транспортно-технологические машины, ремонт, восстановление, аддитивные технологии, композиты, диагностика.

MODERN TECHNOLOGIES OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES REPAIR IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

D. G. Sokolov

Scientific advisor – A. G. Gamidov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article provides an overview of the most relevant modern technologies for repairing transport and technological machines (TTM) in the agro-industrial complex (AIC). The key areas of development in repair production, including additive technologies, intelligent systems, and the use of composite materials and nano-coatings, are considered.

Keywords: agro-industrial complex, transport and technological machines, repair, restoration, additive technologies, composites, diagnostics.

Введение

Эффективность использования транспортно-технологических машин в агропромышленном комплексе напрямую зависит от их технического состояния. Простои техники в период сезонных полевых работ приводят к значительным

экономическим потерям и негативно сказываются на продовольственной безопасности страны [1]. Для сокращения времени простоя ТТМ необходима модернизация технологий ремонтного воздействия.

1. Аддитивные технологии

Одним из наиболее перспективных методов восстановления работоспособности ТТМ в АПК является использование технологий аддитивного производства (3D-печати). Данные технологии позволяют как наносить материал на изношенные поверхности деталей, так и изготавливать новые детали. 3D-печать обеспечивает оперативное производство неотъемлемых, сложноформуемых или снятых с производства компонентов (корпусов, крышек, элементов систем вентиляции) из полимеров или металлов [2].

2. Интеллектуальные технологии

Понятие «интеллектуальные технологии» подразумевает внедрение систем, включающих [3, 4]:

- дистанционную диагностику ТТМ, которая позволяет техническим специалистам удалённо отслеживать состояние машин в режиме реального времени и корректировать действия оператора для предотвращения преждевременных отказов.
- систему прогнозирования отказов, которая на основе анализа данных предсказывает потенциальные неисправности, что помогает избежать внезапного выхода техники из строя в период полевых работ.
- системы контроля газовых и жидкостных сред, предназначенные для мониторинга уровня технических жидкостей, а также оценки корректности работы двигателя и навесных агрегатов.

3. Применение композитных материалов и нанопокровов.

Полимерные композиты используются для ремонта и усиления несилевых элементов: кабин, кузовов, облицовки, топливных баков. Композитные материалы обладают высокой коррозионной стойкостью и малым весом [5].

Нанокompозитные покрытия и напыление. Нанесение износостойких, антифрикционных или антикоррозионных покрытий методами высокоскоростного газопламенного (HVOF), плазменного напыления или лазерной наплавки позволяет в несколько раз повысить долговечность восстанавливаемых поверхностей деталей пар трения (гильз цилиндров, шеек коленчатых валов) [6, 7].

Современные герметики и клеевые составы. Полимерные ремонтные смеси для восстановления резьбовых соединений и устранения трещин в блоке двигателя или корпусах агрегатов позволяют выполнять ремонт без разборки и применения сварки [8, 9].

Заключение

Современные технологии ремонта ТТМ в АПК трансформируют традиционную систему восстановительных работ в высокотехнологичный процесс, интегрированный в цифровую экосистему предприятия. Внедрение рассмотренных технологий требует значительных первоначальных инвестиций и подготовки квалифицированных кадров. Однако в среднесрочной перспективе это является необходимым условием для существенного снижения затрат на содержание парка, повышения его коэффициента технической готовности и, как следствие,

роста общей конкурентоспособности агропромышленного комплекса. Для широкого распространения инноваций необходима государственная поддержка в форме программ модернизации сервисных предприятий АПК и развития компетенций в области цифровых и аддитивных технологий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оценка технического состояния машины по данным ее системы управления / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Н. Н. Пуляев // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2021. – С. 10-19.
2. Пучин, Е. А. Средства технологического оснащения в системе технического сервиса АПК / Е. А. Пучин, О. Н. Дидманидзе, В. М. Корнеев. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2004. – 99 с. – ISBN 5-9546-0003-1.
3. Технология машиностроения : лабораторный практикум / А. В. Коломейченко, И. Н. Кравченко, Н. В. Титов [и др.]. – СПб. : Издательство «Лань», 2015. – 272 с. – ISBN 978-5-8114-1901-2.
4. Технология ремонта машин : учебник для студентов вузов по специальности «Технология обслуживания и ремонта машин в агропромышленном комплексе» / Е. А. Пучин, О. Н. Дидманидзе, В. С. Новиков [и др.]. Том 1. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2006. – 348 с. – ISBN 5-9546-0029-5.
5. Канарёв, Ф. М. Ремонт и обслуживание транспортно-технологических машин / Ф. М. Канарёв, А. Ф. Канарёв. – М. : КолосС, 2008. – 391 с.
6. Methodology and results of comparative atmospheric tests of experimental conservation composition / A. E. Shlykov, E. B. Mironov, S. M. Gaidar [et al.] // Bio web of conferences : International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2019), Kazan, 13-14 ноября 2019 года. Vol. 17. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P. 00258. – DOI 10.1051/bioconf/20201700258.
7. Расчет посадки с натягом из условия разбираемости соединения звездочки и ведомого вала редуктора / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Сельский механизатор. – 2023. – № 7. – С. 38-39. – DOI 10.47336/0131-7393-2023-7-38-39.
8. Пуляев, Н. Н. Цифровизация в современных станциях технического обслуживания / Н. Н. Пуляев, А. В. Куриленко, У. Н. Шакзада // Наука без границ. – 2021. – № 4(56). – С. 57-61.
9. Пучин, Е. А. Применение молекулярной инженерии для повышения ресурса сельскохозяйственной техники / Е. А. Пучин, С. М. Гайдар // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2010. – № 2(41). – С. 101-106.

Об авторах:

Соколов Даниил Григорьевич, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Гамидов Абдурахман Гаджиевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, gamidov@rgau-msha.ru.

About the authors:

Daniil G. Sokolov, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Abdurakhman G. Gamidov, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, gamidov@rgau-msha.ru.

АНАЛИЗ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ ДЛЯ БЕЗОПАСНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

**А. А. Спицына, О. В. Ращупкин, Н. А. Майстренко,
Р. Н. Дидманидзе**

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье проведён анализ средств контроля температуры и влажности для обеспечения безопасности при транспортировке масличных культур. Рассмотрены ключевые факторы, влияющие на сохранность сырья – влажность (6...8 %) и температура (не выше +25°C), нарушение которых может привести к самонагреву и возгоранию. Описаны основные методы транспортировки: автомобильный, железнодорожный и водный, а также специфика перевозки в закрытых пространствах. Проанализированы три типа влагомеров: МиниГАК, Wile Unimeter Digital и Влагомер-термоштанга СУПЕРПРО-КОМБИ. Выявлено, что наиболее эффективным для контроля параметров груза является влагомер-термоштанга СУПЕРПРО-КОМБИ, обеспечивающий высокую точность измерений ($\pm 1,5$ %) и оперативность мониторинга.

Ключевые слова: жмых, шрот, масличные культуры, безопасная транспортировка, температура, влажность.

ANALYSIS OF CONTROL MEANS FOR SAFE TRANSPORTATION OF OIL CROPS

**A. A. Spitsyna, O. V. Rashchupkin, N. A. Maystrenko,
R. N. Didmanidze**

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract: The article analyzes temperature and humidity control tools to ensure the safety of transportation of oilseeds. It considers the key factors affecting the preservation of raw materials, such as humidity (6...8 %) and temperature (no higher than +25°C), which can lead to self-heating and fire. The main transportation methods are described: by road, by rail, and by water, as well as the specifics of transportation in enclosed spaces. Three types of moisture meters were analyzed: MiniGAK, Wile Unimeter Digital, and SUPERPRO-KOMBI moisture meter-thermostat. It was found that the SUPERPRO-KOMBI moisture meter-thermostat is the most effective for monitoring parameters inside the cargo, as it provides high measurement accuracy ($\pm 1,5$ %) and prompt monitoring.

Keywords: cake, meal, oilseeds, safe transportation, temperature, and humidity.

Введение

В результате переработки масличных культур образуются побочные продукты – шрот и жмых, которые в последующем используются на фермах в качестве кормов [1].

Транспортировка масличных культур – важный этап их логистики, который включает использование различных видов транспорта. Важнейшими факторами безопасной перевозке масличных культур являются показания температуры (до +25°C) и влажности (6...8 %). При несоблюдении этих факторов происходит самонагрев сырья, что может привести к самовозгоранию [2].

При перевозках автомобильным транспортом происходит естественная убыль шрота масличных культур, в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Нормы естественной убыли шрота масличных культур при перевозках автомобильным транспортом

до 50 км	0,05 %
от 50 до 100 км	0,08 %
свыше 100 км за каждые последующие 100 км	0,02 %

Для контроля этих параметров используют различные влагомеры, которые позволяют оперативно измерить влажность и температуру сырья. Обработку полученных результатов осуществляют по методике [3]. Среди приборов измерения влажности можно отметить Влагомер-термоштанга СУПЕРПРО-КОМБИ, который выделяется возможностью контролировать параметры внутри груза, что обеспечивает предупреждение рисков возгорания масличных культур.

Цель исследований – провести анализ средств контроля температуры и влажности шрота и жмыха масличных культур при транспортировке.

Метод исследований – теоретический.

Научная новизна и актуальность темы – повышение контроля мониторинга состояния груза (шрот, жмых масличных культур) при транспортировке различными видами транспорта.

Результаты исследований

Побочными продуктами при переработки масличных культур являются шрот, который образуется при экстракции масла органическими растворителями, после чего растворители удаляют паром, оставляя 0,5...3 % жира; жмых получают в результате прессования семян, в ходе чего отделяется масло, а отходы имеют 7...11 % жира.

Существует несколько способов транспортировки масличных культур. Автомобильный транспорт используется для перевозок на небольшие расстояния; железнодорожный транспорт используется для транспортировки на более дальние расстояния (в другие регионы); водный транспорт используется для передачи груза в другие страны. Транспортировка происходит в закрытом пространстве, уберегая сырьё от внешнего воздействия.

Ключевыми факторами для безопасной транспортировки масличных культур являются влажность и температура. Для избежания самонагревания и самовозгорания влажность сырья должна быть 6...8 %, а температура не должна превышать +25°C.

Для безопасной транспортировки масличных культур используют различные приборы контроля влажности и температуры [4].

Влагомер МиниГАК [5] (рисунок 1) – предназначен для измерения влажности, температуры зерновых, бобовых и масличных культур. Для измерения температуры в прибор засыпают сырьё, на дисплее выбирают культуру и через несколько секунд получают результат.



Рисунок 1 – Влагомер МиниГАК

Влагомер Wile Unimeter Digital [6] (рисунок 2) – измеряет влажность и температуру до 32 различных культур. В прибор засыпают сырьё, закручивают крышкой, сжимая и разламывая содержимое, что позволяет точнее измерить параметры, на экране выбирают культуру и получают результат.



Рисунок 2 – Влагомер Wile Unimeter Digital

Влагомер-термоштанга СУПЕРПРО-КОМБИ (рисунок 3) – предназначен для оперативного измерения влажности и температуры с помощью щупа. Щуп

вставляется в перевозимое сырьё, что позволяет измерить параметры не на поверхности, а внутри груза.



Рисунок 3 – Влагомер Wile Unimeter Digital

Для безопасной транспортировки масличных культур более подходящим прибором будет являться Влагомер-термоштанга СУПЕРПРО-КОМБИ. Он позволяет наиболее точно измерить температуру и влажность в различных частях сырья, что поможет своевременно отреагировать и избежать самовоспламенения культуры, а также вычислить средние значения необходимых параметров.

Выводы

1. Для безопасной транспортировки масличных культур решающими факторами являются показания температуры и влажности. Если показания не будут в норме произойдёт самовозгорание.

2. В результате анализа различных средств измерений пришли к выводу, что Влагомер-термоштанга СУПЕРПРО-КОМБИ является наиболее подходящим для измерения показателей при перевозке. Точность измерений составляет $\pm 1,5 \%$, длина щупа равняется 50 см.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Предложения о внесении изменений в федеральный регистр технологий производства продукции растениеводства (систему технологий) с учётом функциональных возможностей семейства новых грузовых автомобилей сельскохозяйственного назначения / А. М. Сысоев, М. Н. Ерохин, А. Ю. Измайлов [и др.]. – М. : Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2011. – 32 с. – ISBN 978-5-902194-46-0.

2. Скороходов, А. Н. Вероятностная оценка взаимодействия звеньев технологического комплекса / А. Н. Скороходов, О. Н. Дидманидзе // Международный технико-экономический журнал. – 2012. – № 1. – С. 54.

3. Планирование и организация эксперимента / А. Г. Левшин, А. А. Левшин, А. Е. Бутузов, Н. А. Майстренко. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. – 65 с.

4. Хранение масличных культур: как сохранить урожай [Электронный ресурс] // ASM Agro. – Режим доступа: <https://asm-agro.ru/articles/hranenie-maslichnyh-kultur-kak-sohranit-urozhaj/> (дата обращения: 12.11.2025).

5. Влагомер MiniGak [Электронный ресурс] // Kolba24. – Режим доступа: <https://kolba24.ru/product/vlagomer-minigak/?ysclid=ml54pnga4x699215598> (дата обращения: 12.11.2025).

6. Влагомер зерна и семян Wile-UniMeter Digital с размолом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agroselena.ru/product/vlagomer-zerna-i-semyan-wile-unimeter-digital-s-razmolom/?ysclid=ml574hioxn676533350> (дата обращения: 12.11.2025).

Об авторах:

Спицына Алёна Александровна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), spitsyna.aliona15.03@mail.ru.

Ращупкин Олег Владимирович, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), olegrun800@yandex.ru.

Майстренко Николай Александрович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, nmaystrenko@rgau-msha.ru.

Дидманидзе Ремзи Назирович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат экономических наук, rdidmanidze@rgau-msha.ru.

About the authors:

Alyona A. Spitsyna, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), spitsyna.aliona15.03@mail.ru.

Oleg V. Rashchupkin, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), olegrun800@yandex.ru.

Nikolay A. Maystrenko, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, nmaystrenko@rgau-msha.ru.

Remzi N. Didmanidze, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Economic Sciences, rdidmanidze@rgau-msha.ru.

ЭРГОНОМИКА ШУМОВОГО КОМФОРТА В КАБИНЕ ТРАКТОРА

Ю. В. Старовойтова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В этой статье представлены материалы, касающиеся влияния шума на здоровье механизаторов, а также описаны методы уменьшения этих негативных факторов. Это позволит повысить комфорт в кабинах тракторов и сохранить здоровье операторов.

Ключевые слова: шум, шумоизоляция, звукопоглощение, кабина трактора.

ERGONOMICS OF NOISE COMFORT IN THE TRACTOR CABIN

Yu. V. Starovoitova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. This article presents materials on the impact of noise on the health of machine operators, as well as methods for reducing these negative factors. This will help to improve the comfort in tractor cabins and maintain the health of operators.

Keywords: noise, soundproofing, sound absorption, tractor cabin.

В процессе работы водители наземных транспортно-технологических машин подвергаются шуму и вибрации, что может негативно сказываться на здоровье. Постоянный шум приводит к перенапряжению и истощению клеток головного мозга, снижая трудоспособность и вызывая утомляемость, а также функциональные нарушения внутренних органов.

Статистика 2025 года показывает, что трактористы, бульдозеристы, машинисты экскаваторов и механизаторы наиболее подвержены профессиональным заболеваниям, включая 55 % случаев заболеваний слуха и 53 % случаев вибрационной болезни [6].

Шум и вибрация вредят здоровью постепенно, и их негативное воздействие становится заметным только после развития заболевания, требующего медикаментозного лечения. Однако использование звукоизолирующих материалов и профессиональный монтаж помогают решить эту проблему. За последние 30...40 лет требования к уровню шума от тракторов ужесточились, снизив допустимый уровень звукового давления с 90 дБ до 80 дБ [5].

Современные нормы шума на рабочих местах регулируются СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и ГОСТ 12.1.003-83, а уровень шума оценивается по шкале А шумомера в децибелах (дБ) [7].

Согласно нормативам, уровень шума на рабочих местах водителей тракторов и обслуживающего персонала, а также при эксплуатации прицепных и навесных сельскохозяйственных машин, строительно-дорожной техники и аналогичных машин не должен превышать 80 дБ. По санитарным нормам, безопасный уровень шума, не вредящий слуху при длительном воздействии, составляет 55 дБ.

Шум, как известно, представляет собой нежелательное звуковое явление, которое может возникать по ряду различных причин. Одной из основных причин его возникновения является взаимодействие колеблющегося тела с упругой средой, такой как воздух. Это взаимодействие приводит к возникновению звуковых волн, которые мы воспринимаем как шум [9, 10].

Кроме того, шум может быть вызван так называемым «мгновенным» выделением энергии в конечном объёме среды. Это означает, что в определенный момент времени происходит резкое изменение состояния среды, что приводит к возникновению звука.

Ещё одной причиной возникновения шума является подведение конечного объёма вещества в область упругой среды. Это процесс, при котором вещество взаимодействует с средой, создавая звуковые волны.

Наконец, взаимодействие потока вещества с твёрдым телом также может стать причиной появления шума. В этом случае поток вещества, например, воздух или вода, сталкивается с поверхностью твёрдого тела, что приводит к созданию звуковых колебаний, воспринимаемых нами как шум.

Общий шум агрегата складывается из двух составляющих: I – шум, излучаемый трактором; II – шум, излучаемый орудием. Источники шума, генерируемые орудиями различного назначения, зависят от наличия у них активных органов, использующих энергию трактора [3].

Для эффективного снижения шума и акустического расчета необходимо точно прогнозировать шумовые характеристики основных источников шума на тракторе, используя минимальное количество параметров, доступных на ранних этапах проектирования [8-9]. После тестирования прототипов характеристики корректируются экспериментально. Оптимизация конструктивных и глушащих решений на ЭВМ осуществляется методом перебора и приближения. В рабочих процессах механизмов возникают переменные силы, вызывающие вибрации конструкции и шум в окружающей среде [1].

Из анализа механического шума выведены три основных направления его снижения:

- сокращение амплитуды и спектра возмущающих сил, в том числе за счет уменьшения оборотов двигателей;
- уменьшение акустической активности конструкции, в том числе путем увеличения массы и демпфирующих свойств;
- оптимизация сочетания спектров возмущающих сил и акустической активности по частотам [4].

Чтобы определить способы уменьшения шума в кабине трактора, был проведён анализ научно-технической литературы, который позволил выявить ряд технических решений. Наиболее эффективным из них является снижение уровня

шума в тракторе за счёт шумоизоляции кабины и двигателя. Улучшение шумоизоляции достигается использованием материалов, поглощающих вибрации и шум, а также уплотнителей и других звукоизолирующих средств.

Шумоизоляция особенно важна для всех типов тракторов, так как коробка передач и двигатель, находясь в непосредственной близости к кабине, создают значительный шум и вибрации [3]. Для обеспечения шумоизоляции на предварительно очищенную поверхность устанавливается один или несколько видов звукопоглощающих материалов, перечисленных ниже. В качестве таких материалов могут использоваться:

Vibroton. Этот материал обладает превосходными звуко-, тепло- и гидроизоляционными характеристиками.

Изотон В. Звукопоглощающий материал, включающий в себя лицевою звукопрозрачную перфорированную ПВХ пленку, гибкий пенополиуретан и клеевой монтажный слой, защищенный антиадгезионной прокладкой. Он также обеспечивает теплоизоляцию. Эффективность звукопоглощения варьируется в диапазоне частот от 600 до 4000 Гц с коэффициентом не менее 0,4...0,94 усл. ед. Толщина материала составляет от 10 до 40 мм.

Битопласт. Материал для звукопоглощения, уплотнения и устранения скрипов, снабженный липким слоем на основе пенополиуретана толщиной 5...20 мм. Он может использоваться при температурах от -45°C до +100°C. Области применения: Битопласт 5 – пластиковые элементы салона, приборная панель для устранения скрипов; Битопласт 10 – крыша, панель передка со стороны салона, колесные арки, тоннель.

Сплэн. Самоклеящийся материал для звуко- и теплоизоляции на основе пенополиэтилена толщиной от 2 до 15 мм с липким слоем с одной стороны. Он функционирует в диапазоне температур от -70°C до +100°C. Применяется для колесных арок, перегородки моторного отсека со стороны салона, всех вертикальных участков и сложных участков пола салона.

Изолон. ППЭ 3008 – звукоизолирующий материал, разновидность СПЛЭНА, обладающий всеми его свойствами. Работает в температурном диапазоне от -70°C до +100°C и поставляется в рулонах шириной 1,5 м. Применяется для пола салона и багажника.

Стизол. Материал для звуко- и теплоизоляции и уплотнения. Может использоваться при температурах от -70°C до +100°C. Области применения: Стизол – пол салона и багажника; Стизол КС – колесные арки, перегородка моторного отсека со стороны салона [6].

На основании выбранных методик был выполнен предварительный расчёт затрат на реализацию данного предложения. Примерная стоимость шумоизоляции кабины трактора, площадью 3 м² включает в себя следующие составляющие: материалы: вибропоглотители – 7 листов по цене 180 руб. составят 1260 руб.; звукопоглотители – 4 листа по цене 180 руб. составят 720 руб.; уплотнители – лента 10 м по цене 30 руб. за метр составит 300 руб. Общая стоимость расходов на материал составит 2280 руб. [1].

Внедрение дополнительных мер по шумоизоляции кабины трактора является ключевым фактором, который способствует значительному снижению

уровня шума, исходящего от сельскохозяйственной техники. Это, в свою очередь, оказывает положительное влияние на экологическую обстановку в аграрной сфере. Улучшение шумоизоляции не только делает работу тракториста более комфортной, но и способствует уменьшению негативного воздействия шума на здоровье человека. Таким образом, повышение уровня экологической безопасности сельскохозяйственных тракторов становится важным шагом в направлении создания более благоприятных условий для работы в полевых условиях и защиты окружающей среды от лишнего шумового загрязнения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Старовойтова, Ю. В. Влияние безопасности условий труда тракториста на технологические свойства мобильных энергетических средств / Ю. В. Старовойтова, Н. В. Перевозчикова // Чтения академика В. Н. Болтинского, Москва, 25–26 января 2022 года. Том 2. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2022. – С. 97–102.
2. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2–7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
3. Перевозчикова, Н. В. Улучшение условий труда тракториста путём снижения уровня шума в кабине трактора / Н. В. Перевозчикова, Ю. В. Старовойтова, А. С. Кашакова // Доклады ТСХА, Москва, 02–04 декабря 2020 года. Вып. 293, часть III. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2021. – С. 137–141.
4. Старовойтова, Ю. В. Определение комплексного показателя безопасности / Ю. В. Старовойтова, Н. В. Перевозчикова // Техника и оборудование для села. – 2025. – № 7(337). – С. 5–7. – DOI 10.33267/2072-9642-2025-7-5-7.
5. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – Взамен ГОСТ 12.1.003-83. – М., 2014.
6. ГОСТ 12.1.050-86. ССБТ. Методы измерения шума на рабочих местах. – Взамен ГОСТ 20445-75. – М., 1986.
7. Шумомер ADD 358: инструкция по эксплуатации / ООО «Акустические системы». – М. : ООО «Акустические системы», 2023. – 48 с.
8. Надежность технических систем : учебник / А. В. Чепурин, Е. Л. Чепурина, Д. Л. Кушнарёва [и др.]. – М. : УМЦ «Триада», 2026. – 221 с. – ISBN 978-5-9546-0134-3.
9. Голиницкий, П. В. Обоснование целесообразности замены аналоговых средств измерений цифровыми на ремонтных предприятиях / П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова, Д. А. Пупкова // Агроинженерия. – 2026. – Т. 28, № 1. – С. 80–86. – DOI 10.26897/2687-1149-2026-1-80-86.
10. Дидманидзе, О. Н. Проектирование производственных процессов в растениеводстве с использованием компьютерных технологий / О. Н. Дидманидзе, О. П. Андреев, А. Н. Журилин. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2018. – 150 с.

Об авторе:

Старовойтова Юлия Викторовна, аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), starovojtova@rgau-msha.ru.

About the author:

Yulia V. Starovoitova, Postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), starovojtova@rgau-msha.ru.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ КАЧЕСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ С УЧЁТОМ УСЛОВИЙ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Ю. В. Старовойтова, Н. В. Перевозчикова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Статья посвящена исследованию особенностей потребительских качеств сельскохозяйственных тракторов с учетом условий их эксплуатации. Основное внимание уделено факторам, влияющим на выбор и популярность определенных марок и моделей тракторов в различных регионах России. Выделены ключевые параметры, такие как климатические условия, типы почв, технология ведения земледелия и местные предпочтения аграриев. Представлен алгоритм исследования, включающий анализ рынка, оценку потребительских ожиданий, лабораторные и полевые испытания, а также сбор обратной связи от владельцев техники. Сделаны выводы о необходимости дифференцированного подхода к производству тракторов, адаптированных к региональным условиям эксплуатации. Будущие исследования обещают дальнейшее развитие в сторону повышения эффективности и уменьшения потерь в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: *механизатор, технологические операции, безопасность, комплексный показатель, трактор.*

RESEARCH OF THE FEATURES OF CONSUMER QUALITIES OF AGRICULTURAL TRACTORS, TAKING INTO ACCOUNT THE CONDITIONS OF THEIR USE

Yu. V. Starovoytova, N. V. Perevozchikova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article is devoted to the study of the features of the consumer qualities of agricultural tractors, taking into account the conditions of their operation. The main focus is on the factors that influence the choice and popularity of certain brands and models of tractors in different regions of Russia. Key parameters such as climatic conditions, soil types, farming technologies, and local preferences of farmers are highlighted. The article presents an algorithm for research, which includes market analysis, assessment of consumer expectations, laboratory and field tests, as well as feedback from tractor owners. The article concludes that there is a need for a differentiated

approach to the production of tractors that are adapted to regional operating conditions. Future research promises further development towards increasing efficiency and reducing losses in agriculture.

Keywords: *machine operator, technological operations, safety, integrated indicator, tractor.*

В наше время, когда аграрный сектор экономики играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности страны, требования к технике, применяемой в сельском хозяйстве, становятся всё более строгими и конкретными. Это связано с необходимостью повышения эффективности и продуктивности агропромышленных предприятий. В этом контексте особое внимание уделяется качеству и надёжности сельскохозяйственной техники, без которой невозможно представить успешное ведение хозяйства.

Тракторы, как один из наиболее важных и незаменимых видов техники в агропромышленном комплексе, занимают центральное место в арсенале сельскохозяйственных предприятий. Они находят своё применение в самых различных аспектах аграрной деятельности: от посевных работ и уборки урожая до транспортировки различных грузов и выполнения множества других важных задач, стоящих перед современным фермером.

С учётом широкого спектра климатических зон и многообразия типов почв, встречающихся на территории нашей страны, становится очевидной необходимость тщательной оценки потребительских качеств тракторов. Это позволяет подобрать наиболее подходящие модели техники, которые будут отвечать специфическим требованиям и условиям эксплуатации в каждом конкретном случае. Таким образом, выбор тракторов должен быть основан на всестороннем анализе и учёте всех факторов, влияющих на их работу в полевых условиях [10].

Исследование в данной области направлено на выявление и анализ основных факторов, влияющих на выбор и популярность конкретной марки и модели трактора. К таким факторам относятся:

- Климатические условия: в северных регионах с суровыми морозами важна особая прочность и устойчивость материалов к низким температурам. В южных зонах, где преобладает интенсивное солнечное излучение и пыль, предъявляются повышенные требования к защите и уходу за техникой.

- Типы почв: глинистые и песчаные почвы отличаются по плотности и сопротивляемости обработке. Для одних типов грунтов необходимы мощные тракторы с высоким крутящим моментом, тогда как другие позволяют использовать более лёгкие модели.

- Технологии земледелия: уровень автоматизации и специализация ферм напрямую влияют на выбор техники. Крупные агрохолдинги предпочитают многофункциональные и мощные агрегаты, в то время как небольшие семейные фермы выбирают компактные модели.

- Местные предпочтения: в некоторых регионах отдают предпочтение традиционным брендам, таким как российский «Беларусь» или американский «John Deere», основываясь на опыте эксплуатации и рекомендациях соседей [2].

В процессе проведения всестороннего исследования, которое направлено на глубокое понимание текущего состояния и перспектив развития рынка тракторной техники, мы придерживаемся строго структурированного и детализированного подхода, который включает в себя несколько ключевых этапов:

1. Первоначальный этап исследования предполагает тщательный анализ рыночной ситуации и уровня спроса на тракторы. Это включает в себя сбор и анализ обширного массива статистических данных о продажах различных марок тракторов, что позволяет выделить наиболее востребованные модели. Кроме того, мы уделяем внимание изучению региональных особенностей и предпочтений потребителей, что даёт нам возможность более точно оценить картину рынка [4].

2. Следующим шагом является оценка потребительских ожиданий, что предполагает проведение анкетирования и интервьюирования с владельцами тракторов. Этот этап позволяет нам получить ценную информацию о том, какие сильные и слабые стороны имеют существующие модели, а также какие приоритеты и предпочтения у потребителей при выборе и покупке тракторной техники [7].

3. Третий этап исследования посвящён определению условий эксплуатации тракторов. Мы занимаемся созданием детализированной картографической базы, которая отражает климатические зоны и характеристики почвенных покрытий в различных регионах, где предполагается использование тракторов. Это позволяет нам адаптировать технику к специфическим условиям эксплуатации [6].

4. Четвёртый этап включает в себя проведение лабораторных и полевых испытаний. Мы осуществляем эксперименты на опытных образцах, что даёт нам возможность провести сравнение характеристик техники в условиях, максимально приближенных к реальным. Этот этап критически важен для понимания того, как тракторы ведут себя в различных условиях работы [2].

5. Завершающий этап исследования – это сбор и анализ обратной связи от пользователей. Мы организуем конференции и семинары, на которых собираются представители аграрных хозяйств, что создаёт платформу для обмена мнениями и предложениями [8]. Это позволяет нам получить прямую обратную связь и рекомендации по улучшению дизайна и функционала тракторов, что в конечном итоге способствует повышению качества и конкурентоспособности продукции.

В ходе многочисленных исследований, проведённых ведущими специалистами в аграрной отрасли, был сделан крайне важный вывод, который имеет непосредственное влияние на эффективность работы сельскохозяйственного сектора [3]. Этот вывод касается необходимости применения дифференцированного подхода при разработке и производстве сельскохозяйственной техники. Особое внимание следует уделить производителям тракторов, которые должны тщательно анализировать и учитывать уникальные региональные условия, в которых будет эксплуатироваться их продукция [2]. Это предполагает создание и

предложение клиентам не просто стандартных моделей, а тщательно адаптированных к конкретным условиям машин, которые будут отличаться не только повышенной прочностью и надёжностью, но и высокой энергоэффективностью.

Такой подход позволит значительно улучшить эксплуатационные характеристики техники, что, в свою очередь, окажет положительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур и поможет сократить возможные потери в процессе выращивания и сбора урожая. Продолжение научных исследований в данной области, безусловно, обещает принести новые открытия и разработки, которые будут способствовать дальнейшему развитию аграрного сектора, повышая его конкурентоспособность и устойчивость на рынке. Таким образом, инвестирование в исследования и разработку специализированной техники является ключевым фактором для достижения успеха в современном сельском хозяйстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
2. Транспорт в агропромышленном комплексе : учебник / О. Н. Дидманидзе, Н. Н. Пуляев, А. А. Солнцев [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет, 2024. – 474 с.
3. Старовойтова, Ю. В. Создание инструментария для оценки безопасности кабин тракторов в сельском хозяйстве, ориентированного на условия труда / Ю. В. Старовойтова, Н. В. Перевозчикова // Техника и оборудование для села. – 2025. – № 9(339). – С. 2-4. – DOI 10.33267/2072-9642-2025-9-2-4.
4. Пуляев, Н. Н. Трактора сельскохозяйственного назначения нового поколения / Н. Н. Пуляев, А. Р. Зарикеев // Наука без границ. – 2020. – № 5(45). – С. 112-116.
5. Ртищева, Н. Е. Электрический трактор: особенности конструкции и перспективы развития / Н. Е. Ртищева, Н. Н. Пуляев, А. С. Гузалов // Journal of Agriculture and Environment. – 2022. – № 8(28). – DOI 10.23649/jae.2022.28.8.015.
6. Дидманидзе, О. Н. Основные направления развития тягово-транспортных средств в АПК / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, А. М. Карев // Доклады ТСХА, Москва, 02-04 декабря 2014 года. Том 1. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.
7. Дидманидзе, О. Н. Оптимизация параметров машинно-тракторных агрегатов / О. Н. Дидманидзе, О. П. Андреев, Е. П. Парлюк. – М. : Учебно-методический центр «Триада», 2017. – 77 с.
8. Обоснование факторов, оказывающих влияние на надежность специальной техники в особых условиях эксплуатации / И. Н. Кравченко, С. М. Гайдар, Л. В. Жуков, П. Г. Ларин // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 3-2. – С. 262-266.
9. Чутчева, Ю. В. Перспективные направления развития тягово-транспортных средств для сельского хозяйства / Ю. В. Чутчева, Н. Н. Пуляев, Ю. С.

Коротких // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 9(279). – С. 2-5. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-9-2-5.

10. Старовойтова, Ю. В. Влияние безопасности условий труда тракториста на технологические свойства мобильных энергетических средств / Ю. В. Старовойтова, Н. В. Перевозчикова // Чтения академика В. Н. Болтинского, Москва, 25-26 января 2022 года. Том 2. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2022. – С. 97-102.

Об авторах:

Старовойтова Юлия Викторовна, аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), starovojtova@rgau-msha.ru.

Перевозчикова Наталия Васильевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, n.perevozchikova@rgau-msha.ru.

About the authors:

Yulia V. Starovoitova, Postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), starovojtova@rgau-msha.ru.

Natalia V. Perevozchikova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, n.perevozchikova@rgau-msha.ru.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИАГНОСТИКО-ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДСИСТЕМЫ

А. В. Титберидзе

Научный руководитель – Н. Н. Пуляев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается применение диагностико-информационной подсистемы в сельском хозяйстве для комплексного обслуживания техники. Подсистема позволяет осуществлять непрерывный мониторинг состояния машин, прогнозировать отказы и оптимизировать сервисное обслуживание. Внедрение такой системы особенно важно при проведении сельскохозяйственных работ, например, уборки урожая, где простой техники влечёт за собой значительные потери. В результате внедрения системы снижаются эксплуатационные расходы, минимизируются простои, сокращается расход топлива и удлиняется жизненный цикл техники.

Ключевые слова: сельское хозяйство, тракторы и автомобили, диагностико-информационная подсистема, информационная поддержка, экологичность.

APPLICATION OF DIAGNOSTIC AND INFORMATION SUBSYSTEM

A. V. Titberidze

Scientific advisor – N. N. Pulyaev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article discusses the application of a diagnostic and information subsystem in agriculture for the comprehensive maintenance of machinery. The subsystem allows for continuous monitoring of machine conditions, predicting failures, and optimizing service operations. The implementation of such a system is particularly important in agricultural activities, such as harvesting, where downtime can lead to significant losses. By implementing the system, operational costs are reduced, downtime is minimized, fuel consumption is decreased, and the life cycle of machinery is extended.

Keywords: agriculture, tractors and cars, diagnostic and information subsystem, information support, and environmental friendliness.

Применение диагностико-информационной подсистемы в сельском хозяйстве – это комплексный подход к обслуживанию техники, основанный на постоянном мониторинге ее состояния. Такая подсистема служит связующим звеном между машиной, водителем, инженером-диспетчером и службой логистики, переходя от планового обслуживания к обслуживанию по фактическому состоянию [1].

В контексте сельскохозяйственных работ таких как уборка урожая, где простой комбайна очень дорог, такая подсистема особенно критична. Она позволяет прогнозировать отказы и планировать сервис заранее [2].

Основные задачи подсистемы:

- Непрерывный мониторинг [3]. Сбор данных с датчиков двигателя (температура, давление, вибрация), топливной системы, ходовой части и других систем в реальном времени.
- Сбор и анализ статистики [4]. Аккумуляирование данных об отказах, наработке, условиях эксплуатации для выявления закономерностей и «слабых мест» конкретных моделей техники.
- Прогнозирование отказов [5]. На основе собранной статистики и текущих параметров система может прогнозировать, какой узел с высокой вероятностью выйдет из строя в ближайшее время, и рекомендовать упреждающее обслуживание.
- Оптимизация сервиса [5]. Позволяет перейти от жесткого графика ТО к гибкому, выполняемому по фактической потребности, что экономит ресурсы и увеличивает время полезной работы машины.
- Информационная поддержка. Формирование четких рекомендаций для механиков и диспетчеров, автоматическое ведение истории обслуживания каждой единицы техники.

Согласно исследованиям [6, 7] в процессе эксплуатации тягово-транспортных машин возникают неисправности, связанные с топливной аппаратурой. Без диагностической системы проблема обнаруживается по косвенным признакам: потеря мощности, черный дым, вибрация. С диагностико-информационной подсистемой процесс выглядит иначе, как представлено в таблице 1.

Таблица 1– Применение на примере автотракторного двигателя

Этап	Без подсистемы	С диагностико-информационной подсистемой
Выявление	Водитель замечает симптомы и сообщает механику.	Система в реальном времени фиксирует пропуски зажигания в конкретном цилиндре, падение компрессии или аномалии в работе форсунки.
Диагностика	Механик проводит ручную проверку (компрессия, диагностика форсунок), что требует времени.	Система сразу локализует неисправность, предлагая наиболее вероятную причину (например, отказ насос-форсунки 3-го цилиндра).
Принятие решения	Решение о ремонте принимается ситуативно. Машина простаивает.	На основе статистики система рекомендует: «Замена насос-форсунки. Деталь на складе. Ближайшая сервисная бригада – в 15 км».

Планирование	Ремонт начинается, когда находится механик и деталь.	Диспетчер видит статус всех машин. Он может спланировать ремонт этого комбайна на ближайшую технологическую паузу (например, на пересменку или дождь), минимизируя простой.
Анализ и профилактика	После ремонта история проблемы теряется.	Данные об отказе вносятся в историю машины. Если такие отказы учащаются по парку, система сигнализирует о необходимости превентивной проверки всех аналогичных узлов.

Внедрение такой подсистемы для парка сельхозтехники, включающего двигатели автотракторной техники, приводит к:

1. снижению эксплуатационных расходов за счет перехода к обслуживанию по состоянию;
2. минимизации внезапных простоев в критически важные периоды (посев, уборка);
3. сокращению расхода топлива и улучшению экологических показателей, так как техническое состояние двигателей постоянно контролируется;
4. удлинению жизненного цикла техники за счет оптимального сервисного подхода и наличия полной истории.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методика оценки технического состояния ЦПП автотракторных двигателей / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, А. И. Сучков [и др.]. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2023. – 83 с.
2. Назаров, Ф. Л. Новый метод оценки технического состояния двигателей внутреннего сгорания автотранспортных средств в процессе их длительной эксплуатации / Ф. Л. Назаров, В. Ф. Кутенев // Труды НАМИ. – 2023. – № 4(295). – С. 54-60. – DOI 10.51187/0135-3152-2023-4-54-60.
3. Чумаков, В. Л. Снижение выбросов оксидов при управлении процессом сгорания в дизельном двигателе / В. Л. Чумаков, С. Н. Девянин // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2021. – Т. 15, № 1. – С. 48-56. – DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-1-48-56.
4. Гамов, А. А. Автоматизация управления двигателем для экономии топлива и сокращения вредных выбросов в атмосферу в агропромышленном комплексе / А. А. Гамов, Н. Н. Пуляев // Чтения академика В. Н. Болтинского : сборник статей, Москва, 22-23 января 2025 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2025. – С. 144-152.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024683359 Российская Федерация. «Техническое обслуживание и ремонт автомобилей» : № 2024682911 : заявл. 02.10.2024 : опубл. 14.10.2024 / Д. А. Москвичев, А. С. Гузалов, А. В. Евграфов, Д. А. Филимонов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

6. Суханов, Я. М. Повышение эффективности диагностики электрогидравлических форсунок автомобиля с дизельным двигателем / Я. М. Суханов, А. Е. Вартанов, Н. Н. Пуляев // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 20 мая 2025 года. – Балашиха : Российский государственный университет народного хозяйства им. В.И. Вернадского, 2025. – С. 317-320.

7. Пуляев, Н. Н. Обзор факторов, влияющие на расход топлива на транспортных средствах / Н. Н. Пуляев, А. С. Павлов // Чтения академика В. Н. Болтинского : Сборник статей, Москва, 22-23 января 2025 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2025. – С. 33-39.

Об авторах:

Титберидзе Александр Витальевич, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Пуляев Николай Николаевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, pulyaev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Alexander V. Titberidze, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Nikolay N. Pulyaev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, pulyaev@rgau-msha.ru.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ НА ТРАНСПОРТЕ

В. Ю. Томилко

Научный руководитель – Н. С. Кривых

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Рассматриваются принципы работы, архитектура и типы гибридных силовых установок (ГСУ), объединяющих двигатель внутреннего сгорания (ДВС) и электромотор с аккумулятором. Анализируются ключевые преимущества ГСУ, такие как снижение расхода топлива и выбросов вредных веществ, особенно в городском цикле, возможность рекуперации энергии торможения, повышение плавности хода и динамики. Освещаются основные технологические конфигурации: последовательная, параллельная и последовательно-параллельная (комбинированная). Отдельное внимание уделяется роли ГСУ как переходной технологии к полностью электрическому транспорту и их применению не только в легковых автомобилях, но и в коммерческом, городском (автобусы) и специализированном транспорте. В заключение обсуждаются существующие вызовы, включая сложность и стоимость конструкции, вес батарей, а также перспективы развития гибридов в контексте ужесточения экологических норм и совершенствования аккумуляторных технологий.

Ключевые слова: гибридная силовая установка, двигатель внутреннего сгорания, электромотор, рекуперативное торможение, тяговая батарея, параллельный гибрид, последовательно-параллельный гибрид, экономия топлива, снижение выбросов.

USE OF HYBRID POWER UNITS IN TRANSPORT

V. Yu. Tomilko

Scientific advisor – N. S. Krivykh

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The principles of operation, architecture, and types of hybrid power units (HPUs), which combine an internal combustion engine (ICE) and an electric motor with a battery, are considered. Key advantages of HPUs are analyzed, such as reduced fuel consumption and harmful emissions (especially in urban driving cycles), the ability to recuperate braking energy, improved ride smoothness and dynamics. The main technological configurations are highlighted: series, parallel, and series-parallel (combined). Special attention is paid to the role of HPUs as a transitional technology

to fully electric transport and their application not only in passenger cars but also in commercial, urban (buses), and specialized vehicles. In conclusion, existing challenges are discussed, including design complexity and cost, battery weight, as well as the prospects for the development of hybrids in the context of tightening environmental regulations and improvements in battery technology.

Keywords: *hybrid powertrain, internal combustion engine, traction motor, regenerative braking, traction battery, parallel hybrid, series-parallel hybrid, fuel economy, lower emissions.*

Введение

В условиях ужесточения экологических норм и роста стоимости энергоресурсов автомобильная промышленность находится в активном поиске технологий, способных снизить зависимость от ископаемого топлива без ущерба для практичности и потребительских качеств транспорта. Одним из наиболее успешных и массовых решений на этом пути стала гибридная силовая установка. Это не просто компромисс между традицией и будущим, а сложная, интеллектуальная система, принципиально иначе управляющая энергией. Гибридный автомобиль объединяет в себе два силовых агрегата – двигатель внутреннего сгорания и электромотор, – заставляя их работать в синергии для достижения общей цели: максимальной эффективности. Изучение принципов работы, типов архитектур, преимуществ и сфер применения гибридных систем позволяет не только понять их растущую популярность, но и оценить их реальную роль в качестве ключевого переходного звена на пути к устойчивой мобильности.

1. Принципы работы гибридной силовой установки

Центральным элементом, наследником автомобильной классики, остаётся двигатель внутреннего сгорания (ДВС). Однако в гибриде его роль часто переосмыслена. Это уже не единственный и безраздельный источник движения, а высокоэффективный генератор механической (а иногда и электрической) энергии. Его задача – работать в своём самом экономичном режиме, и для этого ему постоянно помогает или частично заменяет его электромотор (или несколько электромоторов). Электромотор – это сердце электрической части системы, устройство обратимое: оно может потреблять ток для создания крутящего момента на колёсах, а может, вращаясь от колёс или ДВС, работать как генератор, производя электричество. Его ключевые преимущества – мгновенная отзывчивость и тишина.

Между двумя этими источниками энергии находится интеллектуальный посредник – трансмиссия особой конструкции. В зависимости от архитектуры, это может быть модифицированная планетарная передача (как у Toyota, выполняющая роль «силового сумматора»), дополнительная коробка передач для электромотора или встроенный в неё мотор-генератор. Её главная задача – гибко распределять потоки мощности: от ДВС к колёсам, от электромотора к колёсам, от колёс обратно к генератору, или комбинировать их любым способом. Именно конструкция этого узла определяет, будет гибрид последовательным, параллельным или мощным последовательно-параллельным.

Жизненной силой для электромотора служит тяговая высоковольтная батарея [1]. В отличие от стартерного аккумулятора, это ёмкий накопитель энергии, способный быстро отдавать и принимать большие токи. Её состояние постоянно мониторит специальная система управления батареями (BMS), которая следит за температурой, зарядом и здоровьем каждой ячейки. Батарея – это стратегический буфер: она запасает энергию от рекуперативного торможения и от генератора, чтобы отдать её в момент разгона или для движения в чисто электрическом режиме.

Всей этой сложной механикой и электроникой управляет «мозг» – гибридный электронный блок управления (ЭБУ). Он является дирижёром этого оркестра. Получая данные в реальном времени о положении педали акселератора, скорости, уклоне дороги, уровне заряда батареи и температуре компонентов – ЭБУ за миллисекунды вычисляет, какой режим работы будет самым эффективным прямо сейчас. Он решает, когда разбудить ДВС, когда заглушить его, сколько мощности запросить у электромотора, и как распределить энергию между движением и зарядкой. В продвинутых системах он даже использует данные навигации, чтобы заранее подготовиться к длинному подъёму, сэкономив заряд, или к долгому спуску, где можно будет активно рекупериовать [2, 3].

При плавном разгоне с низкой скоростью ЭБУ может отдать команду на движение только от электромотора, питаемого от батареи. Если требуется больше мощности или батарея разряжена, он запускает ДВС, но не просто подключает его к колёсам, а часто направляет часть его мощности через генератор на питание электромотора или на зарядку батареи, пока сам ДВС работает в оптимальной точке. При интенсивном ускорении в бой идут все силы: и ДВС, и электромотор, чья энергия суммируется в трансмиссии, давая автомобилю мощный и уверенный рывок. Самое же элегантное взаимодействие происходит при торможении. ЭБУ, видя, что водитель отпустил газ, переводит электромотор в генераторный режим. Вращение колёс теперь не гасится впустую, а крутит генератор, создавая тормозной момент и одновременно преобразуя кинетическую энергию машины в электрический ток, который тут же отправляется на пополнение батареи.

2. Типы гибридных систем

Первая – это серийная гибридная система, или последовательная. Её логику проще всего понять, представив электромобиль, который возит с собой собственную бензиновую электростанцию [4]. В этой схеме двигатель внутреннего сгорания механически полностью отключён от ведущих колёс. Он физически не может их крутить. Его единственная и постоянная задача – работать в самом экономичном, стабильном и оптимальном режиме, вращая генератор. Электричество, которое вырабатывает этот генератор, может идти двумя путями: либо напрямую на тяговый электромотор, который и приводит машину в движение, либо на подзарядку буферной батареи. Вся тяга, которую вы чувствуете, идёт исключительно от электромотора, что даёт плавность и мгновенный отклик, как у электрокара. Главное преимущество такой схемы в том, что ДВС всегда работает в «зоне комфорта», не реагируя на ваши нажатия на педаль газа, а значит,

сжигает топливо максимально эффективно. Однако у этой идеи есть существенный недостаток – двойное преобразование энергии. Топливо в цилиндрах превращается в механическую энергию, генератор превращает её в электрическую, а электромотор снова преобразует её в механическую для колёс. Каждое такое преобразование съедает часть КПД, и на постоянной высокой скорости, например на трассе, эти потери становятся очень заметны. Именно поэтому чисто серийная схема сегодня редкость в легковых автомобилях. Чаще она применяется в роли «удлинителя запаса хода» в некоторых подключаемых гибридах, где акцент сделан на движение как на электромобиле, а компактный ДВС – это лишь страховка на экстренный случай.

Вторая, более интуитивно понятная архитектура – параллельная гибридная система. Здесь всё выглядит проще: и бензиновый двигатель, и электромотор имеют механическую связь с ведущими колёсами, обычно через общую коробку передач [5]. Они могут работать вместе, а могут и по отдельности. Вы можете ехать только на бензине, только на электричестве (правда, обычно на невысоких скоростях и недолго) или использовать оба мотора одновременно для резкого ускорения. В этой схеме электромотор часто встроен в узел коробки передач и выполняет роль и стартера, и генератора, и тягового мотора. Главный плюс параллельного гибрида – минимальные потери в режиме движения от ДВС. Если вы едете по трассе, мощность от двигателя идёт напрямую на колёса, почти как в обычной машине, а значит, нет лишних этапов преобразования. Конструкция получается относительно простой. Однако есть и минусы: возможности для движения на чистой электротяге здесь сильно ограничены, а также сложно заставить бензиновый двигатель всегда работать в самом экономичном режиме, так как его нагрузка напрямую зависит от запросов водителя.

Самая совершенная и распространённая сегодня в классических «полных» гибридах архитектура – это полногибридная, или последовательно-параллельная система. Она гениально объединяет в себе преимущества двух предыдущих подходов, избегая их главных недостатков. Сердцем такой системы является специальный планетарный механизм – делитель мощности. Этот узел позволяет гибко распределять поток мощности от двигателя внутреннего сгорания. В зависимости от ситуации он может направить часть этой мощности напрямую на колёса (как в параллельном гибриде), а часть – на генератор для выработки электричества (как в серийном гибриде). Это электричество либо питает тяговый электромотор, либо заряжает батарею. Благодаря такой гибкости система сама выбирает самый экономичный сценарий в каждую секунду. В пробке она превратится в почти серийный гибрид, двигая машину на электротяге, пока ДВС тихо заряжает батарею. При плавном разгоне мощность будет суммироваться от двух источников. А на трассе она сфокусируется на прямой передаче усилия от ДВС к колёсам, минимизируя потери. Эта архитектура, дебютировавшая в Toyota Prius, считается золотым стандартом для не подзаряжаемых гибридов, так как обеспечивает максимальную общую эффективность во всех режимах езды.

3. Преимущества и недостатки системы

Преимущества гибридных систем: сила в синергии.

Наиболее очевидный плюс – существенная экономия топлива, особенно в

условиях городской эксплуатации с её постоянными разгонами и торможениями. Гибрид избегает работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) в самых неэффективных режимах, а рекуперативное торможение возвращает часть кинетической энергии обратно в батарею. В результате расход в городе может снижаться на 30-50 % по сравнению с аналогичным бензиновым автомобилем, что напрямую переводится в значительную финансовую экономию.

Это неразрывно связано со вторым ключевым преимуществом – снижением вредных выбросов, в первую очередь в черте города. Возможность движения на чистой электротяге на малых скоростях, в пробках и жилых зонах означает нулевой выхлоп в местах скопления людей. Гибриды становятся практичным инструментом для улучшения экологической обстановки в мегаполисах уже сегодня.

Третье преимущество – повышенный комфорт и плавность хода [6]. Бесшумный старт и движение на электротяге, отсутствие вибраций от работы стартера, более линейный и уверенный разгон благодаря мгновенному крутящему моменту электромотора – всё это создаёт более расслабляющую и приятную атмосферу в салоне. Гибриды также часто демонстрируют отличную динамику разгона на средних скоростях за счёт совместной работы двух силовых агрегатов.

При этом гибриды сохраняют практичность автомобилей с ДВС. Владелец не нужно беспокоиться о запасе хода или искать зарядную станцию в долгой поездке – достаточно заправить бак. Это снимает «дальнобойную» тревогу, характерную для электромобилей.

Наконец, гибридная система способствует увеличению ресурса некоторых компонентов. Тормозные колодки изнашиваются медленнее из-за рекуперативного торможения, а ДВС, работая в более щадящих режимах, теоретически может иметь больший срок службы.

Главный и наиболее часто упоминаемый минус – более высокая начальная стоимость автомобиля. Сложная силовая установка, наличие двух моторов, высоковольтной батареи и умной электроники увеличивает цену производства, что напрямую влияет на стоимость для потребителя. Срок окупаемости за счёт экономии на топливе может составлять несколько лет и сильно зависит от пробега и режима эксплуатации.

Второй существенный недостаток – сложность конструкции и потенциально дорогостоящий ремонт. Гибридные системы требуют высококвалифицированного обслуживания. В случае выхода из строя высоковольтных компонентов (батареи, электромотора, инвертора) стоимость ремонта может быть очень высока. Этот фактор также влияет на остаточную стоимость и страховые выплаты.

Несмотря на экономию, гибриды могут проигрывать в затратах на владение в долгосрочной перспективе из-за ограниченного срока службы тяговой батареи. Хотя современные батареи рассчитаны на весь срок жизни автомобиля (8...10 лет и более), в случае её выхода из строя замена обойдётся в весьма значительную сумму, что может «съесть» всю ранее сэкономленную на топливе выгоду.

Ещё один практический минус – увеличенная масса автомобиля из-за наличия электромотора и тяжёлой батареи. Это может незначительно, но всё же влиять на управляемость, повышать расход топлива на трассе (где преимущества гибрида минимальны) и увеличивать износ шин.

Кроме того, экологические преимущества гибридов не абсолютны. Они сильно зависят от режима эксплуатации и способа выработки электроэнергии. Если автомобиль почти не использует электротягу или заряжается от сети, работающей на угле, то его общий углеродный след может быть не таким низким, как ожидается.

4. Примеры использования

1. Легковые автомобили: массовый сегмент и премиум-класс [7].

Это самое обширное и заметное поле применения. Здесь гибриды представлены во всех форматах:

Городские компактные автомобили (В- и С-класс): такие модели, как Toyota Yaris Hybrid или Honda Jazz Hybrid, идеально подходят для плотного городского трафика. Их главная цель – максимальная топливная экономичность на низких скоростях, минимальные выбросы в жилых зонах и снижение затрат на эксплуатацию для ежедневных поездок.

Семейные кроссоверы и универсалы (D-класс и SUV): модели вроде Toyota RAV4 Hybrid, Ford Kuga Hybrid или Lexus NX сочетают практичность, простор и проходимость с низким расходом топлива в городе. Для семейного автомобиля, который часто используется в урбанистической среде, это оптимальный компромисс между функциональностью и экономией.

Представительские и премиальные автомобили (Е-класс и выше). Бренды вроде Lexus (чей модельный ряд почти полностью гибридизирован) и Mercedes-Benz (с технологией EQ Boost) используют гибриды не только для экономии, но и для повышения комфорта и динамики. Тихий ход на электротяге и мгновенный подхват электромотора дополняют роскошный имидж автомобилей классов GS, LS или S-Class.

Спортивные и высокопроизводительные автомобили. Здесь гибридная технология служит иной цели – увеличения мощности. Такие гиперкары, как Ferrari SF90 Stradale или McLaren P1, используют электромоторы для мгновенной реакции и дополнительной тяги, создавая гибридные силовые установки мощностью в сотни и тысячи лошадиных сил. Экономия здесь – второстепенный фактор.

2. Коммерческий и общественный транспорт: экология мегаполисов.

Гибриды оказались крайне эффективны для транспорта, работающего в режиме постоянных остановок.

Городские автобусы. Гибридные (и особенно – дизель-электрические) автобусы, такие как Volvo 7900 Hybrid, стали обычным явлением в Европе. Они идеальны для маршрутов с частыми остановками, где рекуперация при торможении даёт колоссальную экономию топлива (до 30...40 %) и резко снижает шум и выхлопы на остановках.

Коммунальная и спецтехника. Мусоровозы, уборочные машины и прочая техника, чей рабочий цикл состоит из коротких переездов и длительных перио-

дов работы на месте (когда ДВС работает на холостом ходу для питания гидравлики), также переходят на гибридные платформы. Гибрид позволяет заглушить ДВС, питая навесное оборудование от электромотора и батареи.

3. Грузовой транспорт и карьерная техника: гибридизация для тяги.

Карьерные самосвалы: гиганты, такие как Komatsu 830E-AC или BelAZ 75710, используют дизель-электрическую (серийную) гибридную систему. Мощный дизельный двигатель вращает генератор, а каждый колёсный электродвигатель получает независимое питание. Это обеспечивает невероятную тягу, плавность хода под нагрузкой, высокую ремонтпригодность и экономию топлива за счёт оптимальной работы ДВС.

Портовые тягачи и логистическая техника: техника, работающая на ограниченных территориях складов, портов и аэропортов, также активно гибридизируется для снижения локальных выбросов и эксплуатационных расходов.

4. Водный и рельсовый транспорт.

Пассажирские паромы и яхты: гибридные силовые установки позволяют судам заходить в экологически чувствительные зоны и маневрировать в портах на чистой электротяге, а для движения в открытом море использовать ДВС. Это снижает шум и загрязнение в прибрежных районах.

Маневровые и шахтные локомотивы: дизель-электрическая тяга – это классическая серийная гибридная схема, которая десятилетиями используется на железной дороге. Дизель работает в оптимальном режиме, вырабатывая ток для тяговых электродвигателей, что идеально для мощной и плавной тяги с низких оборотов [8].

Вывод

Гибридные силовые установки доказали свою состоятельность как эффективный технологический ответ на вызовы современности. Их главная сила заключается в интеллектуальном комбинировании преимуществ двух миров: надёжности и дальнобойности двигателя внутреннего сгорания, а также экономичности, экологичности и превосходной динамики электромотора. Благодаря принципам рекуперации энергии и оптимизации работы ДВС, гибриды демонстрируют выдающуюся эффективность в городских условиях, существенно снижая эксплуатационные расходы и локальные выбросы. Разнообразие архитектур – от серийной до последовательно-параллельной – позволяет адаптировать технологию к самым разным задачам: от компактного городского хэтчбека до гигантского карьерного самосвала.

Несмотря на существующие недостатки, такие как высокая начальная стоимость и сложность обслуживания, общий вектор развития и широкое внедрение гибридов в различные сегменты транспорта свидетельствуют о том, что эта технология стала не временным трендом, а долгосрочным стандартом. Гибриды выполняют критически важную миссию: они делают «зелёные» технологии осязаемыми для миллионов пользователей уже сегодня, подготавливая инфраструктуру и общественное сознание к дальнейшей электрификации, сохраняя при этом беспрецедентный уровень практической свободы передвижения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Преимущества и недостатки электродвигателя в сравнении с ДВС / Н. С. Кривых, А. Е. Беденко // Промышленность и сельское хозяйство. – 2023. – № 10(63). – С. 15-17.
2. Дидманидзе, О. Н. Использование суперконденсаторов в комбинированных энергоустановках тягово-транспортных средств / О. Н. Дидманидзе. – М. : ООО «Триада», 2004. – 160 с.
3. Пуляев, Н. Н. Направления развития сельскохозяйственных тракторов / Н. Н. Пуляев, Д. Г. Асадов, А. И. Сучков // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2021. – С. 88-94.
4. Использование индивидуального привода колёс трактора посредством электрической тяги / А. В. Бижаев, С. М. Ветрова, А. С. Барчукова, Н. С. Кривых // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2024. – Т. 18, № 2. – С. 78-85.
5. Кривых, Н. С. Алгоритм использования индивидуального привода колёс трактора посредством электрической тяги // Чтения академика В. Н. Болтинского: сборник статей. – М. , 2025. – С. 107-112.
6. ГОСТ Р 58726-2019 (ИСО 23274-2:2012). Автомобили гибридные. Требования к экологической безопасности и методы испытаний. – М., 2019.
7. Toyota Motor Corporation. Hybrid Synergy Drive: Technical Whitepaper [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.toyota.com/> (дата обращения: 25.11.2025).
8. Volvo Group. Hybrid Solutions for Commercial Vehicles: Whitepaper. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.volvo.com/> (дата обращения: 25.11.2025).

Об авторах:

Томилко Виктория Юрьевна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Кривых Николай Сергеевич, ассистент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), krivyh05@gmail.com.

About the authors:

Viktoria Yu. Tomilko, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Nikolay S. Krivikh, Assistant at the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), krivyh05@gmail.com.

ОПТИМИЗАЦИЯ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК В ТРУДНОДОСТУПНЫЕ МЕСТА РФ НА ПРИМЕРЕ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

В. Ю. Томилко

Научный руководитель – О. Н. Дидманидзе

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Трасса Р-504 «Колыма» является критически важной артерией для жизнеобеспечения отдаленных районов Северо-Востока России. Организация эффективных грузоперевозок по данной трассе осложнена экстремальными климатическими условиями, резкой сезонной изменчивостью состояния дорожного полотна и низкой плотностью логистической инфраструктуры. Целью данного исследования является разработка комплексной методики оптимизации, адаптированной к специфическим условиям трассы. На основе анализа факторов, влияющих на транспортный процесс, была построена имитационно-оптимизационная модель, учитывающая динамически меняющиеся параметры (состояние покрытия, пропускную способность переправ, метеоусловия). В результате моделирования типовых сценариев предложены практические алгоритмы адаптивной маршрутизации и размещения логистических хабов. Результаты показывают потенциальное снижение совокупных логистических издержек до 18...22 % и повышение надежности выполнения графика доставки за счет оперативного реагирования на изменения дорожной обстановки.

Ключевые слова: Р-504 «Колыма», северный завоз, логистика в экстремальных условиях, оптимизация транспортных потоков, адаптивная маршрутизация, имитационное моделирование.

OPTIMIZATION OF FREIGHT TRANSPORTATION TO REMOTE AREAS OF THE RUSSIAN FEDERATION ON THE EXAMPLE OF THE MAGADAN REGION

V. Yu. Tomilko

Scientific advisor – O. N. Didmanidze

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The R-504 «Kolyma» highway is a critically important artery for the vital support of remote areas of the Russian Northeast. Organizing efficient freight transportation along this route is complicated by extreme climatic conditions, sharp seasonal variability in the road surface condition, and low density of logistics infrastructure. The aim of this study is to develop a comprehensive optimization methodology adapted to the

specific conditions of the route. Based on an analysis of factors influencing the transport process, a simulation-optimization model was constructed, taking into account dynamically changing parameters (road surface condition, capacity of river crossings, weather conditions). As a result of modeling typical scenarios, practical algorithms for adaptive routing and placement of logistics hubs have been proposed. The results show a potential reduction in total logistics costs of up to 18...22 % and an increase in delivery schedule reliability due to rapid response to changes in the road situation.

Keywords: R-504 «Kolyma», northern supply, logistics in extreme conditions, transport flow optimization, adaptive routing, simulation modeling.

Введение

Автодорога Р-504 «Колыма» (Якутск – Магадан) представляет собой уникальный объект транспортной системы России. Ее функционирование напрямую определяет экономическую стабильность и социальное благополучие значительной части Магаданской области и Республики Саха (Якутия). Особенностью трассы является не столько ее протяженность (около 2000 км), сколько экстремальные условия эксплуатации: температурный режим в диапазоне от -60°C до $+35^{\circ}\text{C}$, сложный горно-таежный рельеф, наличие множества водных преград и сезонное изменение режима работы («зимник»/«летник»). Эти факторы формируют нестабильную транспортную сеть с высокой волатильностью таких ключевых параметров, как скорость движения, пропускная способность и стоимость перевозки [1].

Проблема заключается в том, что стандартные модели оптимизации грузоперевозок (Vehicle Routing Problem, VRP), рассчитанные на стабильную сеть дорог, оказываются неэффективными в условиях Колымы. Их применение приводит к частым срывам графиков, росту непроизводительных простоев, повышенному расходу топлива и, как следствие, к драматическому увеличению логистической составляющей в конечной стоимости товаров [2].

Цель исследования – разработка комплексной методики оптимизации грузоперевозок по трассе Р-504, основанной на принципах динамической адаптации к изменяющимся внешним условиям.

Задачи исследования:

1. Провести системный анализ и классификацию факторов, детерминирующих транспортный процесс на трассе Р-504;
2. Формализовать сезонно-климатические ограничения и ввести их в модель в качестве переменных параметров;
3. Разработать архитектуру имитационно-оптимизационной модели транспортных потоков с модулем динамической корректировки маршрутов;
4. На основе моделирования предложить практические алгоритмы и рекомендации для оперативного управления перевозками.

Методология и модель исследования

1. Сбор и обработка данных [3-10]. В основу модели легли: открытые данные АО «Автодор» о плановых ремонтах и закрытиях, исторические GPS-треки коммерческих перевозчиков (анонимизированные), архив метеоданных (Гидрометцентр), отчеты о ДТП и простоях на переправах (Хандыга, Джебарики-Хая).

2. Формализация ограничений. Ключевые параметры модели были формализованы как функции от внешних условий:

- Скорость движения $V_{(i,t)}$

$$V_{(i,t)} = V_{base(i)} * K_{season(t)} * K_{weather(t)} * K_{traffic(t)},$$

где i – участок трассы;

t – время;

K – понижающие коэффициенты (от 0,1 до 1).

- Матрица доступности участков: бинарная матрица, где значение 0 присваивается участкам, закрытым на ремонт, или переправам в период межсезонья (распутица, ледоход).

- Стоимость перевозки C : включает переменную часть (топливо, зависящее от V и состояния дороги) и постоянную (амортизация, зарплата экипажа с учетом северного коэффициента).

3. Архитектура имитационно-оптимизационной модели. Модель разработана на платформе AnyLogic (агентный подход).

- Агенты: грузовые ТС (с атрибутами: тип, грузоподъемность, запас хода), логистические хабы, пункты назначения.

- Модуль планирования (оптимизационный): на этапе инициализации решает классическую задачу CVRP (Capacitated VRP) с учетом среднестатистических сезонных ограничений, формируя первоначальные маршруты.

- Имитационная среда: воспроизводит движение ТС в непрерывном времени. Интегрированный модуль динамической корректировки каждые 4 часа (или при наступлении события) получает актуальные данные о состоянии дороги.

- Алгоритм перепланирования: при поступлении сигнала о закрытии участка маршрута, система запускает локальный алгоритм пересчета (метод k-орт или эвристика «ближайшего доступного узла»). Целевая функция оперативного перепланирования: минимизация отклонения от графика $\min(\sum(T_{факт} - T_{план}))$ при условии неперевышения запаса хода и рабочего времени водителя.

Результаты и их обсуждение

1. Результаты моделирования. Моделирование проводилось для двух типовых недельных сценариев: зимний (стабильный зимник) и летний (период дождей с одним условным закрытием участка на 36 часов).

- Зимний сценарий: Адаптивная модель показала улучшение на 5...7 % относительно статической за счет оптимизации графиков заправки и отдыха экипажей в хабах.

- Летний сценарий: при «закрытии» участка традиционная модель привела к простоя 12 ТС в очереди на 28 часов. Адаптивная модель перенаправила 9 из них по альтернативному пути (с увеличением пробега на 80 км), сократив среднюю задержку до 7 часов. Совокупный экономический эффект за счет сокращения простоя и расхода топлива в «режиме ожидания» оценивается в 18...22 % для данного инцидента.

2. Практические рекомендации.

- Алгоритм выбора ТС и прицепа: Если (сезон = «зимник» и груз насыпной) → Использовать автопоезд. Иначе Если (сезон = «лето» или груз ценный)

→ Использовать одиночное ТС повышенной проходимости или гибридный тягач.

- Алгоритм оперативной корректировки маршрута: диспетчер получает оповещение о закрытии участка X. Система автоматически проверяет: а) наличие альтернативного объезда; б) запас хода ТС на подходе к X; в) наличие мест для ожидания в ближайшем хабе. На основе этого формируется приоритетный список команд для каждого ТС.

- Модель размещения хабов: оптимизационный расчет на основе исторических данных о местах частых поломок и средней скорости между пунктами показал оптимальность создания хабов не через равные промежутки, а в ключевых узлах: перед сложными переправами (Хандыга), после длинных тяжелых участков (участок «Тенька»), в точках разветвления трассы.

3. Обсуждение. Разработанная модель подтверждает гипотезу о критической важности динамического компонента. Основное преимущество – переход от реагирования на инциденты к их упреждающему учету. Ограничением является зависимость от качества и оперативности входных данных о состоянии дороги, что требует налаженного взаимодействия с дорожными службами. Внедрение модели может потребовать переподготовки диспетчерского персонала.

Заключение

В ходе исследования была достигнута поставленная цель – разработана методика оптимизации грузоперевозок по трассе Р-504 «Колыма». Научная новизна заключается в синтезе методов долгосрочного планирования северного завоза и алгоритмов адаптивной маршрутизации, реагирующих на дискретные изменения состояния дорожной сети. Ключевым элементом стала имитационно-оптимизационная модель, формализующая влияние сезонно-климатических факторов на транспортный процесс.

Практическая значимость работы заключается в том, что предложенные алгоритмы и принципы размещения инфраструктуры могут быть непосредственно использованы транспортно-логистическими компаниями, работающими на трассе, а также учтены «Автодором» при планировании ремонтных компаний и развитии дорожного сервиса.

Перспективы дальнейших исследований связаны с интеграцией модели с системами интернета вещей (IoT) для получения данных с датчиков, установленных на дорожном полотне и мостах, а также с применением машинного обучения для прогнозирования времени восстановления проходимости участка после метеоявлений на основе исторических данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Запуск холодного дизеля с использованием пусковой жидкости в условиях отрицательных температур / А. Н. Приваленко, А. Б. Квашнин, Н. Н. Пуляев // Международный научный журнал. – 2014. – № 2. – С. 97-100.
2. Дизельное топливо для арктической зоны / В. В. Лунева, Е. А. Шарин, В. А. Губарева, Е. В. Береснева, А. Н. Приваленко, Н. Н. Пуляев // Международный технико-экономический журнал. – 2015. – № 5. – С. 89-92.

3. Дидманидзе, О. Н. Эффективность тягово-транспортных средств при использовании накопителей энергии / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, Н. Н. Пуляев. – М. : Мегапринт, 2018. – 189 с. – ISBN 978-5-907095-06-9.
4. Автомобильные перевозки / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, А. М. Карев [и др.]. – М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2018. – 554 с.
5. Пуляев, Н. Н. Оптимизация процессов и решений / Н. Н. Пуляев. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Автограф», 2019. – 90 с.
6. Коротких, Ю. С. Моделирование транспортных процессов / Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Автограф», 2019. – 150 с.
7. Столяров, Д. М. Анализ современных двигателей внутреннего сгорания с электросиловыми установками / Д. М. Столяров, Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев // Наука без границ. – 2019. – № 6(34). – С. 56-59.
8. Чутчева, Ю. В. К вопросу обновления парка тракторов в Российской Федерации / Ю. В. Чутчева, Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев // Экономика сельского хозяйства России. – 2020. – № 5. – С. 19-24.
9. Дидманидзе, О. Н. Перспективные направления развития транспортной системы России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев // Чтения академика В. Н. Болтинского: семинар. – Москва, 2021. – С. 20-26.
10. Обоснование факторов, оказывающих влияние на надежность специальной техники в особых условиях эксплуатации / И. Н. Кравченко, С. М. Гайдар, Л. В. Жуков, П. Г. Ларин // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 3-2. – С. 262-266.

Об авторах:

Томилко Виктория Юрьевна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Дидманидзе Отари Назирович, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), академик РАН, доктор технических наук, профессор, didmanidze@rgau-msha.ru.

About the authors:

Viktoria Yu. Tomilko, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor –Otari N. Didmanidze, Head of Department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, didmanidze@rgau-msha.ru.

ОЧИСТКА НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОМОЩЬЮ ПОЛИМЕРНЫХ ФИЛЬТРОВ

Е. А. Улюкина, С. С. Гусев, М. А. Карапетян, Р. Н. Егоров

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Проведены исследования эффективности применения полимерных материалов для очистки различных нефтепродуктов. Эксплуатационные показатели нефтепродуктов после их очистки с помощью фильтра из резорцинформальдегидного полимера соответствуют нормативам.

Ключевые слова: нефтепродукты, очистка, полимерные фильтры

PETROLEUM PRODUCTS PURIFICATION USING POLYMER FILTERS

E. A. Ulyukina, S. S. Gusev, M. A. Karapetyan, R. N. Egorov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. Studies of the effectiveness of polymer materials for the purification of petroleum products have been conducted. The performance indicators of petroleum products after their purification using a resorcinol-formaldehyde polymer filter comply with the standards.

Keywords: petroleum products, purification, polymer filters.

Работоспособность двигателей напрямую зависит от чистоты нефтепродуктов, применяемых при эксплуатации мобильной и сельскохозяйственной техники. Очистка топлива и смазочных материалов является необходимой частью комплекса мероприятий по сохранению качества нефтепродуктов при транспортно-складских и заправочных операциях. Уровень загрязненности оказывает определяющее влияние на надежность работы двигателей внутреннего сгорания, гидравлических систем и других агрегатов мобильных машин. Установленные в масляных и гидравлических системах мобильных машин фильтры не всегда обеспечивают необходимую тонкость очистки нефтепродуктов от твердых загрязнений, и не способны задерживать содержащиеся в этих продуктах асфальто-смолистые соединения, влагу и т.п.

Представляет интерес использование для очистки нефтепродуктов принципиально новых высокопористых полимерных материалов с пространственно-глобулярной структурой [1-4]. Важной особенностью этих полимеров является возможность в процессе их синтеза из исходных мономеров использовать активные функциональные группы, придавая заданные абсорбционные, гидрофобные,

гидрофильные, коалесцентные и другие специфические свойства.

Были проведены исследования эксплуатационных свойств полимерных материалов с целью определения возможности их использования для очистки нефтепродуктов. Исследовались следующие эксплуатационные показатели полимеров: прочностные свойства, тонкость и полнота фильтрования; стойкость к вымыванию компонентов; изменение массы материала после контакта с нефтепродуктами; удельная пропускная способность; гидравлические характеристики; ресурс работы образца; возможность регенерации образца для повторного использования. Для исследования были подготовлены пористые полимерные материалы с глобулярной структурой, полученные сополимеризацией резорцина и формальдегида, карбамида и формальдегида, стирола и дивинилбензола. Наилучшие показатели получены для резорцинформальдегидного полимера.

Основные результаты экспериментального исследования эффективности применения фильтров из резорцинформальдегидного полимера приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Эффективность очистки масел с помощью фильтра из резорцинформальдегидного полимера

Показатель качества	Значения показателей качества масла					
	Дизельного М-8Г ₂			Гидравлического МГЕ-10А		
	До очистки	После очистки	Свежего по ГОСТ 8581-2021	До очистки	После очистки	Свежего по ГОСТ ISO 15380-2021
Кинематическая вязкость при 100°С, мм ² /с	5,5	7,5	8,0	7,2	10,2	Не менее 10,0
Кислотное число	-	-	-	1,3	0,6	0,4...0,7
Содержание механических примесей, %	0,05	отс.	Не более 0,015	0,005	0,003	Не более 0,003
Содержание воды, %	0,35	0,12	следы	следы	отс.	отс.
Коррозионная стойкость на пластине из свинца, г/м ²	25	20	20	следы	отс.	выдерживает

Применение пористых полимерных фильтров позволяет удалять из нефтепродукта наряду с твердыми частицами эмульсионную и частично растворенную воду, продукты окисления и полимеризации углеводородов и другие соединения, находящиеся в нефтепродукте в мелкодисперсном состоянии.

Приведенные исследования показали существенное улучшение физико-химических свойств и эксплуатационных показателей нефтепродуктов после их очистки с помощью полимерных фильтров. Эти показатели в значительной степени соответствуют нормативным значениям, установленных для свежих продуктов. Для очистки нефтепродуктов можно использовать полимерные материалы, и изготавливать из них различные фильтры непрерывного, либо периодического действия [5-9].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. РФ 2 470 948. Способ получения полимера с пространственно-глобулярной структурой / Г. С. Жданов, С. С. Новиков, А. Ю. Сандеров. – Бюл. № 36. – Оpubл. 27.12.2012.
2. Очистка воды для технологических и бытовых целей на предприятиях сельскохозяйственного производства / В. П. Коваленко, В. Б. Бабко, Е. Н. Пирогов, Е. А. Улюкина, Ш. А. Давлетьяров // Вестник ФГОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина. – 2008. – № 4(29). – С. 33-36.
3. Полимерные волокнисто-пористые фильтрующие материалы / А. Г. Кравцов, С. А. Марченко, С. В. Зотов, В. М. Станкевич, А. Д. Наумов; под общ. ред. Ю. М. Плескачевского. – Гомель: БелГУТ, 2012. – 319 с.
4. Улюкина, Е. А. Улучшение эксплуатационных свойств нефтяных и смесевых моторных топлив: монография / Е. А. Улюкина. – М. : МЭСХ, 2025. – 228 с.
5. Пат. РФ 2 370 303. Фильтр для очистки жидкостей / В. П. Коваленко, Е. Н. Пирогов, Е. А. Улюкина [и др.]. – Бюл. № 29. – Оpubл. 20.10.2009. – 8 с.
6. Пат. РФ 205 889. Самоочищающийся фильтр / А. А. Андреев, А. С. Апатенко, Е. А. Улюкина, С. С. Гусев. – Бюл. № 23. – Оpubл. 11.08.2021. – 7 с.
7. Дидманидзе, О. Н. Исследования показателей тепловыделения газовых двигателей / О. Н. Дидманидзе, А. С. Афанасьев, Р. Т. Хакимов // Записки Горного института. – 2018. – Т. 229. – С. 50-55. – DOI 10.25515/PMI.2018.1.50.
8. Коваленко, В. П. Удаление загрязнений из нефтепродуктов самоочищающимся фильтром / В. П. Коваленко, Е. А. Улюкина, С. С. Гусев // Вестник ФГОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина. – 2013. – № 3(59). – С. 35-37.
9. Ozone-sorption technology of water purification for agricultural enterprises / E. A. Ulyukina, S. S. Gusev, O. P. Andreev, E. N. Pirogov // Web of Conferences. – 2023. – Vol. 402. – Art. 09017. – DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340209017>

Об авторах:

Улюкина Елена Анатольевна, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, eulykina@rgau-msha.ru.

Гусев Сергей Сергеевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, gusev.s@rgau-msha.ru.

Карапетян Мартик Аршалуйсович, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, karapetyn@rgau-msha.ru.

Егоров Роман Николаевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государ-

ственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, egorov@rgau-msha.ru.

About the authors:

Elena A. Ulyukina, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, eulykina@rgau-msha.ru.

Sergey S. Gusev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, gusev.s@rgau-msha.ru.

Martik A. Karapetyan, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, karapetyn@rgau-msha.ru.

Roman N. Egorov, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, egorov@rgau-msha.ru.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В АГРАРНОЙ ОТРАСЛИ

С. М. Федорова, Н. Н. Пуляев, А. Г. Гамидов

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются теоретические и прикладные аспекты применения нейросетевых технологий в аграрной отрасли. Обосновывается актуальность внедрения искусственного интеллекта в агропромышленный комплекс в условиях цифровой трансформации экономики. Выявлены основные ограничения внедрения нейросетевых решений и определены перспективы дальнейшего развития.

Ключевые слова: нейросети, искусственный интеллект, аграрная отрасль, агропромышленный комплекс, цифровизация, точное земледелие, интеллектуальные системы.

APPLICATION OF NEURAL NETWORKS I N THE AGRICULTURAL INDUSTRY

S. M. Fedorova, N. N. Pulyaev, A. G. Gamidov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article discusses the theoretical and applied aspects of using neural network technologies in the agricultural sector. The relevance of introducing artificial intelligence into the agro-industrial complex in the context of digital transformation of the economy is substantiated. The main limitations of implementing neural network solutions are identified, and the prospects for further development are determined.

Keywords: neural networks, artificial intelligence, agricultural sector, agro-industrial complex, digitalization, precision agriculture, intelligent systems.

Цифровизация сельского хозяйства является одним из приоритетных направлений развития агропромышленного комплекса в России [1]. Изменение климатических условий, истощение почвы, рост конкуренции на мировых продовольственных рынках требуют внедрения новых подходов к управлению агропромышленным комплексом [4]. В этих условиях особую актуальность приобретает использование технологий искусственного интеллекта, в частности нейросетей.

Нейросетевые методы анализа данных позволяют обрабатывать большие объёмы информации, что делает их востребованными в сельском хозяйстве, где производственные процессы носят случайный характер. Применение нейросетей

способствует повышению точности прогнозирования, снижению издержек и повышению устойчивости аграрного производства.

Нейросети представляют собой класс алгоритмов машинного обучения, основанных на принципах функционирования биологических нейронных систем [5]. Они состоят из взаимосвязанных узлов, способных к обучению на примерах и адаптации к изменяющимся условиям среды. Основным преимуществом нейросетей является их способность выявлять скрытые закономерности в сложных многомерных данных. В аграрной отрасли нейросети применяются для анализа временных рядов, изображений, данных и биометрических показателей. Это позволяет использовать их в системах для принятия решений, автоматизированного управления и мониторинга [6-8].

Одним из ключевых направлений внедрения нейросетей является растениеводство. Современные агротехнологии предполагают использование спутниковых снимков, данных с беспилотных летательных аппаратов и наземных сенсоров. Нейросетевые модели позволяют обрабатывать эти данные и получать объективную информацию о состоянии посевов [4]. Сверточные нейронные сети широко применяются для распознавания заболеваний растений, оценки плотности посевов и выявления проблемных зон. Использование таких систем способствует своевременному принятию агротехнических мер и снижению потерь урожая. Кроме того, нейросети применяются для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур [2, 3]. Модели, обученные на исторических данных о погодных условиях, составе почв и применяемых агротехнологиях, позволяют повысить точность планирования и снизить экономические риски.

В животноводстве нейросетевые технологии применяются для мониторинга состояния здоровья животных, анализа их поведения и оптимизации производственных процессов. Использование видеонаблюдения и биометрических датчиков позволяет собирать большие объёмы данных, которые эффективно обрабатываются с помощью нейросетей. Системы с применением нейросетей способны выявлять ранние признаки заболеваний, отклонения в поведении и снижение продуктивности [1, 5]. Это позволяет перейти к профилактической модели управления животноводческими комплексами и сократить затраты на ветеринарное обслуживание.

Внедрение нейросетей в аграрной отрасли оказывает значительное влияние на экономические показатели сельскохозяйственных предприятий. Оптимизация использования ресурсов, снижение потерь продукции и повышение производительности труда способствуют росту рентабельности аграрного производства [4]. С экологической точки зрения применение нейросетей позволяет снизить нагрузку на окружающую среду за счёт более точного внесения удобрений, рационального использования воды и сокращения применения химических средств защиты растений.

Несмотря на значительный потенциал, внедрение нейросетей в аграрную отрасль сопровождается рядом проблем. К ним относятся высокая стоимость технологий, дефицит квалифицированных кадров и недостаточный уровень цифровизации в сельской местности. В перспективе ожидается дальнейшее развитие

интеллектуальных агросистем, интеграция нейросетей с технологиями интернета вещей и расширение государственной поддержки цифровизации агропромышленного комплекса [3].

Нейросетевые технологии являются важным инструментом модернизации аграрной отрасли. Их применение способствует повышению эффективности сельскохозяйственного производства, улучшению экологической устойчивости и формированию научно обоснованных управленческих решений. Дальнейшее развитие нейросетей будет играть ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и устойчивого развития агропромышленного комплекса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федорова, С. М. Цифровизация в агропромышленном комплексе / С. М. Федорова // Научный форум: Экономика, управление и цифровые технологии в АПК-2024 : сборник трудов, приуроченных к Международной научно-практической студенческой конференции, Москва, 20 ноября 2024 года. – М. : Российский государственный аграрный университет, 2024. – С. 323-326.
2. Иванов, М. С. Искусственный интеллект в АПК и пищевой промышленности: современные решения для оптимизации бизнеса [Электронный ресурс] // М. С. Иванов. – Режим доступа: <https://sfera.live/iskusstvennyj-intellekt-v-apk-i-pishhevoj-promyshlennosti-sovremennye-resheniya-dlya-optimizatsii-biznesa/> (дата обращения: 31.01.2026).
3. Цифровые технологии анализа данных в сельском хозяйстве / А. П. Зинченко, А. В. Уколова, В. В. Демичев [и др.]. – М. : Научный консультант, 2022. – 260 с. – ISBN 978-5-907477-96-4.
4. Digital Agriculture and AI Innovation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fao.org/innovation/home/digital-agriculture-and-ai-innovation/en> (дата обращения: 31.01.2026).
5. Багно, В. А. Интеллектуальное сельское хозяйство с использованием методов машинного обучения и глубокого обучения / В. А. Багно // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 7(127). – С. 126-138.
6. Тракторы и самоходные комбайны сельскохозяйственного назначения с низким углеродным следом : Аналитический обзор / В. Я. Гольяпин, В. Ф. Федоренко, А. В. Коломейченко, Н. Н. Пуляев. – М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2024. – 92 с. – ISBN 978-5-7367-1808-5.
7. Дидманидзе, О. Н. Проектирование производственных процессов в растениеводстве с использованием компьютерных технологий / О. Н. Дидманидзе, О. П. Андреев, А. Н. Журилин. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2018. – 150 с.
8. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.

Об авторах:

Федорова София Михайловна, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), fiafec@mail.ru.

Пуляев Николай Николаевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, pullman-mpt@mail.ru.

Гамидов Абдурахман Гаджиевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, gamidov@rgau-msha.ru.

About the authors:

Sofia M. Fedorova, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), fiafec@mail.ru.

Nikolay N. Pulyaev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, pulyaev@rgau-msha.ru.

Abdurakhman G. Gamidov, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, gamidov@rgau-msha.ru.

СТОЧНЫЕ ВОДЫ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И ПРОБЛЕМЫ ИХ УТИЛИЗАЦИИ

Т. С. Филимонова

Научный руководитель – Д. А. Филимонов

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Переход на бесподстилочное содержание животных с использованием систем гидросмыва привел к значительному увеличению объемов животноводческих стоков. Это, в свою очередь, обострило экологические проблемы, в первую очередь, загрязнение окружающей среды высокими концентрациями минеральных веществ. В России эта проблема особенно актуальна из-за значительной доли аграрного сектора в экономике и большого числа животноводческих комплексов. Крупные хозяйства ежедневно генерируют от 100 до 1500 кубических метров жидких стоков, требующих утилизации.

Ключевые слова: животноводческие стоки, навозохранилище, лагуна, карантин.

WASTE WATER FROM ANIMAL FEEDING COMPLEXES AND PROBLEMS OF ITS DISPOSAL

T. S. Filimonova

Scientific advisor – D. A. Filimonov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The transition to bedding-free housing for animals using hydro-flushing systems has led to a significant increase in the volume of livestock wastewater. This, in turn, has exacerbated environmental problems, primarily the pollution of the environment with high concentrations of minerals. In Russia, this issue is particularly relevant due to the significant share of the agricultural sector in the economy and the large number of livestock complexes. Large farms generate between 100 and 1,500 cubic meters of liquid wastewater daily, which requires proper disposal.

Keywords: livestock wastewater, manure storage, lagoon, quarantine.

Для утилизации побочных продуктов животноводства, включая стоки ферм, применяется технология, основанная на их фракционировании: отделении жидкой части от твердой. Обе фракции затем направляются в специализированные хранилища (накопители, лагуны, навозохранилища) для прохождения дезинфекции. При естественной биологической очистке этот процесс занимает 12

месяцев, а при использовании специальных добавок – 6 месяцев. При этом следует учитывать, что данные сроки не отражают динамику снижения концентрации азотных соединений. Кроме того, наиболее распространенный способ внесения стоков в почву – запашка – ограничен сезонными рамками: весной и осенью [1-3].

Лагуны являются наиболее распространенным решением для хранения и карантина сточных вод животноводческих комплексов. Это обусловлено их экономичностью и более быстрыми сроками возведения по сравнению с навозохранилищами, оснащенными железобетонным противofiltrационным экраном [4].

В практике обращения с побочными продуктами животноводства используются два основных типа накопительных сооружений – лагуны открытого и закрытого типа. Конструктивные особенности и внешний вид открытых лагун проиллюстрированы на рисунках 1 и 2. На сегодняшний день такие сооружения обычно представляют собой котлованы, облицованные пленкой. Данная облицовка выполняет функцию гидроизоляции, препятствуя фильтрации сточных вод животноводческих предприятий в нижележащие грунты и, как следствие, в подземные водоносные горизонты. Это обеспечивает защиту подземных вод от загрязнения и предотвращает их миграцию в поверхностные водоисточники [5-7].



Рисунок 1 – Общий вид лагун с пленочной гидроизоляцией

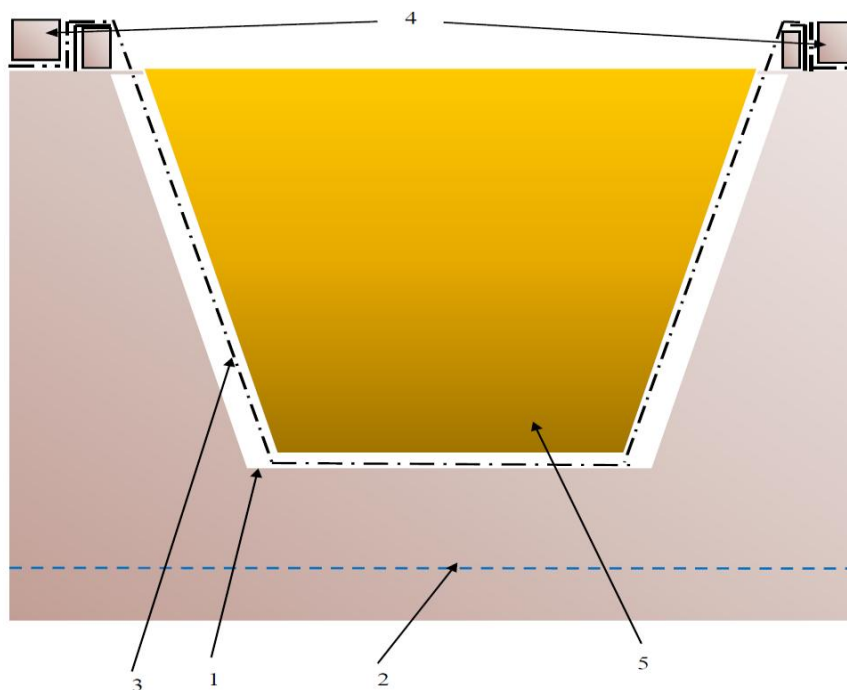


Рисунок 2 – Схема конструкции открытой пленочной лагуны для хранения животноводческих стоков:

1 – выемка в грунте; 2 – уровень грунтовых вод; 3 – пленочная гидроизоляция; 4 – земляной замок; 5 – животноводческие стоки

Вывод

Открытые лагуны создают экологическую проблему из-за испарения аммиака, загрязняющего атмосферу. Однако, переход на закрытые системы решает эту задачу: аммиак собирается в резервуар через систему труб, полностью устраняя негативное воздействие на воздух.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нормы технологического проектирования систем удаления и подготовки к использованию навоза и помёта / Научно-проектный центр «Гипрони-сельхоз» (Минсельхоза России), Гипрониптицепром, ВНИИМЖ, ВИЭСХ, ВИУА, ВНИПТИОУ, ВНИИВСГЭ, ВИГИС, СНИИСГ, ВИМ, ГУП НИИСИЗ «Прогресс». – Введ. 1999-10-01.
2. Сафиуллин, Р. Т. Санитарно-паразитологическая и экономическая оценка методов обеззараживания стоков и навоза на свиномкомплексах / Р. Т. Сафиуллин, П. В. Новикова // Российский паразитологический журнал. – 2016. – № 37. – С. 385-402.
3. Методика обеспечения экологически безопасной утилизации животноводческих стоков на сельскохозяйственных полях орошения / О. Н. Дидманидзе, А. В. Евграфов, Н. Н. Пуляев [и др.]. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2024. – 164 с. – ISBN 978-5-00227-323-2.
4. Филимонов, Д. А. Методы внесения стоков животноводческих комплексов на сельскохозяйственные поля / Д. А. Филимонов, А. В. Евграфов //

Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 160-летию Тимирязевской академии: сборник статей, Москва, 02-04 июня 2025 года. – М. : Российский государственный аграрный университет, 2025. – С. 284-288.

5. Дидманидзе, О. Н. Детоксикация животноводческих стоков электрическими полями / О. Н. Дидманидзе, А. В. Евграфов, Д. А. Филимонов // Чтения академика В. Н. Болтинского: сборник статей, Москва, 22-23 января 2025 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2025. – С. 65-71.

6. Патент № 2846627 С1 Российская Федерация, МПК С02F 1/461, С25В 9/015. Устройство для снижения токсичности жидкой фракции животноводческих стоков : заявл. 14.03.2025 : опубл. 10.09.2025 / О. Н. Дидманидзе, А. В. Евграфов, Д. А. Филимонов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева».

7. Результаты экспериментальных исследований влияния электрических полей на содержание аммония в животноводческих стоках / О. Н. Дидманидзе, А. В. Евграфов, Н. Н. Пуляев, Д. А. Филимонов // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, № 5. – С. 4-9. – DOI: 10.26897/2687-1149-2024-5-4-9.

Об авторах:

Филимонова Татьяна Сергеевна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), tanya.filimonova1983@mail.ru.

Научный руководитель – Филимонов Дмитрий Александрович, ассистент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, dfilimonov3@gmail.com.

About the authors:

Tatiana S. Filimonova, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), tanya.filimonova1983@mail.ru.

Scientific advisor – Dmitry A. Filimonov, Assistant of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, dfilimonov3@gmail.com.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН И РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПЛУГА

Т. С. Филимонова

Научный руководитель – Д. А. Филимонов

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Почвообрабатывающие рабочие органы сельскохозяйственных машин эксплуатируются в условиях абразивной и окислительной среды почвы, а их ресурс в большой степени определяет работоспособность всей машины. Состояние рабочих органов непосредственно влияет на качество обработки и крошение почвы, получаемый урожай, производительность орудия и агрегата в целом, энергетические и трудовые затраты.*

Ключевые слова: *почвообрабатывающих машин, рабочие органы сельскохозяйственных машин, почва, лемех, плуг.*

CLASSIFICATION OF TILLAGE MACHINES AND PLUG WORKING ORGANS

T. S. Filimonova

Scientific advisor – D. A. Filimonov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The soil-processing working bodies of agricultural machines are operated in an abrasive and oxidizing soil environment, and their resource largely determines the performance of the entire machine. The condition of the working bodies directly affects the quality of soil processing and crumbling, the resulting yield, the productivity of the tool and the entire unit, and the energy and labor costs.*

Keywords: *soil-processing machines, working bodies of agricultural machines, soil, plowshare, plough.*

Почва является одним из основных ресурсов, как в сельском хозяйстве, так и в экономике страны в целом. Почва состоит из твердых, жидких, газообразных частиц и живых организмов, которые в совокупности составляют дисперсную среду. В зависимости от климатических условий почва имеет различные физические и технологические свойства.

Почва обладает таким ценным свойством как плодородие, повышение и поддержание которого одна из главных задач, стоящая перед сельским хозяйством. Для сохранения и повышения плодородия почвы, а также устойчивого роста и развития сельскохозяйственных растений применяют следующие виды об-

работки – основная, поверхностная и специальная. Основную обработку выполняют на глубину 25...30 см для подготовки почвы к дальнейшему использованию. Поверхностную обработку почвы проводят для заделки минерального удобрения и стерни, подготовки к посеву, а также для создания рельефа почвы, благоприятного для роста сельскохозяйственных культур. Глубина поверхностной обработки составляет 10...15 см. При освоении заболоченных, неокультуренных и слабоокультуренных почв применяют специальную обработку. Специальная обработка включает такие операции как вспашка (ярусная и плантажная), фрезерование, кротование, рыхление, щелевание и другие [1-3].

Основные почвообрабатывающие машины и орудия, которые используются при обработке почвы, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные почвообрабатывающие машины и орудия, используемые при обработке почвы

Основная обработка	Поверхностная обработка	Специальная обработка
плуги общего назначения	бороны	плуги специальные
плуги-луцильники	катки	рыхлители
плуги безотвальные	луцильники	фрезы
культиваторы-плоскорезы	культиваторы	ямокопатели

По конструкции рабочего органа плуги делятся на отвально-лемешные, дисковые, шнековые, ротационные, роликовые, комбинированные и чизельные.

К рабочим органам корпуса отвально-лемешного плуга относятся лемех, отвал и полевая доска. По типу рабочего органа чаще применяют лемешные орудия, которые предназначены для основной обработки почвы, обеспечивающие рыхление и оборот пласта. О значимости и важности свидетельствует тот факт, что в Австралии, Канаде, США и Западной Европе производством отвально-лемешных плугов занято более 100 фирм [4-8]. Различают следующие типы лемехов: трапецевидный (рисунок 1а), долотообразный (рисунок 1б), вырезной (рисунок 1в), треугольный (рисунок 1г) и зубчатый (рисунок 1д) [9].

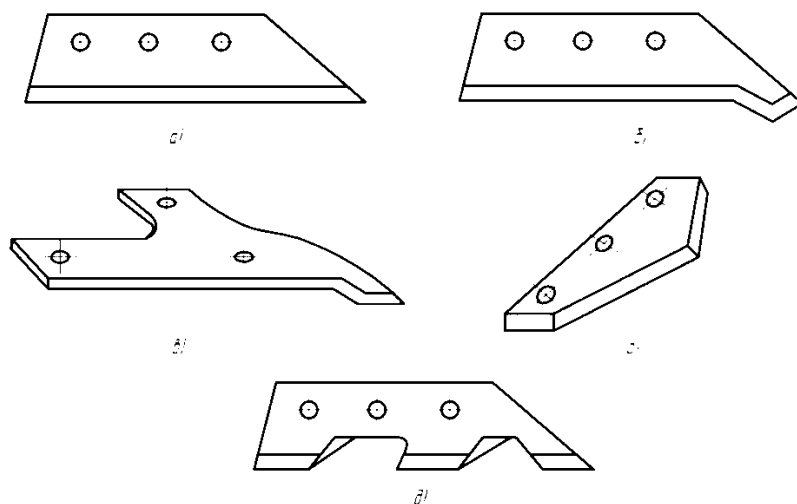


Рисунок 1 – Типы лемехов:

а – трапецевидный лемех; б – долотообразный лемех; в – вырезной лемех; г – треугольный лемех; д – зубчатый лемех

Трапецевидный – это простой по конструкции и при изготовлении лемех, но из-за быстрого затупления носовой части этот вид лемеха обладает низким ресурсом.

Долотообразный лемех наиболее часто используют для основной вспашки. Долотообразный лемех, в отличие от трапецевидного, обладает лучшим заглублением и обеспечивает устойчивую глубину вспашки. Благодаря удлиненному носу лезвие изнашивается по длине равномерно.

Вырезной лемех применяют для обработки почв с небольшой глубиной плодородного слоя.

Треугольный лемех используют для создания большого давления рабочего органа на отрезаемый почвенный пласт. Такой лемех устанавливают на картофелекопателях, специальных плугах и других орудиях.

Зубчатый лемех – это разновидность трапецевидного лемеха с характерными вырезами на рабочей поверхности. Из-за своей формы, его применяют на сухих и плотных почвах, где вспашка обычными лемехами требует значительного тягового усилия.

В последние годы большой практический интерес представляют составные плужные лемехи (рисунок 2): со сменным или выдвижным долотом; со сменным лезвием. Так, зарубежная фирма «Lemken» выпускает составные долотообразные лемехи со сменным долотом, пользующиеся популярностью в нашей стране. Такие лемехи обладают высокой производительностью и долговечностью, а также рационально используется материал лемеха.

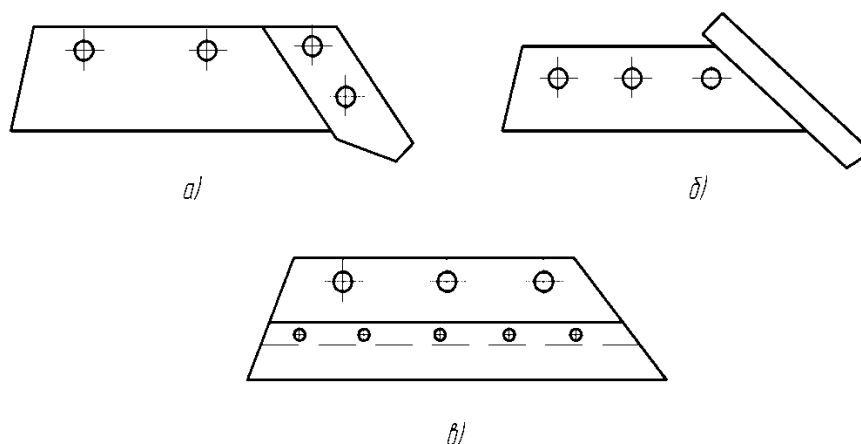


Рисунок 2 – Составные лемехи:

а – со сменным долотом; б – с выдвижным долотом; в – со сменным лезвием

Среди плужных лемехов самым распространенным является долотообразный тип.

Вывод

В процессе обработки почвы рабочие органы почвообрабатывающих машин затупляются и теряют свою работоспособность. Наиболее часто для вспашки почв используются плуги общего назначения, а именно отвально-лемешные, одной из самых нагруженных деталей которых является лемех.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент на полезную модель № 105454 U1 Российская Федерация, МПК G01N 3/56. Универсальное приспособление для проведения износных испытаний : № 2011101530/28 : заявл. 18.01.2011 : опубл. 10.06.2011 / А. М. Бондарев, А. М. Бугаев, Д. А. Филимонов, А. Н. Шитов ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет имени В.П.Горячкина (ФГОУ ВПО МГАУ).
2. Филимонов, Д. А. Износ рабочих органов почвообрабатывающих машин на примере лап культиватора / Д. А. Филимонов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2012. – № 8. – С. 47-49.
3. Технологии упрочнения плоских ножей ТВЧ-борированием / В. П. Лялякин, В. Ф. Аулов, Ю. Н. Рожков, А. В. Бугаев // Технология металлов. – 2023. – № 6. – С. 31-36. – DOI 10.31044/1684-2499-2023-0-6-31-36.
4. Новиков, В. С. Сравнительные исследования на долговечность серийных и опытных лемехов плуга / В. С. Новиков, Н. А. Поздняков, Д. А. Сабуркин // Международный научный журнал. – 2008. – №1. – С. 14-18.
5. Новиков, В. С. Обеспечение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин: автореферат дис. ... д-ра. техн. наук : 05.20.03 / В. С. Новиков – М., 2008.
6. Панов, И. М. Технический уровень почвообрабатывающих машин / И. М. Панов, А. Н. Черепяхин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2000 – № 8. – С. 6-8.
7. Варнаков, Д. В. Применение распределенных сетей в задачах прогнозирования и управления / Д. В. Варнаков, А. В. Бугаев, В. В. Варнаков // Чтения академика В. Н. Болтинского : Сборник статей, Москва, 25–26 января 2022 года. Часть 1. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2022. – С. 57-65.
8. Байкалова, В. Н. Выбор установки для упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин / В. Н. Байкалова, А. М. Бугаев, Д. А. Филимонов // Инновации в сельском хозяйстве. – 2014. – № 5(10). – С. 19-23.
9. Дидманидзе, О. Н. Применение метода конечных элементов при исследовании прочности лапы культиватора / О. Н. Дидманидзе, А. В. Бугаев, Х. А. Абдулмажидов // Международный технический журнал. – 2025. – № 1(95). – С. 37-47. – DOI 10.34286/2949-4176-2025-95-1-37-47.

Об авторах:

Филимонова Татьяна Сергеевна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), tanya.filimonova1983@mail.ru.

Научный руководитель – Филимонов Дмитрий Александрович, ассистент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государствен-

ный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, dfilimonov3@gmail.com.

About the authors:

Tatiana S. Filimonova, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), tanya.filimonova1983@mail.ru.

Scientific advisor – Dmitry A. Filimonov, Assistant of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, dfilimonov3@gmail.com.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ГЕНЕРАТОРОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА В ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

С. А. Холзунов

Научный руководитель – А. Ю. Фомин

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье предложен формализованный алгоритм модернизации генератора переменного тока сельскохозяйственного грузового автомобиля. Методика начинается со сбора эксплуатационных данных: профилей частоты вращения двигателя и токовой нагрузки бортовой сети по сезонам и режимам (холостой ход, полевая тяга, стоянка с потребителями). Затем рассчитывается энергобаланс и выделяются проблемные зоны – дефицит тока, перегрев и скачки напряжения. По результатам диагностики выбираются решения: адаптивный привод с изменяемым передаточным отношением для поддержания эффективной частоты генератора, либо оптимизация регулятора (термокомпенсация, управление возбуждением, защиты). Дополнительно оценивается динамика ременного привода и при необходимости применяется обгонная муфта. Эффект подтверждается стендовой и дорожной валидацией по критериям U и I на целевых режимах.

Ключевые слова: генератор переменного тока, сельскохозяйственный грузовик, энергобаланс, низкие обороты, адаптивный привод, регулятор напряжения, обгонная муфта.

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF AC GENERATORS IN AGRICULTURAL TRUCKS

S. A. Kholzunov

Scientific advisor – A. Yu. Fomin

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article proposes a formalized algorithm for upgrading the alternator of an agricultural truck. The methodology begins with the collection of operational data, including the profiles of engine speed and current load in the on-board network by season and mode (idle, field traction, and parking with consumers). The energy balance is then calculated, and problem areas such as current deficiency, overheating, and voltage fluctuations are identified. Based on the diagnostic results, solutions are

selected, including an adaptive drive with a variable gear ratio to maintain the effective frequency of the alternator, or the optimization of the regulator (thermal compensation, excitation control, and protection). The dynamics of the belt drive are additionally evaluated, and an overrunning clutch is used if necessary. The effect is confirmed by bench and road validation using the U and I criteria in target modes.

Keywords: *alternator, agricultural truck, energy balance, low speed, adaptive drive, voltage regulator, overrunning clutch.*

Введение

Современное сельское хозяйство характеризуется интенсивной механизацией и автоматизацией, что предъявляет повышенные требования к электроснабжению специализированной техники. Современные сельскохозяйственные грузовые автомобили оснащаются многочисленными электроприборами: освещением высокой мощности, бортовой электроникой, гидравлическими насосами с электрическим приводом, системами климат-контроля и т.д. Все это требует надежной генераторной установки для стабильной подачи энергии [1]. Ключевыми проблемами являются низкие обороты двигателя при полевых работах, большие колебания нагрузки и тяжелые условия эксплуатации (пыль, влага, вибрации). В таких условиях стандартные автомобильные генераторы могут не обеспечивать требуемый зарядный ток и стабильное напряжение, особенно на холостом ходу. Это приводит к недостаточной зарядке аккумуляторов и снижению общей надежности электрооборудования [1, 2]. Актуальность темы определяется необходимостью повышения энергоэффективности и надежности электрической системы сельхозмашин, особенно в условиях растущих нагрузок и новых требований к работе в поле.

Цель исследования – оптимизация генераторной установки сельскохозяйственного грузового автомобиля путем модернизации привода и систем регулирования генератора для повышения ее эффективности при различных режимах работы.

В большинстве сельскохозяйственных грузовых автомобилей применяются трёхфазные бесщёточные генераторы переменного тока с диодным выпрямителем и встроенным регулятором напряжения. Они вырабатывают переменное напряжение, пропорциональное оборотам ротора, которое выпрямляется для питания бортовой сети 12...28 В. Конструктивно генератор включает статор с трёхфазной обмоткой, ротор с обмоткой возбуждения и выпрямительный блок; регулятор изменяет ток возбуждения и поддерживает заданное напряжение во всём диапазоне режимов [3].

Эксплуатация в тяжёлых условиях требует прочных корпусов, термо- и пылестойких подшипников, применения обгонных шкивов и защит от перегрева и перенапряжений. Номинальные токи могут быть высокими, однако отдача сильно зависит от частоты вращения: на холостом ходу и малых оборотах генератор часто не обеспечивает номинальный ток, из-за чего падают напряжение и заряд аккумулятора (в ряде случаев до 22...24 В вместо 24...28 В). При больших нагрузках (буксировка, мощные потребители) возрастает риск перегрева и ускоренного износа [3, 4].

Режимы работы сельхозгрузовиков разнообразны: полевая работа на низкой скорости, длительный холостой ход, погрузка/разгрузка. На высоких оборотах генератор близок к оптимальному режиму, а при полевых работах его выход резко снижается, вызывая нестабильность напряжения и необходимость завышать мощность генератора. Дополнительно длительная работа на малых оборотах увеличивает потери и вибрации, снижая надёжность электросистемы [5, 6].

В статье предлагается формализованный алгоритм модернизации генератора переменного тока для грузовой сельскохозяйственной техники, основанный на диагностике энергобаланса бортовой сети и последующем выборе конструктивных и регуляторных решений. Алгоритм позволяет перейти от описательного подбора мер к воспроизводимой процедуре принятия решений, учитывающей реальные режимы работы (холостой ход, полевая тяга, стоянка с включёнными потребителями) и особенности токоскоростной характеристики генератора.

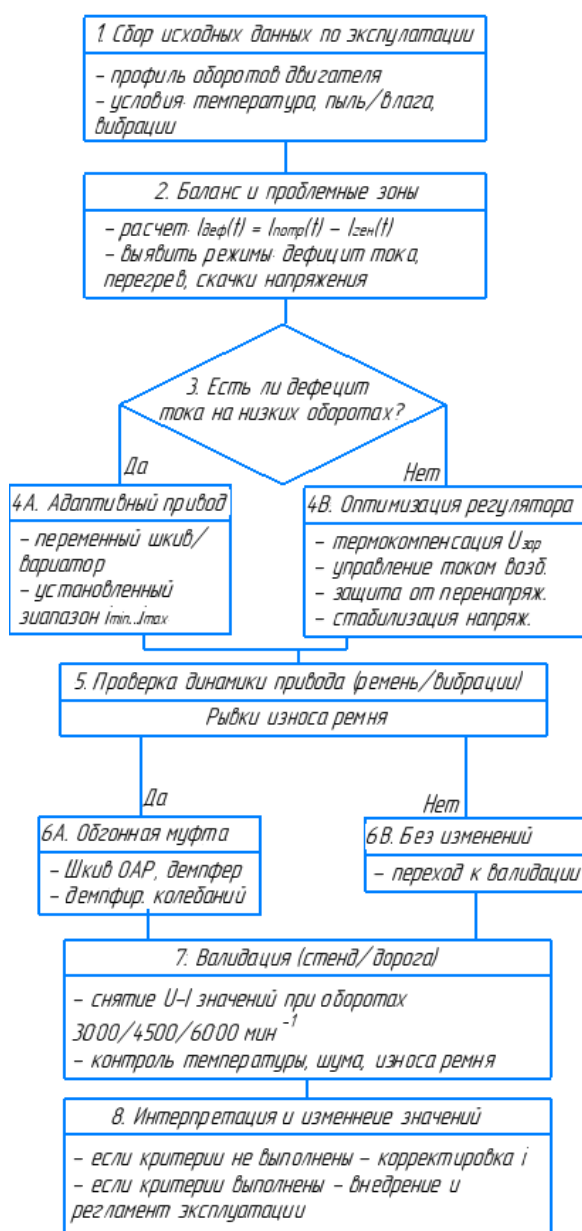


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма модернизации унифицированной генераторной установки сельскохозяйственного грузовика

Блок 1. Сбор исходных данных по эксплуатации.

Формируются исходные данные для расчёта: профиль частоты вращения двигателя $n_{\text{дв}}(t)$, профиль токовой нагрузки бортовой сети $I_{\text{потр}}(t)$ (по сезонным и технологическим режимам: лето/зима, поле/дорога, стоянка с включёнными потребителями), а также эксплуатационные факторы (температура, пыль/влажность, вибрации). Цель блока – описать реальные режимы, в которых генератор должен обеспечивать положительный энергобаланс.

Блок 2. Энергобаланс и проблемные зоны.

Выполняется расчёт дефицита тока $I_{\text{деф}}(t) = I_{\text{потр}}(t) - I_{\text{ген}}(n_{\text{ген}}(t))$ и определяется связь частоты ротора генератора с оборотами двигателя: $n_{\text{ген}}(t) = i_{\text{передачи}} \cdot n_{\text{дв}}(t)$. На основании расчёта выделяются проблемные режимы: «дефицит тока» (работа аккумулятора на разряд), «перегрев» (тепловая перегрузка генератора) и «скачки U » (нестабильность напряжения в сети).

Блок 3. Решение: есть ли дефицит тока на низких оборотах?

Проверяется, сохраняется ли $I_{\text{деф}} > 0$ при режимах $n_{\text{дв}}$ холостой ход и при низких скоростях/полевых режимах. Если дефицит подтверждён, требуются меры по повышению оборотов генератора на низких оборотах двигателя; если дефицит отсутствует, приоритет смещается на оптимизацию регулирования напряжения и режимов возбуждения.

Блок 4А. Адаптивный привод (при ответе «ДА»).

Назначается решение по изменяемому передаточному отношению (переменный шкив/вариатор) с диапазоном $i: i_{\text{min}} \dots i_{\text{max}}$. Цель – удерживать $n_{\text{ген}}$ в зоне эффективной отдачи $n_{\text{ген}} \approx 3000 \dots 5000 \text{ мин}^{-1}$ (конкретное окно выбирают по токоскоростной характеристике генератора и требуемому $I_{\text{потр}}$). Это увеличивает ток отдачи на малых оборотах двигателя и снижает вероятность разряда аккумуляторов в стояночных/полевых режимах.

Блок 4Б. Оптимизация регулятора (при ответе «НЕТ»).

Выполняется настройка системы регулирования: термокомпенсация напряжения заряда $U_{\text{зар}}$, корректировка управления током возбуждения, введение/уточнение защит от перенапряжения и перегрева, повышение устойчивости по напряжению при динамических нагрузках. Цель блока – стабилизировать U и обеспечить корректный заряд аккумуляторов при отсутствии выраженного дефицита на низких оборотах.

Блок 5. Проверка динамики привода (ремень/вибрации).

Оценивается механическая динамика ременного привода: наличие рывков, проскальзывания, ускоренного износа ремня и натяжных устройств. Данный блок необходим, поскольку увеличение момента на валу генератора (или изменение i) может усилить ударные нагрузки и вибрации, снижая ресурс привода.

Блок 6А. Обгонная муфта (при ответе «ДА» в блоке 5).

При наличии неблагоприятной динамики привода применяется обгонная муфта (шкив ОАР) как демпфирующий элемент. Она снижает ударные нагрузки при переходных режимах, уменьшает вибрации и вероятность проскальзывания ремня, повышая долговечность ременной передачи и подшипников генератора.

Блок 6Б. Без изменений по приводу (при ответе «НЕТ» в блоке 5).

Если признаки динамической перегрузки отсутствуют, дополнительные механические меры не вводятся, и система переводится на этап валидации с текущими настройками/компоновкой.

Блок 7. Валидация (стенд/дорога).

Проводится экспериментальная проверка результата: снимаются характеристики $U-I$ при нескольких значениях $n_{\text{ген}}$ (например 3000/4500/6000 мин⁻¹ и др.), контролируется выполнение критериев $U = U_{\text{зад}} \pm \Delta U$ и $I_{\text{ген}} \geq I_{\text{потр}}$ на целевых режимах (холостой ход/полевой режим), а также оцениваются температура, шум и признаки износа/проскальзывания ремня.

Блок 8. Итерация / внедрение.

Если критерии не выполнены, корректируются параметры (диапазон i , закон управления вариатором, настройки регулятора). При достижении критериев выполняется внедрение решения и формируется регламент эксплуатации (контроль ремня, температуры и типовых нагрузок).

Выводы

Сформировали алгоритм модернизации генераторной установки на основе профилей оборотов двигателя и токовой нагрузки.

Показали, что ключевая проблемная зона – дефицит тока на холостом ходу/малых оборотах и нестабильность напряжения при динамических нагрузках.

Предложили два пути улучшения: повышение оборотов генератора на низких режимах за счёт адаптивного передаточного отношения и/или оптимизация.

Для повышения ресурса привода при росте нагрузок предусмотрели применение обгонной муфты и обязательную валидацию на стенде/в дороге по критериям U и I .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.
2. Модернизация технологических машин как механизм продления назначенных ресурса и срока службы / И. Г. Голубев, Н. С. Севрюгина, А. С. Апатенко, А. Ю. Фомин // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 1. – С. 36-41. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-1-36-41.
3. Научно-аналитический обзор технологий ресурсосбережения при эксплуатации технических средств в АПК / А. С. Апатенко, И. Н. Кравченко, Н. С. Севрюгина [и др.]. – Саратов : Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2023. – 152 с. – ISBN 978-5-00207-449-5.
4. Патент № 2652696 С2 Российская Федерация, МПК G09B 9/02. Имитатор дорожный тренажёра транспортного средства : № 2016103413 : заявл. 02.02.2016 : опубл. 28.04.2018 / Н. Л. Пузевич, С. С. Волков, А. А. Слободян [и др.] ; заявитель Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище имени генерала армии В.Ф. Маргелова»,

Российская Федерация, от имени которой выступает Министерство обороны Российской Федерации.

5. Фомин, А. Ю. Место и роль общей теории наземных транспортных средств в задачах проектирования автомобильной техники и подготовки научных и инженерных кадров / А. Ю. Фомин // Инновационные технологии в учебном процессе и производстве : Материалы межвузовской научно-практической конференции, Москва, 20-23 марта 2017 года. – М. : Государственный университет управления, 2017. – С. 157-163.

6. Дидманидзе, О. Н. Пути развития транспортных энергоустановок / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов. – М. : ООО «Триада», 2006. – 64 с. – ISBN 5-9546-0035-X.

7. Фомин, А. Ю. Перспективы развития военных транспортных средств с электромеханическими трансмиссиями / А. Ю. Фомин, Э. Н. Халилов, Д. В. Пичикин // Актуальные вопросы развития и совершенствования сложных технических систем военного назначения. Теория и практика военного образования в гражданских вузах : сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции Военного учебного центра МГТУ им. Н.Э. Баумана (с международным участием), Москва, 25 апреля 2025 года. – М. : Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2025. – С. 333-340.

Об авторах:

Холзунов Станислав Анатольевич, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Фомин Александр Юрьевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, a.fomin@rgau-msha.ru.

About the authors:

Stanislav A. Kholzunov, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Alexander Yu. Fomin, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, a.fomin@rgau-msha.ru.

АКТУАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ОТХОДОВ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА ПУТЕМ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ В КОРМОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ

К. Д. Читчян

Научный руководитель – Т. Н. Толстоухова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье рассматривается усовершенствованная технологическая линия переработки кости или твердых конфискатов по переработке их в костную или мясокостную муку. Одной из машин в технологической линии является измельчитель разработанной конструкции, позволяющий измельчать костное сырье на фракцию до 20...25 мм. Особенностью измельчителя является барабан. Такой измельчитель можно применять в любых технологических линиях по переработке твердого сырья, он обладает меньшей металло- и энергоемкостью.

Ключевые слова: кость, костная мука, мясокостная мука, сушка кости, измельчитель, нож, переработка кости, обезжиривание кости.

ACTUAL WAYS TO REDUCE ANIMAL WASTES BY PROCESSING THEM INTO FODDER AND TECHNICAL PRODUCTS

K. D. Chitchyan

Scientific advisor – T. N. Tolstoukhova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. This article discusses an improved processing line for bone or solid confiscated materials, which is used to produce bone or meat-bone flour. One of the machines in the processing line is a specially designed grinder that can break down bone materials into fractions of up to 20-25 mm. The grinder features a drum-like structure, which makes it suitable for use in various processing lines for solid materials. This grinder offers several advantages, including reduced metal and energy consumption.

Keywords: bone, bone meal, meat and bone meal, bone drying, grinder, knife, bone processing, bone degreasing.

Введение

За последние 10 лет в России возросла потребность населения в мясных продуктах. Количество потребляемой мясной продукции увеличилось с 75...80 кг на человека в год до 90...93 кг [1], а это ведет и к увеличению объемов

сопутствующих отходов переработки животноводства. Среди них костное сырье занимает лидирующее место как по массе, так и по потенциалу негативного воздействия на окружающую среду. Традиционные методы утилизации, такие как захоронение или сжигание, не только неэффективны с экономической точки зрения, но и ведут к прямым экологическим проблемам: загрязняются почва, водоемы, воздушная среда, а также необходимо выделение дополнительных участков земли. Вместе с тем кость является ценным продуктом и содержит большое количество полезных веществ: белок, его количество в кости колеблется от 18 до 25 %; жир, содержание в кости может достигать 20 %; минеральные вещества такие как кальций, фосфор, магний, натрий и микроэлементы.

Вместе с костью могут поступать на переработку и другие отходы животноводства: шкура, внутренности, конечности и т.д. Из всего этого сырья вырабатывают костную, мясокостную муку или производят корма для животных.

Цель исследования – на основании анализа технологии переработки твердых отходов продукции животноводства разработать и обосновать параметры и режимы работы измельчителя кости.

Материалы и методы

Одной из операций в технологических линиях переработки кости в муку или корма для животных, является измельчение кости. От качества этой операции будут зависеть такие процессы как извлечение жира из кости, её сушка, разделение на фракции и другие.

Для достижения поставленной цели нами были рассмотрены и проанализированы конструкции существующих машин для измельчения кости как отечественного, так и зарубежного производства. К недостаткам их можно отнести большой расход электроэнергии при сравнительно небольших производительностях. Измельчители костей Китайской фирмы ROAL MEAT производительностью от 20 до 4000 кг/ч потребляют мощность от 2,2 до 45 кВт. Такое оборудование металлоемкое, вес измельчителей до 3,8 т и имеет высокую стоимость [2]. Отечественные дробилки, измельчители кости более компактны, просты в устройстве, но имеют также большую мощность установленных двигателей.

Особую сложность вызывает замена ножей и регулирование степени измельчения кости. В некоторых моделях измельчителей для этого приходится менять полностью барабан, что вызывает особую сложность и трудоемкость процесса.

На основании проведенных аналитических исследований нами была разработана и предложена конструкция измельчителя кости на среднюю фракцию или измельчения отходов животноводства на фермах и перерабатывающих предприятиях в линиях производства кормов для животных.

Так как для измельчения кости требуются большие усилия и процесс протекает за счет резания, сдвига и сжатия костей движущимися ножами, мы разработали механизм резания, который устанавливается в камере измельчения (рисунки 1).

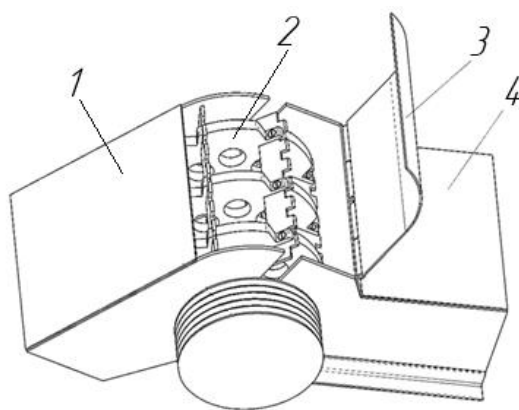


Рисунок 1 – Камера измельчения:

1 – выгрузной лоток; 2 – ротор в сборе; 3 – откидная крышка; 4 – загрузочная камера

Механизм резания (рисунок 2) представляет собой ротор, установленный в корпусе камеры измельчения в подшипниковых узлах. На валу ротора установлены диски разработанной конструкции, предназначенные для крепления в пазах гребенчатых ножей и предохранения от затягивания продукта при резании.

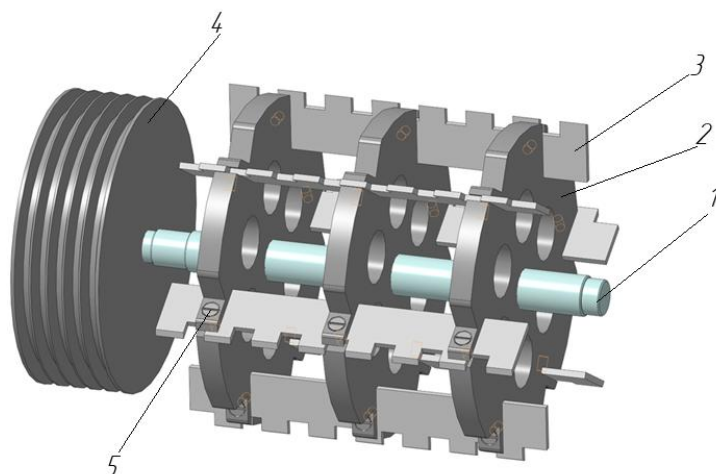


Рисунок 2 – Механизм резания

1 – вал; 2 – диск; 3 – нож; 4 – шкив; 5 – винт

Ножи в пазах дисков фиксируются винтами и устанавливаются таким образом, что зубья на каждом последующем ноже смещены на один шаг относительно предыдущего. Таким образом можно регулировать степень измельчения кости не разбирая механизм резания. За счет вращения ротора, установленные в пазах ножи снимают стружку с кости, получая таким образом более равномерную фракцию, чем при рубке гильотиной. Возможна замена ножей на ножи с более крупным или мелким шагом в зависимости от свойств продукта.

Объем стружки, снимаемой ножом с одного его прохода, определяли из зависимости:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D_6 \cdot \beta}{360} \cdot b \cdot L_n \cdot k, \text{ м}^3 \quad (1)$$

где D_6 – диаметр ножевого барабана, м;
 β – угол резания, град;

b – выступ ножа над поверхностью барабана, м;

L_n – длина лезвия ножа, м;

k – коэффициент использования длины лезвия ножа.

Диаметр ножевого барабана будет зависеть от толщины измельчаемой фракции:

$$D_6 = 1,1 \cdot h_6 + 0,2, \text{ м}, \quad (2)$$

где h_6 – высота измельчаемого блока, м.

В работе нами обоснованы оптимальные размеры ножа: длина, толщина, количество зубьев и их размеры. Разработана конструкция ножа (рисунок 3).

Наиболее оптимальной формой, на наш взгляд, является нож зубчатой формы, это дает нам возможность получать снимаемую стружку меньшего размера. Шаг зубьев ножа определим из выражения

$$S_3 = \frac{L_n - b_3 \cdot m_3}{m_3 - 1}, \text{ м}. \quad (3)$$

где b_3 – ширина зуба, м;

m_3 – количество зубьев, шт.

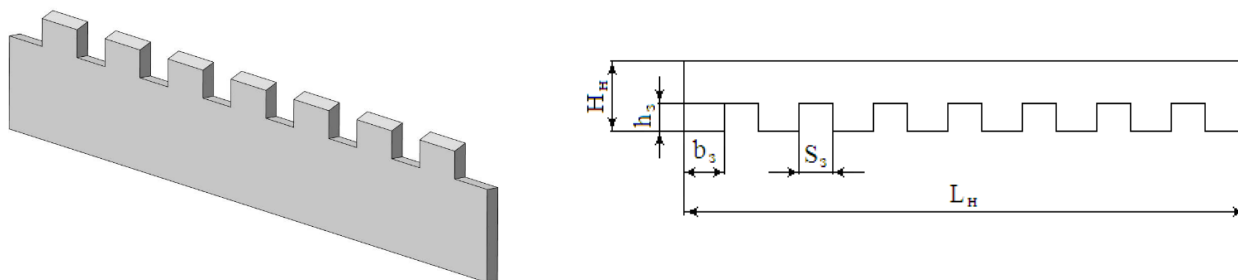


Рисунок 3 – Схема ножа

Принцип работы предложенной конструкции измельчителя кости заключается в следующем. Кость, очищенная от мясного сырья, выкладывается на загрузочный стол или непосредственно в корпус измельчающей камеры при загрузке транспортером и под действием собственного веса перемещается в зону резки машины. В зоне резки кости попадают в зону действия ножей ротора и происходит снятие стружки или ломка кости. Для предотвращения вылета кости или острых её частей, загрузочная горловина имеет шторку.

На основании проведенных исследований и расчетов были приняты следующие параметры ножа: высота зуба $h_3 = 0,025$ м, ширина лезвия ножа $H_n = 0,075$ м, толщина лезвия ножа $\delta_n = 0,01$ м.

Для определения мощности электродвигателя для привода механизма резания определили режущую способность машины:

$$F_p = 60 \cdot f \cdot z_n \cdot n_6, \text{ м}^2/\text{с}, \quad (4)$$

где f – площадь, перерезаемая одним ножом за один оборот, м²;

z_n – количество установленных ножей, шт.;

n_6 – частота вращения вала ротора, мин⁻¹.

Таким образом при частоте вращения ножевого вала до 100 мин⁻¹ и производительности до 1 т/ч мощность привода составит 4 кВт.

Выводы

Проведенные исследования технологии переработки кости и анализ конструкций машин для измельчения кости позволяют заключить:

- разработанная конструкция измельчителя кости является менее энергоемкой и производительной;
- разработанная конструкция ножа и схема установки ножей позволяет производить регулирование степени измельчения не разбирая машину и не снимая ножи, для этого в камере измельчения имеется откидная крышка;
- обоснованы оптимальные параметры ножа: толщина, длина, ширина, параметры зубьев.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адамская, Л. Потребление мяса в России: динамика рынка и трансформация потребительских предпочтений / Л. Адамская // Государственное и муниципальное управление Финансового университета при Правительстве Российской Федерации. – Москва, 2025.
2. Завод пищевого оборудования. Измельчители костей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://zavod-pt.ru/catalog/izmelchiteli_kostey/ (дата обращения: 09.09.2025).
3. Назаров, И. В. Мембранный пресс для отжима виноградной мезги / И. В. Назаров, Н. Н. Белоусова, Т. Н. Толстоухова // Международный технико-экономический журнал. – 2019. – № 3. – С. 36-41. – DOI: 10.34286/1995-4646-2019-66-3-36-41.
4. Рекомендации по подготовке семян озимых зерновых культур к посеву в засушливых условиях / И. Н. Краснов, И. А. Кравченко, Т. Н. Толстоухова, В. Б. Хронюк, А. В. Касьяненко. – 2017.
5. Поцелуев, А. А. Система водо- и теплообеспечения технологических процессов обслуживания КРС / А. А. Поцелуев, И. В. Назаров, Т. Н. Толстоухова // Вестник аграрной науки Дона. – 2020. – № 4(52). – С. 59-66.
6. Теоретические предпосылки снижения энергоёмкости тепловых процессов в АПК / Н. С. Вороной, Н. В. Ксенз, А. М. Семенихин, Т. Н. Толстоухова // Опыт, проблемы и перспективы внедрения в производство экологически чистых, энергосберегающих адаптивных технологий и систем машин возделывания, уборки и хранения зерновых и технических культур: тезисы докладов научно-практической конференции, Зерноград, 11-12 октября 1997 года. – Зерноград : Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации и электрификации сельского хозяйства, 1997. – С. 32-33.
7. Бугаев, А. В. Разработка технологии упрочнения режущих рабочих органов промышленных мясорубок : дис. ... канд. техн. наук 05.20.03 / Бугаев Александр Вячеславович. – Москва, 2005. – 173 с.
8. Поцелуев, А. А. Система водо- и теплообеспечения процесса автопоения КРС на откорме ресурсосберегающей направленности / А. А. Поцелуев, И. В. Назаров, Т. Н. Толстоухова // Вестник аграрной науки Дона. – 2019. – № 4(48). – С. 55-62.

Об авторах:

Читчян Кристина Давидовна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), kristinachitchyan@gmail.com.

Научный руководитель – Толстоухова Татьяна Николаевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, t.tolstouhova@rgau-msha.ru.

About the authors:

Kristina D. Chitchyan, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), kristinachitchyan@gmail.com.

Scientific advisor – Tatiana N. Tolstoukhova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, t.tolstouhova@rgau-msha.ru.

ДИАГНОСТИКА ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ДАННЫХ: ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Я. Д. Шабловский

Научный руководитель – А. С. Апатенко

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается проблема внедрения систем предиктивной диагностики для транспортно-технологических машин (ТТМ) в условиях отсутствия достаточных данных об отказах. Анализируются ограничения традиционных методов машинного обучения, требующих больших объёмов размеченных данных. Представлен обзор современных подходов работы с малыми данными, включая аугментацию, перенос обучения, малострелковое обучение (Few-Shot Learning) и генеративно-сопоставительные сети (GAN). Особое внимание уделено перспективам гибридного подхода, сочетающего синтез данных с помощью GAN и метрические методы FSL для создания эффективных диагностических систем без многолетнего накопления статистики отказов. Статья носит аналитический характер и определяет направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: предиктивная диагностика, малые данные, Few-Shot Learning, GAN, транспортно-технологические машины, синтез данных, гибридные методы.

DIAGNOSIS OF TRANSPORT-TECHNOLOGICAL MACHINES UNDER DATA SCARCITY: APPROACHES AND PROSPECTS

Ya. D. Shablovsky

Scientific advisor – A. S. Apatenko

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article examines the problem of implementing predictive maintenance systems for transport-technological machines (TTM) under conditions of insufficient data on failures. The limitations of traditional machine learning methods, which require large volumes of labeled data, are analyzed. A review of modern approaches to working with small data is presented, including augmentation, transfer learning, Few-Shot Learning (FSL), and Generative Adversarial Networks (GAN). Special attention is paid to the prospects of a hybrid approach that combines data synthesis using GAN and metric FSL methods to create effective diagnostic systems without the need for

years of failure statistics accumulation. The article is analytical in nature and defines directions for further research.

Keywords: *predictive maintenance, small data, Few-Shot Learning, GAN, transport-technological machines, data synthesis, hybrid methods.*

Переход к предиктивному обслуживанию стал ключевым трендом цифровизации промышленности [1]. Транспортно-технологические машины (ТТМ), такие как карьерные самосвалы, экскаваторы и буровые установки, эксплуатируются в экстремальных условиях, где простои из-за отказов приводят к многомиллионным убыткам. Искусственный интеллект (ИИ) обещает радикально повысить надёжность за счёт предиктивной диагностики, прогнозирующей дефекты по виброакустическим сигналам задолго до критических сбоев [2].

Однако возникает фундаментальное противоречие: высокий потенциал ИИ-диагностики сталкивается с острым дефицитом данных об отказах. В нормальной эксплуатации критические события редки, а исторические базы данных часто отсутствуют. Цель статьи – систематизировать подходы к диагностике в условиях дефицита данных и обозначить перспективное направление на основе гибридных методов.

Дефицит данных в диагностике ТТМ обусловлен несколькими факторами. Во-первых, критические отказы (например, подшипников или редукторов) происходят редко в нормальной эксплуатации – раз в тысячи часов работы [2]. Во-вторых, для новых или модифицированных моделей ТТМ исторические данные просто отсутствуют, поскольку статистика накапливается годами. В-третьих, разметка виброакустических данных требует экспертизы специалистов и дорогостоящего оборудования, что делает процесс трудоёмким и дорогостоящим.

Следствием становится невозможность применения классического глубокого обучения, где модели типа CNN или RNN требуют десятков тысяч размеченных примеров на класс дефекта. При малых выборках возникает риск переобучения, когда модель идеально запоминает редкие примеры, но проваливается на новых данных. Это тормозит внедрение предиктивных систем и сохраняет зависимость от реактивного обслуживания.

Современные методы позволяют обходить ограничения дефицита данных, предлагая альтернативы традиционному обучению [3, 4]. Ниже приведено сравнение ключевых подходов в таблице 1.

Каждый метод имеет нишу: аугментация подходит для простых случаев, Transfer Learning – для похожих доменов, FSL – для экстремально малых наборов, а GAN – для генерации реалистичных данных. Однако ни один не решает проблему полностью в условиях ТТМ.

Гибридный подход GAN + FSL компенсирует слабые стороны каждого метода. GAN генерирует разнообразные синтетические примеры, решая проблему FSL с репрезентативностью единичных образцов [4]. В свою очередь, FSL стабилизирует обучение GAN, не требуя огромных объёмов данных для её тренировки [3].

Таблица 1 – Сравнение методов диагностики в условиях дефицита данных

№	Метод	Принцип работы	Преимущества	Недостатки
1	Аугментация данных	Детерминированное преобразование имеющихся сигналов (шум, сдвиги, масштабирование)	Простота, низкая стоимость	Не создаёт новых паттернов дефектов
2	Перенос обучения (Transfer Learning)	Использование предобученных моделей на аналогичных задачах	Экономия времени и данных	Смещение доменов (domain shift)
3	Малострелковое обучение (FSL)	Обучение на нескольких примерах с помощью метрического подхода (Prototypical Networks, Matching Networks)	Эффективность при 1...10 примерах на класс	Зависимость от репрезентативности единичных примеров
4	Генеративно-состязательные сети (GAN)	Синтез новых примеров данных через состязание генератора и дискриминатора	Потенциал создания разнообразных данных	Нестабильность обучения, сложность оценки качества

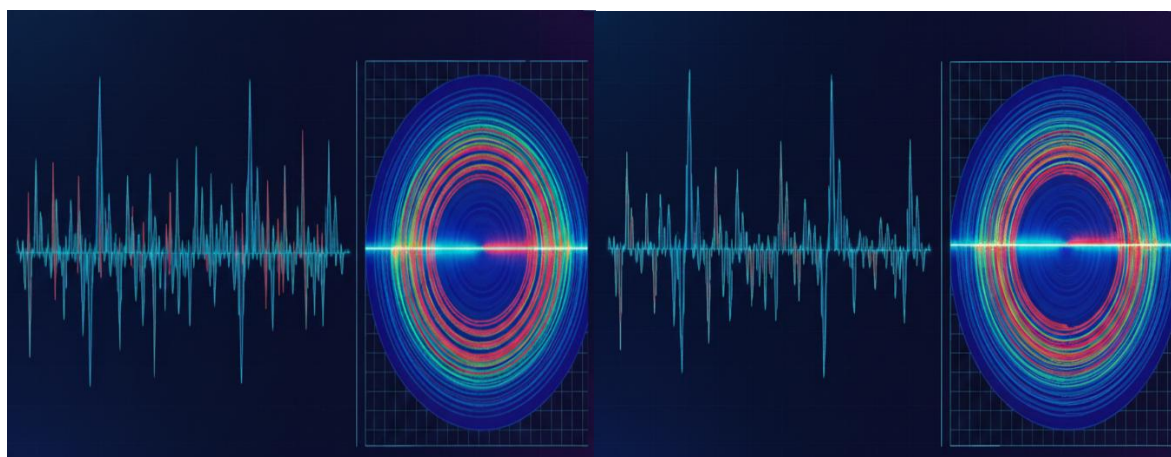


Рисунок 1 – Примеры вибросигналов и их спектрограмм: реальные и синтезированные GAN

Пример архитектуры гибридного метода выглядит следующим образом:

- На входе: малый набор реальных вибросигналов дефектов (5...10 примеров на класс).
- Синтез данных: модифицированная Conditional GAN (сGAN) генерирует вариации сигналов, связанных с типом дефекта (например, дисбаланс ротора) [4].
- Обучение FSL: Prototypical Networks обучается на объединённом наборе (реальные + синтетические данные), формируя прототипы классов в метрическом пространстве [3].
- На выходе: модель, классифицирующая новые дефекты по сходству с прототипами с точностью 85...95 % при $N = 5$ шотах (по результатам аналогичных исследований [5-9]).

Ожидаемые преимущества включают снижение зависимости от объёма данных в 10...100 раз, ускорение внедрения диагностических систем для ТТМ и повышение робастности к шумам реальной эксплуатации [10].

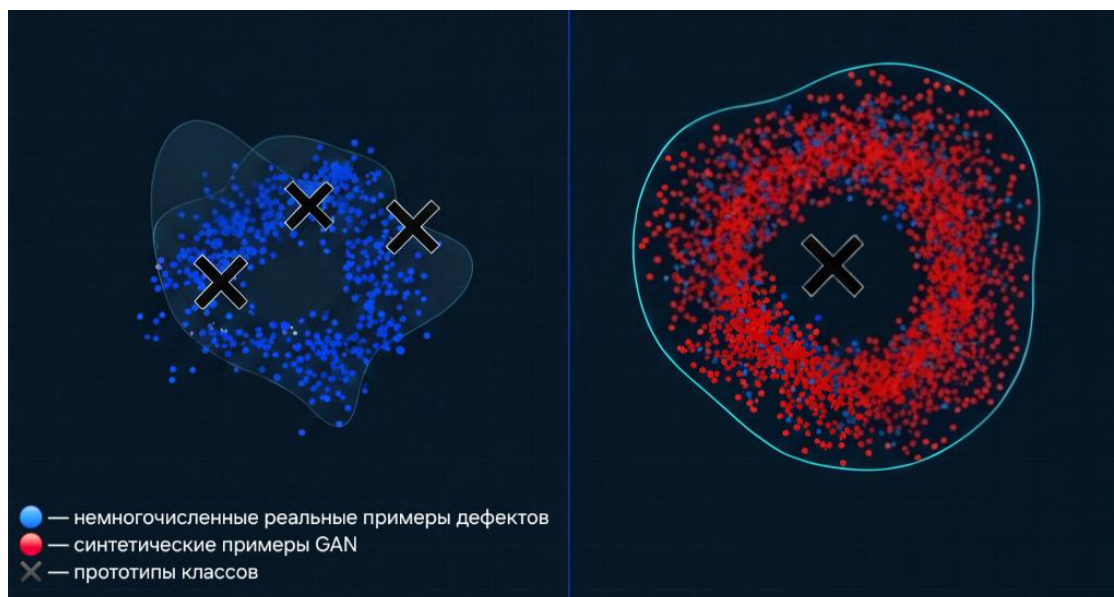


Рисунок 2 – Визуализация проблемы малых данных (Small Data) в пространстве признаков

Выводы

Основной вывод: гибридный подход GAN + FSL является наиболее перспективным для создания диагностических систем в условиях дефицита данных, обеспечивая баланс между разнообразием и стабильностью.

Научная задача – разработка устойчивых архитектур GAN для синтеза виброакустических сигналов и алгоритмов их интеграции в FSL-конвейер. Практическая значимость заключается в быстром развертывании систем предиктивной диагностики для новых моделей ТТМ и снижении зависимости от импортных решений [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Antoni, J. Cyclostationarity by examples / J. Antoni // Mechanical Systems and Signal Processing. – 2009. – Vol. 23, № 4. – P. 987-1036.
2. Finn, C. Model-Agnostic Meta-Learning for Fast Adaptation of Deep Networks / C. Finn, P. Abbeel, S. Levine // Proc. of ICML. – 2017. – P. 1126-1135.
3. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
4. Kingma, D. P. Adam: A Method for Stochastic Optimization / D. P. Kingma, J. Ba // Proc. of ICLR. – 2015.
5. Smith, W. A. Rolling element bearing diagnostics using the Case Western Reserve University data: A benchmark study / W. A. Smith, R. B. Randall // Mechanical Systems and Signal Processing. – 2015. – Vol. 64-65. – P. 100-131.
6. Фомин, А. Ю. Выбор и обоснование методик обработки, оценка надёжности результатов экспериментов / А. Ю. Фомин, А. В. Лапаев, Э. Н. Халилов // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 70-летию ФГБОУ

ВО Красноярский ГАУ, Красноярск, 19-21 апреля 2022 года. – Часть 2. – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2022. – С. 131-134.

7. Апатенко, А. С. Механизм распознавания состояния конструктивных элементов технологических машин / А. С. Апатенко, Н. С. Севрюгина // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2020. – № 12. – С. 23-28. – DOI: 10.31044/1684-2561-2020-0-12-23-28.

8. Технический сервис дизельной топливной аппаратуры / Е. А. Пучин, О. Н. Дидманидзе, В. М. Корнеев, Д. И. Петровский. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2003. – 108 с.

9. Информационный банк параметрических данных для контроля ресурсного нагружения элементов технических систем технологических машин / А. С. Апатенко, Н. С. Севрюгина, А. В. Миронов, О. А. Ступин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2021. – № 7. – С. 24-29. – DOI: 10.31044/1684-2561-2021-0-7-24-29.

10. Цифровые технологии проектирования процессов в АПК / П. В. Голицкий, У. Ю. Антонова, Э. И. Черкасова [и др.]. – Саратов : Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2023. – 187 с. – ISBN 978-5-00207-374-0.

Об авторах:

Шабловский Ярослав Дмитриевич, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Апатенко Алексей Сергеевич, заведующий кафедрой технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор, a.apatenko@rgau-msha.ru.

About the authors:

Yaroslav D. Shablovsky, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Alexey S. Apatenko, Head of Department of Mechanical Engineering and Power Engineering, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, Professor, a.apatenko@rgau-msha.ru.

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ПОГРУЗЧИКА-ЭКСКАВАТОРА МАРКИ JCB

А. С. Шинкаренко

Научный руководитель – А. С. Апатенко

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются системы для повышения точности выполнения земляных работ на экскаваторе-погрузчике JCB 3CX путём внедрения электрической системы сервоуправления гидравлической системы. Показаны недостатки механической схемы управления и преимущества применения сервораспределителей и электронного блока управления. Представлена математическая модель контуров «сервоклапан – гидроцилиндр – нагрузка» и выполнена оценка прироста точности и производительности. Установлено, что внедрение электрического сервоуправления улучшает точность позиционирования и снижает эксплуатационные затраты.

Ключевые слова: сервоуправление, гидравлическая система, JCB 3CX, сервораспределитель, точность нивелирования, гидропривод, математическое моделирование, автоматизация земляных работ.

HYDRAULIC CONTROL SYSTEMS FOR JCB EXCAVATOR LOADERS

A. S. Shinkarenko

Scientific advisor – A. S. Apatenko

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. This paper examines the improvement of earthmoving accuracy on the JCB 3CX backhoe loader through the implementation of an electric servo-controlled hydraulic system. Limitations of the mechanical control scheme are highlighted, and the advantages of servo valves and electronic control units are demonstrated. A mathematical model of the “servo valve – hydraulic cylinder – load” system is presented, along with an evaluation of accuracy and productivity gains. The study shows that electric servo control improves positioning precision and reduces operating costs.

Keywords: servo control, hydraulics, JCB 3CX, servo valve, leveling accuracy, hydraulic drive, mathematical modeling, earthmoving automation.

На сегодняшний день широкое распространение получили универсальные

землеройно-погрузочные машины, к числу которых относятся экскаваторы-погрузчики фирмы JCB. Эти машины сочетают функции экскаватора и фронтального погрузчика, что делает их незаменимыми в строительстве, коммунальном хозяйстве и дорожных работах. Однако при всех преимуществах данные машины имеют ограниченные возможности по обеспечению высокой точности позиционирования рабочего оборудования при механическом управлении гидравликой. Управление положением ковша или отвала осуществляется вручную оператором, что делает процесс зависимым от его квалификации, опыта, внимания и физического состояния.



Рисунок 1 – Общий вид погрузчика-экскаватора JCB 3CX

Погрешности, возникающие в процессе ручного управления, особенно проявляются при операциях планировки и нивелирования поверхности. Даже при высокой квалификации оператора сложно обеспечить стабильную повторяемость движения рабочего органа с требуемой точностью. Кроме того, колебания давления в гидросистеме, нелинейность характеристик распределителей и различия в усилиях сопротивления грунта приводят к дополнительным ошибкам позиционирования. В условиях современного дорожного строительства, где предъявляются повышенные требования к точности и скорости выполнения операций, указанные недостатки становятся существенным ограничением [1, 2, 6, 7].

Для повышения точности нивелирования применяются различные технические решения:

- системы автоматического управления положением отвала или ковша по сигналам от лазерных нивелиров и GPS-приёмников;
- гидравлические системы с обратной связью по положению рабочего органа;
- применение сервоклапанов и прецизионных распределителей, обеспечивающих плавное и стабильное движение гидроцилиндров;
- модернизация машин с механическим управлением посредством установки систем сервоуправления, которые обеспечивают точное дозирование потока рабочей жидкости и реализуют обратную связь между управляющим элементом и исполнительным механизмом.

Использование сервоприводов позволяет обеспечить стабилизацию положения рабочего органа независимо от колебаний нагрузки и параметров гидро-системы, тем самым значительно повышая точность нивелирования [3-5]. Это особенно актуально для машин, не оснащённых электронными системами управления, к числу которых относится большая часть парка экскаваторов-погрузчиков JCB 3CX (рисунок 1.).

Таким образом, современные технологии выполнения земляных работ характеризуются переходом от полностью механического управления к интеллектуальным и автоматизированным системам. Повышение точности нивелирования является ключевым направлением в развитии строительной техники, поскольку напрямую влияет на качество, скорость и экономическую эффективность строительного процесса.

Таблица 1 – Сравнение систем управления гидравликой на погрузчике-экскаваторе

Наименование системы управления гидравликой	Описание принципа работы	Надежность системы	Средняя стоимость, руб.	Скорость нивелирования, м/мин	Точность нивелирования, мм/км
Механическое управление	Классический способ, используется тросовые тяги и рычаги	Высокая	500 000	10...15	±50
Гидравлическое управление	Использование гидравлических клапанов для плавного перемещения рычагов	Высокая	850 000	20...30	±10
Система сервоуправления	Автоматизированная система, использующая сервоприводы для повышения точности и производительности	Средняя	1 500 000	30...40	±5
Система лазерного нивелирования (2D)	Интеграция системы выравнивания поверхности с использованием лазера	Средняя	2 000 000	25...35	±2
Система GPS нивелирования (3D)	Точная навигационная система позиционирования и контроля глубины копания с использованием спутниковых технологий	Средняя	3 000 000	25...35	±1

Из данных, представленных в таблице 1, видно, что традиционное механическое управление обеспечивает минимальные затраты, но не удовлетворяет современным требованиям к точности и скорости.

Лазерные и GPS-системы обеспечивают высокую точность, однако требуют дорогостоящего оборудования и не всегда применимы в условиях ограниченного бюджета или сложного рельефа.

Оптимальным решением для модернизации экскаваторов-погрузчиков типа JCB 3CX является внедрение системы сервоуправления гидравликой, обеспечивающей повышение точности и скорости работы без необходимости полной замены гидравлической системы [2, 6-8].



Рисунок 2 – Диаграмма сравнения скорости нивелирования систем управления гидравликой, м/мин

Выводы

Анализ конструктивных особенностей, динамики работы и точности позиционирования рабочего органа экскаватора-погрузчика JCB 3CX показывает, что электрическая система сервоуправления гидравликой обладает существенными преимуществами по сравнению с традиционной механической схемой управления (Рисунок 2).

Практическая значимость предложенной модернизации заключается в том, что изменение штатной гидравлической системы JCB 3CX посредством установки электрического сервоуправления позволяет перевести машину на уровень современных стандартов точности и автоматизации, что особенно востребовано в строительстве, дорожных и коммунальных работах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
2. Павлов, В. П. Дорожно-строительные машины. Системное проектирование, моделирование, оптимизация: учебное пособие / В. П. Павлов, Г. Н. Карасев. – М. : Инфра-М, 2017. – 168 с.
3. Фельдман, В. Д. Основы инженерной геодезии: учебник / В. Д. Фельдман, Д. Ш. Михелев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа; Издательский центр «Академия», 2016. – 305 с.
4. Электронный каталог строительной техники JCB [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.jcb.com/> (дата обращения: 23.10.2025).
5. Официальный сайт компании TOPCON [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://topcon.pro/> (дата обращения: 23.10.2025).

6. Голубев, И. Г. Состояние и перспективы вовлечения залежных земель в оборот / И. Г. Голубев, А. С. Апатенко, Н. С. Севрюгина // Мелиорация. – 2021. – № 3(97). – С. 67-74.

7. Организация технического сервиса по фактическому состоянию машин на основе оценки их параметрической надежности / О. Н. Дидманидзе, Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, А. М. Карев. – М. : ООО «УМЦ Триада», 2016. – 128 с. – ISBN 978-5-9546-0107-7.

8. Apatenko, A. Tensometry of Interfaces of the Working Body of Technology Machines for Reclamation Works / A. Apatenko, N. Sevryugina // Smart Innovation, Systems and Technologies. – 2022. – Vol. 247. – P. 73-81. – DOI: 10.1007/978-981-16-3844-2_9.

Об авторах:

Шинкаренко Арсений Сергеевич, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Апатенко Алексей Сергеевич, заведующий кафедрой технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор, a.apatenko@rgau-msha.ru.

About the authors:

Arseny S. Shinkarenko, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Alexey S. Apatenko, Head of Department of Mechanical Engineering and Power Engineering, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, Professor, a.apatenko@rgau-msha.ru.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ ВАЗ 21179

А. Ю. Сюсюков

Научный руководитель – В. Л. Чумаков

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается комплексный подход к модернизации серийного бензинового двигателя ВАЗ 21179, направленный на одновременное повышение мощности, топливной экономичности и снижение токсичности отработавших газов. Предлагаемая концепция основана на повышении геометрической степени сжатия, реализации цикла Миллера, применении турбонаддува, перевода на газовое топливо и применения импульсного выпускного коллектора схемы 4-2-1. Показано, что повышение степени сжатия, цикл Миллера повышает термодинамический КПД двигателя; газовое топливо устраняет проблему детонации при высокой степени наддува, правильно выбранный турбокомпрессор обеспечивает быстрый отклик при разгоне, а выпускной коллектор улучшает продувку цилиндров.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, степени сжатия, цикл Миллера, турбонаддув, газовое топливо, фазорегулятор, выпускной коллектор.

KEY DIRECTIONS FOR IMPROVING THE PERFORMANCE OF THE VAZ 21179 ENGINE

A. Yu. Syusyukov

Scientific advisor – V. L. Chumakov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. This article examines a comprehensive approach to upgrade the production VAZ 21179 gasoline engine, aimed at simultaneously increasing power, fuel efficiency, and reducing exhaust emissions. The proposed concept is based on increasing the geometric compression ratio, implementing the Miller cycle with turbocharging, converting to gas fuel, and using a 4-2-1 pulsed exhaust manifold. It has been shown that increasing the compression ratio of the Miller cycle improves the engine's thermodynamic efficiency; gaseous fuel eliminates detonation at high boost levels; a properly selected turbocharger ensures rapid response during acceleration; and an exhaust manifold improves cylinder scavenging.

Keywords: internal combustion engine, compression ratio, Miller cycle, turbocharging, gaseous fuel, phase shifter, exhaust manifold.

Современные требования к автомобильным двигателям ужесточаются по всем направлениям: необходимо повышать мощность, снижать расход топлива и уменьшать вредные выбросы с отработавшими газами. Очевидно, что эти проблемы затрагивают и отечественные двигатели Волжского автозавода (ВАЗ). Завод постоянно работает над улучшением рабочего процесса своих двигателей, но их показатели пока отстают от лучших моделей международного уровня.

Одной из основных моделей ВАЗ является двигатель ВАЗ 21179, построенный в 2016 году. Реализуя комплекс мер по доводке рабочего процесса базового двигателя ВАЗ 21126, заводу уже удалось повысить максимальную мощность со 106 до 122 л.с., а крутящий момент до 146 до 170 Нм (рисунок 1). Повышение хода поршня до 84 мм при диаметре цилиндра 82 мм дало повышение рабочего объема до 1,8 л, и в сочетании с оптимизацией фаз газораспределения, применением фазорегулятора, и некоторыми другими мерами, существенно улучшило базовые мощностные характеристики двигателя. Однако на сегодня данный уровень форсировки мотора не может считаться достаточным.

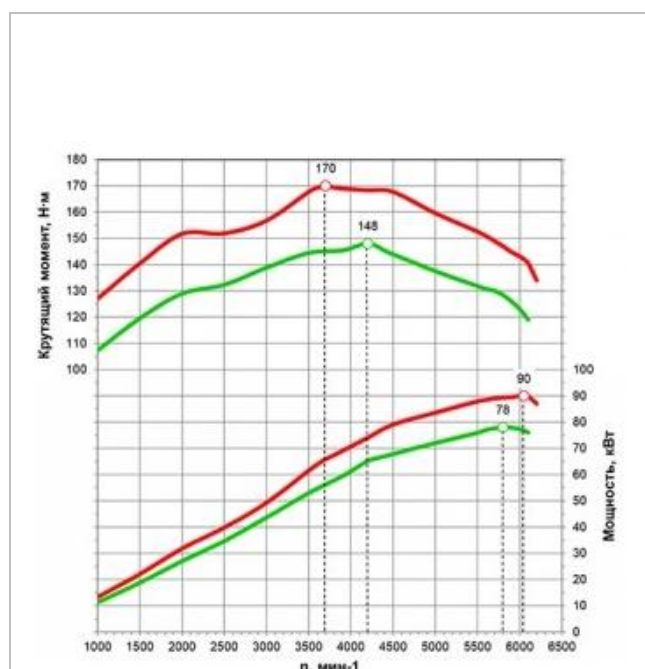


Рисунок 1 – Внешняя скоростная характеристика двигателей ВАЗ 21126 и ВАЗ 21179 [1]

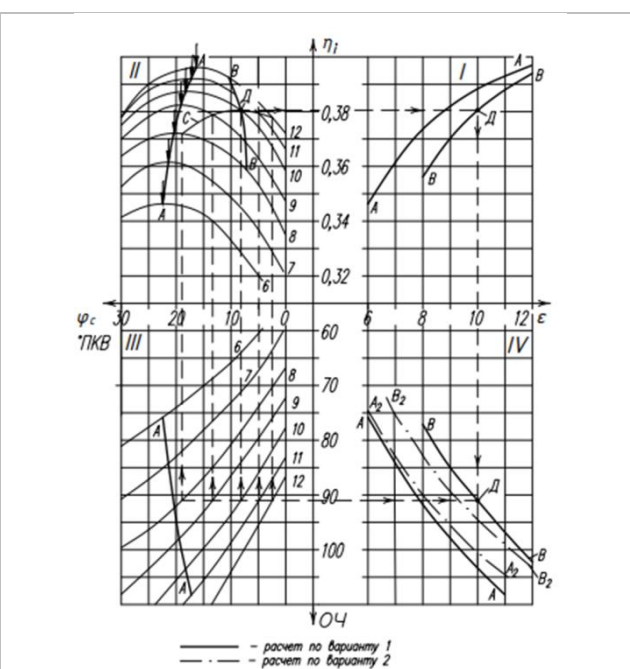


Рисунок 2 – Выбор допустимой степени сжатия при максимальном КПД для товарных бензинов [2]

Известным, классическим методом улучшения мощностных и экономических показателей двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является повышение степени сжатия ϵ . В настоящее время на ВАЗ 21179 $\epsilon = 10,3$ для рекомендованного бензина АИ-92. Данный конструктивный параметр является первым шагом по улучшению показателей двигателя.

Как показано в работе [2], повышение степени сжатия на 1 единицу в диапазоне 7...12, позволяет повысить индикаторный КПД двигателя в среднем на 0,01 – примерно от 5 % (абсолютных процентов) на малых ϵ , и 2,6 % на высоких

ε . По данным [3], использование обедненных смесей, например, при реализации расслоенного заряда в цилиндре, может расширить диапазон допустимой по детонации степени сжатия до 12...13 единиц для топлива с октановым числом $ОЧ = 100$. Эти расчетные данные согласуются с параметрами, например, серийно выпускаемых двигателей Тойота (Dynamic Force, M20-FKS) и Мазда (Skyactiv-G) $\varepsilon = 14$ [4, 5]. Поэтому, повышение степени сжатия в двигателе ВАЗ 21179 до $\varepsilon = 14$, следует считать целесообразным. Однако учитывая возможный диапазон рабочих частот двигателя, на малых частотах вращения, такая ε , вероятно потребует существенной корректировки углов опережения зажигания на малых частотах вращения $n = 1500...2500$ об/мин и полных нагрузках, что негативно скажется на топливной экономичности. Поэтому второй рекомендацией по доводке рабочего процесса в данном двигателе следует рекомендовать реализацию цикла Миллера [6].

В отличие от обычного двигателя, где степень сжатия определяется геометрией цилиндра и камеры сгорания, в цикле Миллера эффективная степень сжатия регулируется путём изменения момента закрытия впускного клапана. Впускной клапан закрывается не в нижней мёртвой точке, а значительно позже. В результате часть воздушно-топливной смеси выталкивается обратно во впускной коллектор. Таким образом, реальное количество смеси, остающейся в цилиндре для сжатия, уменьшается. Это приводит к снижению фактического (эффективного) давления и температуры в конце такта сжатия, что предотвращает детонацию. Степень расширения при этом соответствует высокой геометрической степени сжатия, а значит, сохраняется большой рабочий ход поршня. В результате двигатель совершает полезную работу на протяжении большего расстояния, что повышает его термический коэффициент полезного действия. Для реализации цикла Миллера необходима система изменения фаз газораспределения с расширенным диапазоном регулирования, способная обеспечить позднее закрытие впускных клапанов.

Расчет рабочего цикла по методу [7] позволяет приблизительно оценить необходимое время запаздывания закрытия впускного клапана для обеспечения допустимой по детонации фактической степени сжатия. Расчеты на режиме $n = 2000$ об/мин и полной нагрузке, показывают, что для ограничения детонации товарных бензинов АИ-95 параметры конца сжатия по давлению и температуре не должны превышать эквивалентных степеней сжатия 8,5...9,0 единиц. Такие условия могут быть обеспечены при запаздывании закрытия впускного клапана до 70...100° пкв. На малых, 50 % нагрузках по наполнению, запаздывание закрытия впускного клапана может быть уменьшено до 30° пкв. Данные рекомендации могут быть реализованы при установке фазорегулятора впускного клапана. Расчетами не оценивалось, но, возможно будет целесообразным и установка фазорегулятора на выпускном клапане.

Снижение фактической степени сжатия и применение обедненных смесей уменьшает мощность двигателя. Поэтому предыдущие рекомендации логически требуют использования турбонаддува в данном двигателе. Известные рекомендации по наддуву в поршневых ДВС представлены в работе [8]. Для двигателя не-

большого рабочего объёма (например, 1,8 литра) критически важна скорость отклика турбины – время, за которое она раскручивается и начинает подавать воздух под давлением. Характер турбины определяется геометрическим параметром A/R (отношение площади сечения входа к радиусу). Малый параметр A/R (например, 0,64) означает, что турбина имеет небольшую «улитку», что обеспечивает высокую скорость потока выхлопных газов и, как следствие, быструю раскрутку ротора. Это позволяет получить максимальное давление наддува уже на низких и средних оборотах (2500...3500 об/мин), минимизируя явление «турбоямы». Для рассматриваемого проекта оптимальным может считаться турбокомпрессор Garrett GT2252S с A/R=0,64.

Согласно заводским характеристикам турбокомпрессора Garrett GT2252S (рисунок 3), для двигателя рабочим объемом 1,8...2,0 л уже на малых оборотах, обеспечивается степень повышения давления 1,25, что повышает динамические качества автомобиля уже с начала движения. На режимах максимального крутящего момента 3500 об/мин степень повышения давления 1,5...1,7, а на номинальной частоте 2,0...2,5.

Это должно обеспечить рост максимального крутящего момента до 255 Нм, и номинальной мощности до 244 л.с.

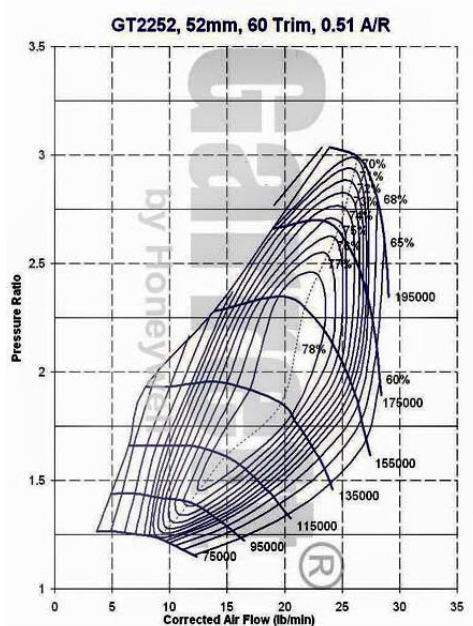


Рисунок 3 – Характеристика турбокомпрессора Garrett Gt2252S

Ориентировочные расчеты по модели [6] показывает, что восстановление исходных мощностных показателей, и даже их улучшение на 15...20 %, возможно при реализации наддува и повышения форсировки рабочего цикла при степени наддува 2 единицы.

Проблема детонации ограничивает потенциал как турбонаддува, так и использования термодинамически эффективных циклов с высокой степенью сжатия. В этой связи, предлагается комплексное решение применения турбонаддува в сочетании с переходом на альтернативное топливо. Цикл Миллера, сохраняя

высокую геометрическую степень сжатия, сам по себе не решает проблему детонации при высоком давлении наддува. Напротив, он делает двигатель более требовательным к качеству топлива. Здесь на помощь приходит сжиженный углеводородный газ (СУГ), например, пропан-бутановая смесь [9].

Основным преимуществом газа является его высокое октановое число – $ОЧ = 105...110$ против $ОЧ = 92...98$ у бензина. Октановое число характеризует стойкость топлива к детонационному сгоранию. Высокое значение этого параметра позволяет безопасно эксплуатировать двигатель с сохранённой высокой степенью сжатия даже при значительном повышении давления наддува, которое необходимо для достижения целевых мощностных показателей. Кроме антидетонационных свойств, газ обладает и другими преимуществами: более чистым сгоранием с меньшим образованием нагара, сниженным износом цилиндропоршневой группы (так как газ не смывает масляную плёнку со стенок цилиндров), а также экономической выгодой. Для эффективной работы в условиях турбонаддува рекомендуется использовать системы впрыска газа последнего поколения, которые подают топливо в жидкой фазе, что не снижает наполнение цилиндров воздухом.

Необходимым этапом доводки двигателя следует считать настройку системы выпуска для обеспечения оптимальных характеристик, в первую очередь – хорошей отзывчивости и эластичности. Здесь целесообразно сочетать предложенное применение фазорегулятора выпуска и динамическую настройку выпускного коллектора. Выпускной коллектор играет ключевую роль в эффективности работы турбины и продувке цилиндров. В предлагаемой схеме рекомендуется коллектор импульсного типа схемы «4-2-1». В этой конструкции выхлопные патрубки от цилиндров, рабочие такты которых не пересекаются (первый-четвёртый и второй-третий), объединяются попарно в две отдельные трубы. Это предотвращает взаимное влияние выхлопных импульсов, когда газы из одного цилиндра мешают эффективному очищению другого. В результате улучшается продувка цилиндров, особенно на средних оборотах, что способствует более быстрому раскручиванию турбины, лучшему наполнению цилиндров свежим зарядом и, в конечном итоге, повышению крутящего момента в наиболее используемом диапазоне оборотов 2000...3000 об/мин на 7...15 % [10].

Комплекс, включающий цикл Миллера, газовое топливо, турбонаддув с правильно подобранным турбокомпрессором и оптимизированный выпускной тракт, создаёт синергию, в результате которой характеристики двигателя значительно превосходят показатели, достижимые при использовании каждой из технологий по отдельности. Полученный силовой агрегат сочетает высокую удельную мощность с улучшенным КПД и хорошей эластичностью, что отвечает современным требованиям как к производительности, так и к экономии ресурсов. Ожидается, что такой двигатель сможет развивать мощность 240...260 л.с. при сохранении высокого крутящего момента в широком диапазоне оборотов (350...400 Н·м в зоне 3000...4500 об/мин) и улучшенных показателях топливной экономичности.

Основными направлениями дальнейших работ должны стать экспериментальные исследования для подтверждения теоретических выкладок, разработка

адаптивных алгоритмов управления системами двигателя и изучение долговременной надёжности всех компонентов в условиях повышенных нагрузок.

Выводы.

1. Теоретический анализ показывает, что существенное повышение эффективных показателей двигателей требуют реализации комплексного подхода и внедрения ряда мероприятий, обеспечивающих не просто суммирование технологий, а их синергетический эффект.

2. Результаты работы указывают на целесообразный комплекс доводки рабочих процессов двигателя ВАЗ 21179, включающих повышение степени сжатия до 14 единиц, применение непосредственного впрыска, обеспечивающего расслоение заряда в цилиндре двигателя при средних составах смеси $\alpha = 1,2$, реализацию цикла Миллера с запаздыванием закрытия впускного клапана до $70 \dots 100^\circ$ пкв, использование высокого наддува 2,0 с турбокомпрессором малого расчетного диаметра $A/R = 0,64$, применение систем впрыска газового топлива шестого поколения, и наконец, изготовление и установку выпускного коллектора импульсного типа схемы «4-2-1».

3. Ожидается, что такой двигатель сможет развивать мощность $240 \dots 260$ л.с. при сохранении высокого крутящего момента в широком диапазоне оборотов ($350 \dots 400$ Н·м в зоне $3000 \dots 4500$ об/мин) и улучшенных показателей топливной экономичности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Двигатель ВАЗ 21127. Технические характеристики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/505524111443755642>.

2. Капустин, А. В. Исследование антидетонационных свойств бензиновых двигателей с помощью регрессионного анализа / А. В. Капустин, В. Л. Чумаков / Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2025. – № 2. – С. 8-14.

3. Капустин, А. В. Математическое моделирование детонации в двигателях с искровым зажиганием / А. В. Капустин, В. Л. Чумаков, С. Н. Девянин / Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 4. – С. 43-51.

4. Двигатель Mazda PE-VPS – устройство, характеристики, обслуживание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.motorhunter.ru/engine/mazda/pe-vps>

5. Двигатель Toyota M20A-FKS – устройство, характеристики, обслуживание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.motorhunter.ru/engine/toyota/m20a-fks>.

6. Перспективы применения циклов Миллера и Аткинсона в современных ДВС // Двигателестроение. – 2020. – № 4. – С. 12-17.

7. Капустин, А. В. Математическая модель рабочего цикла двигателя с искровым зажиганием / А. В. Капустин, С. В. Смирнов, В. Л. Чумаков / Чтения академика В.Н. Болтинского : сборник статей семинара. – 2021. – С. 86-95.

8. Турбонаддув двигателей внутреннего сгорания: теория, расчёт и проектирование / Под ред. А.С. Орлина. – М. : Машиностроение, 2018.

9. Корчагин, В. П. Применение газового топлива в автомобильных двигателях: преимущества и проблемы / В. П. Корчагин, Д. А. Лисовенко // Транспорт на альтернативном топливе. – 2019. – № 3. – С. 24-29.

10. Смирнов, Н. А. Динамика газообмена в двигателях с турбонаддувом / Н. А. Смирнов. – СПб. : Политехника, 2017.

Об авторах:

Сюсюков Анатолий Юрьевич, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Чумаков Валерий Леонидович, профессор ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, профессор, vchumakov@rgau-msha.ru.

About the authors:

Anatoly Yu. Syusyukov, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Valery L. Chumakov, professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, professor, vchumakov@rgau-msha.ru.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА В СОВРЕМЕННЫХ ДВС

А. Р. Грязнов

Научный руководитель – В. Л. Чумаков

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», Москва, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрена общая характеристика водорода в качестве альтернативного топлива на автомобильном транспорте с позиции технической применимости и экологического эффекта. Даны перспективы прямого использования водорода в традиционных двигателях внутреннего сгорания и в топливных элементах в гибридных электрических силовых установках.

Ключевые слова: альтернативные топлива, водород, топливные элементы.

PROSPECTS FOR USING HYDROGEN IN MODERN COMBUSTION ENGINES

A. R. Gryaznov

Scientific advisor – V. L. Chumakov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The general characteristics of hydrogen as an alternative fuel for automotive transport are examined in terms of its technical applicability and environmental impact. Prospects for the direct use of hydrogen in traditional internal combustion engines and in fuel cells in hybrid electric powertrains are discussed.

Keywords: alternative fuels, hydrogen, fuel cells.

Двигатели внутреннего сгорания остаются основными энергетическими установками на транспорте и в сельском хозяйстве. В качестве альтернативных видов топлива ДВС в настоящее время рассматривается достаточно широкий спектр. Как и прежде, на первом месте не только рассматриваются, но уже активно используются сжиженный углеводородный газ, сжиженный и сжатый природный газ, различные виды биотоплива, например, биоэтанол, биодизель. Несмотря на сложности производства и использования, активно разрабатывается технологии использования водорода [1].

Как по своим свойствам, так и по стоимости использования, альтернативные топлива сильно различаются. С практической точки зрения выбор топлива определяется компромиссом между инфраструктурными затратами на производство, транспортировку, распределение и использование топлива и технической

доработкой поршневых двигателей, обеспечивающей эффективное, безопасное использование топлива в ДВС.

Среди альтернативных видов топлива, водород занимает особое положение. Водород – это инновационный энергоноситель, который открывает новые возможности для экологически чистой энергетики [2]. В связи с требованиями Киотского протокола по борьбе с изменениями климата, в качестве основного принципиального отличия водорода от традиционных энергоносителей отмечается практически полное отсутствие углеродного следа. К примеру, сжигание углеводородов даже при низком выбросе токсичных компонентов, регламентируемых требованиями ЕВРО [6], сопровождается выделением углекислого и других парниковых газов. Считается, что при горении H_2 выделяется только тепло и водяной пар. Однако такое представление является очевидно очень упрощенным.

Данный вид топлива также имеет ряд недостатков. В качестве основных, препятствующих его использованию отмечается высокая стоимость производства, транспортировки и использования. До настоящего времени, наиболее распространенным, более 95 %, считается производство водорода из ископаемого топлива. И здесь вновь возникает зависимость от природных ресурсов. Низкая энергия воспламенения водорода определяет его высокую взрывоопасность. Условия хранения водорода – при давлениях 350...700 бар и низкие температуры его сжижения – ниже минус 250 градусов существенно повышают стоимость хранения и транспортировки. Значительные проблемы существуют и с инфраструктурой. Для заправки водородом нужны специальные станции, которые стоят гораздо дороже, чем обычные для нефтяного топлива. По данным американских исследователей, для эквивалентного количества энергоносителя в 120 МДж, галлон бензина в США стоит около \$3,1, а эквивалентный ему 1 кг водорода - \$8,6. Наконец, до настоящего времени, не отработаны оптимальные процессы сгорания водорода в традиционных ДВС.

В настоящее время существует два основных направления применения водорода на транспорте. В качестве основного направления хотелось бы считать разработку рабочих процессов смесеобразования и сгорания традиционных ДВС. Другой способ рассматривает кардинальное изменение силовой установки транспортных средств. Традиционный ДВС заменяется на ту или иную форму электродвигателя и соответствующей трансмиссии, а источником электроэнергии становятся топливные элементы, вырабатывающие электрический ток в ходе химической реакции водорода на борту автомобиля.

Отечественные ученые имеют определенный опыт теоретических и экспериментальных исследований применения водорода. Например, экспериментальные работы по прямому использованию водорода в дизелях были проведены в 1982...1985 годах в Московском государственном агроинженерном университете имени В. П. Горячкина. В качестве объекта исследований являлся дизельный 2-х цилиндровый двигатель воздушного охлаждения Д-120. Водород подавался во впускной трубопровод, а его воспламенение обеспечивалось запальной дозой дизельного топлива, подаваемого через штатную форсунку дизеля. Иссле-

дования проводились и учеными других российских университетов, а также исследовательскими институтами (НАМИ) и автомобильными заводами ВАЗ, КАМАЗ.

До настоящего времени отечественными специалистами не представлено публично решений по модернизации рабочего процесса и непосредственного сгорания водорода в традиционных ДВС. Причинами являются названные особенности низкой энергии активации для воспламенения водорода и проблемы его смесеобразования и сгорания в существующих дизелях и двигателях искрового зажигания. Зарубежные источники указывают ряд компаний, ведущих в последние 10 лет успешные разработки по модернизации традиционных ДВС для прямого сгорания водорода. Среди них Toyota, Weichai, Daimler, Mercedes, Deutz, Man и другие. В частности, публикации компании KEYOU характеризуют работы по созданию двух двигателей рабочим объемом 7,8 л на базе двигателя DEUTZ TCD и 12,8 л на базе Mercedes OM471 для большегрузных автомобилей грузоподъемностью соответственно 18 и 40 тонн, которые подготовлены для опытной эксплуатации. На базе двигателя 7,8 л шестицилиндрового двигателя Deutz 7,8 л создана водородная модификация мощностью 210 кВт, максимальным КПД 44,5 %, общий углеводородный след в отработавших газах не превышает 1 %, а суммарная токсичность отработавших газов обеспечивается на уровне Евро 6 без специальных средств по нейтрализации. Отмечено, что модернизация серийного дизеля Deutz потребовала снижения степени сжатия, переход на внешнее смесеобразование, искровое зажигание, разработку новой системы питания и регулирования. Водород из баллонов при давлении 350 бар поступает во впускной трубопровод. Сгорание без детонации требует обеднения смеси до $\alpha = 1,5 \dots 1,7$, а очевидное снижение среднего эффективного давления требует использования турбокомпрессора. Базовый блок цилиндров сохранен, но потребовалось изменить камеру сгорания – поршень и головку блока цилиндров [3].

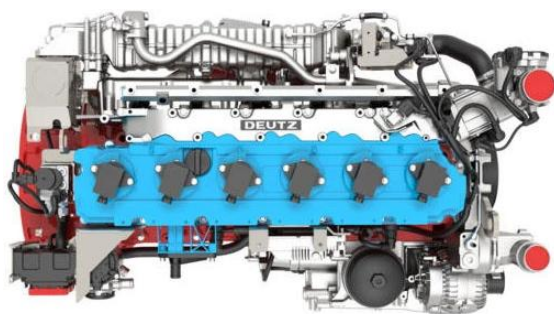


Рисунок 1 – Двигатель KEYOU и автомобиль Mercedes-Benz 18 т на водороде

Данные рекомендации по модернизации ДВС для работы на водороде можно считать «типичными», которые отмечают и многие другие компании. Типичными являются и проблемы таких двигателей – сложное управление процессами сгорания ввиду высокой химической активности водорода. Однако, несмотря на проблемы, компании-разработчики отмечают, что высокая унифика-

ция водородных и базовых двигателей означает быстрый выход на рынок, высокую надежность и минимальное влияние на экономику производства традиционных ДВС. Особенный интерес представляют мощные силовые установки на водороде, сохраняющие традиционные трансмиссии и исключаящие большую массу тяговых батарей или топливных элементов, а также экономические и экологические проблемы последующей утилизации тяговых батарей.

Пока считается, что наиболее приемлемым способом использования водорода на транспорте является его использования в качестве энергоносителя топливных элементов, вырабатывающих электрическую энергию для электродвигателей, заменяющих традиционный ДВС.

В ходе инициативных работ Волжского автомобильного завода, начавшихся в 1999-2003 гг. была предложена силовая установка АНТЭЛ-2 (рисунок 2). Опытной моделью для первого отечественного водородного автомобиля послужил ВАЗ-2131.

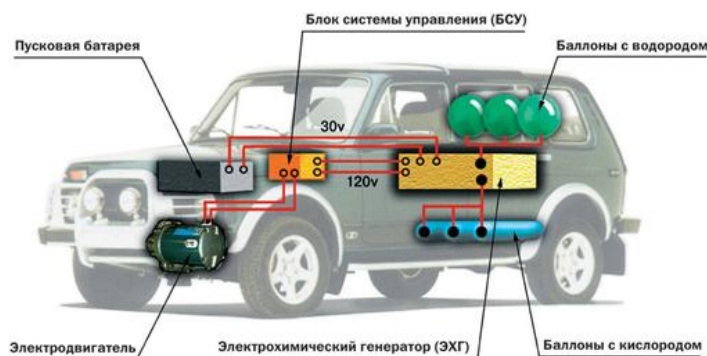


Рисунок 2 – Схема агрегатов на автомобиле ВАЗ 2131 с водородными топливными элементами

Для реакции кислород и водород содержались в двух баллонах, из которых поступали в электрохимический генератор для получения электрической энергии. Ёмкость водородных баллонов составляла 90 литров, обеспечивающих запас хода на 350 км пути [4]. В 2022 году Московский научный автомобильный институт (ФГУП «НАМИ») представил модернизированную версию экспериментального прототипа автомобиля NAMI Hydrogen, созданного на базе серийного седана Aurus Senat, оснащенного силовой установкой с водородными топливными ячейками.

Примером успешной реализации вышеизложенных идей служат разработки компании Toyota, в 2014 году выпустившей первый в мире серийный автомобиль на водороде – Mirai. Силовая установка Toyota Mirai – гибридная, включает три составные части. Первая часть – батарея топливных элементов на 114 кВт мощности, ёмкостью 45 А·ч. Водородный генератор Mirai из 370 ячеек, объемом 37 л и весом 56 кг. Два топливных бака 60 и 62,4 л вмещают 5 кг водорода. Вторая часть установки – синхронный электродвигатель переменного тока мощностью 114 кВт (154 л.с.), работающий как генератор при торможении, тем самым регенерируя энергию во вторичный аккумулятор. Третья часть – повышающий преобразователь, где постоянный ток преобразуется в переменный, а

напряжение увеличивается до 650 вольт. Запас хода по стандарту ЕРА – достигает 644 км. Время полной заправки двух баллонов – 3 минуты [5].

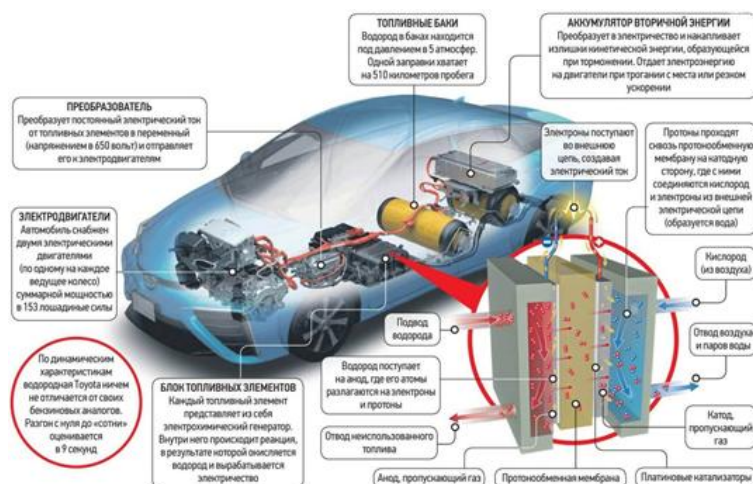


Рисунок 3 – Конструкция гибридного автомобиля на топливных элементах компании Toyota

На низких скоростях, при езде по городу, автомобиль работает так же, как любой полностью электрический автомобиль, используя энергию, запасённую в аккумуляторе, который заряжается за счёт рекуперативного торможения.

На более высоких скоростях электродвигатель приводится в действие только от водородного топливного элемента. Когда же требуется больше мощности, например, при резком ускорении, аккумулятор поддерживает систему топливных элементов, поскольку они работают вместе, обеспечивая движение.

В 2024 году КАМАЗ представил свою разработку КАМАЗ 53193 «Чистогор», грузоподъёмность 20 т. Традиционный дизель заменён на тяговый электродвигатель 245 кВт (333 л.с.). Мощность водородных топливных элементов должна составлять не менее 60 кВт, а запас водорода 12,5 кг, хранится в баллонах за кабиной при 350 бар [6, 7].



Рисунок 4 – КАМАЗ 53193 на водороде

Выводы:

1. Водород рассматривается как серьезная перспектива альтернативного топлива на автомобильном транспорте, несмотря на экономические проблемы с его производством, хранением и транспортировкой, а также технические сложности применения в качестве топлива.
2. Ближайшей перспективой применения водорода следует считать его использование в топливных элементах и гибридных электрических силовых установках, особенно на коммерческом транспорте средней грузоподъемности и возможностью заправки в городских условиях.
3. Прямое применение водорода в традиционных ДВС является высокоэффективным, и несмотря на проблемы с организацией рабочих процессов водородных ДВС является целесообразным на автомобилях большой грузоподъемности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания / А. А. Александров, И. А. Архаров, В. В. Багров [и др.]. – М. : Инженер, 2012. – 790 с.
2. Аллаяров, Т. А. Приоритеты применения водородного топлива в двигателях внутреннего сгорания грузовых автомобилей / Т. А. Аллаяров, И. Х. Сунатов, Ш. Б. Мирнигматов // *Universum: технические науки*. – 2021. – № 7. – С. 59-62.
3. Pioneer one – 18 t 4x2 with swap body system with keyou-inside hydrogen engine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.keyou.de.
4. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // *Техника и оборудование для села*. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
5. Carignano, M. Toyota Mirai: Powertrain model and assessment of the energy management / M. Carignano, R. Costa-Castelló // *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. – 2023. – Т. 72. № 6. – С. 7000-7010.
6. Стратегия развития ПАО «КАМАЗ» до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kamaz.ru/about/development/strategy/strategy>.
7. Будущее тракторостроения в России / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев // *Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы : Сборник статей 26-ой Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 12-13 мая 2022 года*. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2022. – С. 15-21.

Об авторах:

Грязнов Артемий Романович, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Чумаков Валерий Леонидович, профессор ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, профессор, vchumakov@rgau-msha.ru.

About the authors:

Artemy R. Gryaznov, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Valery L. Chumakov, professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, professor, vchumakov@rgau-msha.ru.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Д. А. Ключкова

Научный руководитель – Т. А. Левина

ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Разработана комплексная методика оценки качества сварных соединений перспективных алюминиевых листовых сплавов, полученных методами аргонодуговой (TIG) сварки и трением с перемешиванием. Методика основана на интеграции метода анализа иерархий и данных неразрушающего контроля, что позволяет перейти от субъективных оценок к объективному количественному ранжированию качества.

Ключевые слова: качество, сварной шов, показатель качества, весовой коэффициент, интегральный показатель качества.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR CALCULATING THE COMPLEX QUALITY INDEX OF WELDED JOINTS

D. A. Klochkova

Scientific advisor – T. A. Levina

Moscow Polytechnic University, Moscow, Russian Federation

Abstract. A comprehensive methodology has been developed for assessing the quality of welded joints in advanced aluminum sheet alloys produced by tungsten inert gas (TIG) arc welding and friction stir welding (FSW). The methodology is based on the integration of the Analytic Hierarchy Process (AHP) with non-destructive testing (NDT) data, enabling a transition from subjective assessments to objective quantitative ranking of weld quality.

Keywords: quality, weld seam, quality indicator, weighting coefficient, integral quality indicator.

Развитие сельхозмашиностроения и тракторостроения в России требует от производителей соответствия качества узлов и агрегатов двигателей внутреннего сгорания и других ответственных агрегатов машин предъявляемым требованиям и уровню науки [1-4]. Формируются и используются современные разработки по газовым двигателям [5], а также по электрическим приводам [6, 7]. Технологии контроля и оценки качества должны быть усовершенствованы в плане их привязке непосредственно к объекту и его свойствам [8, 9].

Современные нормы точности, новые допуски и посадки ответственных соединений [10, 11], разработка новых методик расчета точности [12], требуют

более грамотного выполнения операций контроля и возможности оценки качества проводимых работ с помощью современных методик [13].

Все данные о качестве изделий должны анализироваться в системе менеджмента качества предприятия [14].

Сварные швы широко применяются в отечественном машиностроении и являются одним из слагаемых качества будущих конструкций машин и оборудования.

Целью работы является разработка методики оценки качества сварных швов с помощью формирования функционального дерева свойств и использования математического аппарата оценки качества однородной продукции.

Предлагаемая методика комплексной оценки качества сварных соединений представляет собой системный подход, основанный на интеграции метода анализа иерархий и экспертных оценок. Важно подчеркнуть, что «многоуровневость» – это не просто разнотипные данные, а именно иерархическая структура: отдельные параметры, группы, интегральный показатель. Основная цель методики – преобразовать разнородные характеристики качества сварных соединений в единый количественный показатель, позволяющий объективно сравнивать различные технологические режимы сварки. Схематическое изображение последовательности определения интегрального показателя качества при сварке представлено на рисунке 1.

Методика базируется на четырех последовательных этапах, каждый из которых решает конкретную задачу в процессе оценки качества.

На первом этапе осуществляется декомпозиция общего понятия «качество сварного соединения» на иерархическую систему показателей. Формируется дерево свойств, включающее три основные группы параметров:

- механические свойства (временное сопротивление, твердость, ударная вязкость);
- геометрические характеристики (форма и размеры шва, равномерность ширины);
- дефектологические показатели (пористость, трещинообразование, однородность структуры).

Каждая группа детализируется до уровня единичных, измеримых показателей, что позволяет создать полную и структурированную систему критериев оценки.

Второй этап – Определение весовых коэффициентов.

Ключевой этап методики, на котором определяется относительная важность каждого показателя с использованием шкалы рангов и метода анализа иерархий, что помогает принимать обоснованные решения и оптимизировать процесс, учитывая важность каждого показателя качества. Это позволяет добиться более эффективных и надежных результатов, удовлетворяющих требованиям и ожиданиям. Процедура включает попарное сравнение показателей экспертами по специальной шкале.



Рисунок 1 – Графическая интерпретация первого и второго этапов методики оценки качества сварных швов

Третий этап – Экспертная оценка и расчет интегральных показателей.

На этом этапе осуществляется непосредственная оценка качества сварных соединений с последующим расчетом комплексных показателей. Таким образом, создается система, которая учитывает важность каждого показателя качества и присваивает им соответствующий вес. Это позволяет более объективно оценивать процесс и принимать взвешенные решения на основе полученных данных. Проводится расчет следующих показателей.

Расчет среднего балла по каждому показателю:

$$\bar{a}_{ij*} = \frac{1}{l} \sum_{k=1}^l a_{ijk}, \quad (1)$$

где a_{ijk} – показатель качества по i -тому, j -тому и k -тому уровню оценки.

Определение средневзвешенного значения для каждого показателя:

$$p_{ij} = \bar{a}_{ij*} \cdot \bar{B}_{ij}, \quad (2)$$

где B_{ij} – вес показателя в группе по i -тому и j -тому уровню.

Вычисление групповых показателей качества:

$$p_{\Gamma j} = \sum_{i=1}^n p_{ij}. \quad (3)$$

Расчет интегрального показателя качества всего соединения:

$$P = \sum_{j=1}^m p_{\Gamma j} \cdot \bar{B}_{\Gamma j}, \quad (4)$$

где $B_{\Gamma j}$ – вес показателя.

Кроме того, можно использовать дополнительные методы для оценки согласованности мнений экспертов, такие как коэффициент Кендалла и коэффициент Спирмена.



Рисунок 2 – Графическая интерпретация третьего и четвертого этапов методики оценки качества сварных швов

Четвертый этап – Анализ и визуализация результатов.

Завершающий этап включает сравнительный анализ динамики полученных результатов и их представление в наглядной форме.

Для сравнительного анализа используется относительный показатель качества:

$$P_o = \frac{P_t}{P_{t-1}}; \quad (5)$$

$$P_{o,\%} = (1 - P_o) \cdot 100, \quad (6)$$

где P_t и P_{t-1} – показатели качества в текущий момент времени и во время прошлой оценки.

Разработанная методика позволяет решать несколько практических задач в области сварочного производства:

1. Сравнительный анализ режимов сварки по единому критерию;
2. Выявление наиболее эффективных режимов сварки для конкретных материалов;
3. Мониторинг качества в технологическом процессе;
4. Научно обоснованный выбор технологических режимов сварки.

Методика отличается универсальностью и может быть адаптирована для различных типов сварных соединений и материалов. Использование формализованного подхода позволяет исключить субъективизм при оценке качества и обеспечивает воспроизводимость результатов.

Ключевое преимущество методики заключается в возможности интеграции разнородных данных (механических характеристик, геометрических параметров, данных неразрушающего контроля) в единую систему оценки, что обеспечивает комплексный подход к управлению качеством сварных соединений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : Изд-во ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с.
2. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
3. Энергообеспечение сельскохозяйственного тракторостроения России / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк, В. А. Марков // Агроинженерия. – 2021. – № 2(102). – С. 4-8. – DOI 10.26897/2687-1149-2021-2-4-8.
4. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 8. – С. 701-704.
5. Дидманидзе, О. Н. Исследования показателей тепловыделения газовых двигателей / О. Н. Дидманидзе, А. С. Афанасьев, Р. Т. Хакимов // Записки Горного института. – 2018. – Т. 229. – С. 50-55. – DOI 10.25515/PMI.2018.1.50.
6. Дидманидзе, О. Н. Использование суперконденсаторов в комбинированных энергоустановках тягово-транспортных средств / О. Н. Дидманидзе. – М. : ООО «Триада», 2004. – 160 с.
7. Руководство по диагностике, ТО и ремонту комбинированной энергоустановки гибридного автомобиля Toyota Prius NHW20/0 / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, Д. Г. Асадов [и др.]. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2006. – 357 с.
8. Теоретические основы выбора рациональных способов восстановления деталей / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Сельский механизатор. – 2019. – № 5. – С. 38-39.
9. Леонов, О. А. Дефектация валов и шестерен с позиции обеспечения качества соединений при ремонте редукторов сельхозмашин / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 4. – С. 48-52. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-4-48-52.
10. Обоснование посадок соединений со шпонками / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, Д. У. Хасьянова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2022. – № 6. – С. 65-71. – DOI 10.31857/S0235711922060074.
11. Вергазова, Ю. Г. Влияние точностных и технологических параметров на долговечность соединения «вал-втулка» / Ю. Г. Вергазова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2014. – № 3(63). – С. 17-19.
12. Расчет посадок с натягом при комбинированном нагружении / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Вестник машиностроения. – 2021. – № 3. – С. 25-28. – DOI 10.36652/0042-2021-3-25-28.
13. Борисова, Д. В. Риски реализации инновационной стратегии предприятия / Д. В. Борисова, Т. А. Левина // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2020. – № 4-1. – С. 12-18. – DOI 10.17513/vaael.1049.
14. Коваленко, В. В. Автоматизация основных функций систем менеджмента качества / В. В. Коваленко, А. Я. Клочков, Т. А. Левина // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2016. – № 7. – С. 107-114.

Об авторах:

Клочкова Дарья Андреевна, студент, ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет» (107023, Российская Федерация, Москва, ул. Большая Семёновская, д. 38), ddasha2017@yandex.ru.

Научный руководитель – Левина Татьяна Анатольевна, заведующая кафедрой стандартизации, метрологии и сертификации, ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет» (107023, Российская Федерация, Москва, ул. Большая Семёновская, д. 38), кандидат экономических наук, доцент.

About the authors:

Daria A. Klochkova, student, Moscow Polytechnic University (107023, Russian Federation, Moscow, Bolshaya Semyonovskaya St., 38), ddasha2017@yandex.ru.

Scientific advisor – Tatyana A. Levina, Head of the Department of Standardization, Metrology and Certification, Moscow Polytechnic University (107023, Russian Federation, Moscow, Bolshaya Semyonovskaya St., 38), Candidate of Economic Sciences, Associate Professor.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫРАЩИВАНИЯ СОРТОВ ЦИКОРИЯ ПЕТРОВСКИЙ И ЗНАХАРЬ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ НА ИНУЛИНСОДЕРЖАЩИЕ ПРОДУКТЫ

**В. И. Старовойтов¹, А. А. Мирошников¹, О. А. Старовойтова¹,
Д. С. Боярский¹, А. А. Манохина²**

¹ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха», Московская обл., Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Цикорий (*Cichorium intybus*) является многолетним растением, широко используемым в медицине и кулинарии благодаря своим полезным свойствам. В данной статье рассматривается возделывание цикория сортов Петровский и Знахарь в Костромской и Московской областях, а также анализируются его агрономические характеристики и содержание инулина. Высокое содержание инулина (до 21,75 %) в корнеплодах сорта Петровский является важным показателем его пищевой ценности, потенциальной полезности для здоровья и пригодности для переработки на инулинсодержащие продукты.

Ключевые слова: цикорий, инулин, корень цикория, углеводный состав.

PROSPECTS FOR GROWING VARIETIES OF CHICORY PETROVSKY AND ZNAKHAR FOR PROCESSING INTO INULIN-CONTAINING PRODUCTS

**V. I. Starovoitov^a, A. A. Miroshnikov^a, O. A. Starovoitova^a,
D. S. Boyarsky^a, A. A. Manokhina^b**

^aRussian Potato Research Centre, Moscow oblast, Russian Federation

^bRussian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. Chicory (*Cichorium intybus*) is a perennial plant widely used in medicine and cooking due to its beneficial properties. This article examines the cultivation of chicory varieties Petrovsky and Znakhar in the Kostroma and Moscow regions, as well as analyzes its agronomic characteristics and inulin content. The high inulin content (up to 21,75 %) in Petrovsky root crops is an important indicator of its nutritional value, potential health benefits, and suitability for processing into inulin-containing products.

Keywords: chicory, inulin, chicory root, carbohydrate composition.

Введение

Цикорий обыкновенный (*Cicorium intubus* L.) – перспективная овощная культура, цветы и корни которого используются в медицине и кулинарии. Промышленно возделывают в Европе, Средней Азии, Казахстане и на юге Западной Сибири. Культивируют два вида цикория: обыкновенный и салатный (рисунок 1). Являясь двулетним растением, цикорий в первый год жизни формирует листовую розетку и веретенообразный корнеплод, являющийся продуктовым органом. Во второй год формируются цветоносные побеги, растение цветет и образует семена [1]. Цикорий корневой содержит инулин в количестве до 65...70 % от сухого вещества, витамины, микро и макроэлементы, необходимые для пополнения запасов организма [2]. Инулин – незаменимое питание для полезной микрофлоры нашего кишечника [3, 4]. Инулин обладает уникальными физиологическими свойствами: улучшает работу пищеварительной системы человека, способствует росту полезной микрофлоры кишечника, а также повышению иммунитета, улучшает усвоение кальция, магния, снижает уровень холестерина [5, 6].



Цикорий обыкновенный

Цикорий салатный

Рисунок 1 – Основные виды цикория

Цель исследования – оценка продуктивности сортов цикория Петровский и Знахарь, выращиваемого на дерново-подзолистой почве в Московской и Костромской областях, содержания инулина в корнеплодах и углеводного состава экстракта.

Материалы и методы

Для полевых опытов были выбраны три сорта цикория: Петровский и Знахарь. Опыт выполняли в 2023 г. на экспериментальной базе ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха» Коренево (дп. Красково, Московская область). Почва участка дерново-подзолистая – супесчаная с высокой обменной и гидролитической кислотностью ($\text{pH}_{\text{KCl}} = 4,71$; $\text{Hг} = 3,27$ мг-экв/100г почвы); низкой суммой поглощенных оснований и степенью насыщенности ими ($S = 3,11$ мг-экв/100 г почвы; $V = 48,7\%$); высоким содержанием подвижного фосфора (315 мг/кг почвы) и низким – обменного калия (97 мг/кг почвы); удовлетворительной гумусированностью (1,91 % гумуса). Посев цикория производили в третьей декаде мая в подготовленные гребни с шириной междурядий 75 см вручную (Коренево – рисунок 2) и с помощью самодельной ручной сеялки, сдвоенной конструкции, что затем позволило увеличить урожайность цикория в 1,5...2 раза (Кострома – рисунок 3) на глубину не более 2 см. Площадь опытной делянки составила

10,5 м², повторность четырехкратная. Расход семян составил 100 тыс. шт./га. Заложка полевого опыта, учеты и наблюдения проведены в соответствии с требованиями методики полевого опыта [7].

Агрометеорологические условия вегетационного периода 2023 г. в целом были удовлетворительными для роста, развития и продуктивности цикория. Средняя температура воздуха за вегетационный период составила 17,2°С, при норме 16,5°С. Всего осадков за вегетационный период выпало 251,0 мм или 96,4 % от нормы (260,5 мм). ГТК составил 1,22 (слабозасушливый).



Рисунок 2 – Опытный участок в Коренево (супесь)



Рисунок 3 – Ручная сеялка, двояной самодельной конструкции, для двухрядного посева семян фирмы EarthWay Model-1001-B

Результаты и обсуждение

Предварительный анализ корнеплодов цикория показал, что в разных условиях выращивания растения цикория ведут себя по-разному. Так в Костромской области корни сорта Петровский были более ровными и однородными по размеру, что облегчает их уборку и переработку (рисунок 4). В Московской области корни имели неоднородную форму, что связано с особенностями дерново-подзолистой супесчаной почвы.



а – Московская область
Почва: дерново-подзолистая супесчаная



б – Костромская область
Почва: дерново-подзолистая легко суглинистая

Рисунок 4 – Визуальное сравнение корнеплодов цикория сорта Петровский в Московской и Костромской областях

Сорт Знахарь в Костромской области также показал лучшие результаты по сравнению с Московской областью, где корни оказались более тонкими и многочисленными (рисунок 5).



Московская область
Почва: дерново-подзолистая
супесчаная



Костромская область
Почва: дерново-подзолистая легко
суглинистая

Рисунок 5 – Визуальное сравнение корнеплодов цикория сорта Знахарь в Московской и Костромской областях

Надземная часть растений сорта Петровский сформировалась в виде розетки, в связи с чем была получена низкая масса ботвы 61,7 г/куст (таблица 1). У сорта Знахарь кроме листовой розетки сформировались стебли, на которых затем образовались бутоны и цветы; масса ботвы составила 240,7 г/куст.

Средняя длина корней у обоих сортов оказалась примерно одинаковой 21,0 и 20,8 см. Однако у растений сорта Петровский сформировался один крепкий корень с наибольшим поперечным диаметром до 4,0 см, в то время как у растений сорта Знахарь сформировалось по три-пять корневич с диаметром до 1,5 см.

Таблица 1 – Продуктивность растений цикория

Сорт	Масса ботвы, г/куст	Средняя длина корня, см	Масса корня, г/куст	Масса корня, т/га
Петровский	61,7	21,0	249,7	25,0
Знахарь	240,7	20,8	271,2	27,1
Среднее	151,2	20,9	260,5	26,1
НСР ₀₅	89,50	0,10	10,75	1,05

Анализ содержания инулина в корнеплодах показал, что сорт Петровский имеет наибольшее содержание инулина – 21,75 % на 100 г. Сорт Знахарь, хотя и имеет меньшее содержание инулина (17,12 %), также демонстрирует хорошие результаты (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели качества корнеплодов цикория

Массовая доля СВ %	Массовая доля г/100 г цикория		Массовая доля углеводов, г/100г, в том числе:				
	растворимых веществ	нерастворимых веществ	инулина	дисахаридов	глюкозы	фруктозы	всего
Петровский							
34,32	30,78	3,54	21,75	1,66	–	0,75	24,16
Знахарь							
32,2	27,94	4,26	17,12	1,10	–	0,60	18,82

Хроматографический анализ экстракта показал, что растения сортов Петровский и Знахарь имеют долю инулина в общем содержании углеводов 90 % и 91 %, дисахаридов 6,9 % и 5,8 %, фруктозы – 3,1 % и 3,2 % соответственно. Содержание глюкозы в обоих сортах отмечено в следовых количествах.

Заключение

Возделывание цикория в Костромской и Московской областях имеет свои особенности, которые необходимо учитывать для достижения максимальных результатов. Высокое содержание инулина (до 21,75 %) в корнеплодах цикория сорта Петровский является важным показателем его пищевой ценности, потенциальной полезности для здоровья и пригодности для переработки на инулинсодержащие продукты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Использование цикория обыкновенного в качестве сырья для производства маринованной продукции / Ш. В. Гаспарян, С. А. Масловский, М. Е. Замятина [и др.]. // Агро-инновации. – 2019. – № 2(2). – С. 38-47.
2. Проект госпрограммы по цикорию 2020-2024 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nsss-russia.ru/wp-content/uploads/2020/03/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82-%D0%B3%D0%BE%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D1%8B-%D0%BF%D0%BE-%D1%86%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8E.pdf?ysclid=mpinytt7il667549855>
3. Гулюк, Н. Г. Исследование технологических процессов получения и модификаций фруктофуранозных полисахаридов из цикория корневого / Н. Г. Гулюк, Т. С. Пучкова, Д. М. Пихало // Материалы Международной научно-практической конференции «XVII International Starch Convention» (16-28 июня 2009 г). – М., 2009. – С. 36-37.
4. Цикорий корневой: выращивание, защита, переработка / С. Н. Еланский, А. А. Астайкина, Н. В. Верховцева [и др.]. – М. : РУДН, 2025. – 96 с.
5. Эффективность технологии переработки топинамбура на сироп и особо чистый инулинсодержащий порошок / В. И. Старовойтов, А. А. Манохина, О. А. Старовойтова [и др.] // АгроЭкоИнженерия. – 2025. – № 4 (125). – С. 22-34.
6. Конкурентоспособные технологии производства функциональных продуктов из топинамбура / А. А. Манохина, В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, [и др.]. – М. , 2020. – 84 с.

7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. , Агропромиздат. – 1985. – 351 с.

Об авторах:

Старовойтов Виктор Иванович, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха» (140051, Российская Федерация, Московская область, Красково, ул. Лорха, д. 23, литер В), доктор технических наук, профессор, agronir1@mail.ru.

Мирошников Александр Анатольевич, аспирант, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха» (140051, Российская Федерация, Московская область, Красково, ул. Лорха, д. 23, литер В), lemon_90@mail.ru.

Старовойтова Оксана Анатольевна, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха» (140051, Российская Федерация, Московская область, Красково, ул. Лорха, д. 23, литер В), доктор сельскохозяйственных наук, agronir2@mail.ru.

Боярский Дмитрий Сергеевич, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха» (140051, Российская Федерация, Московская область, Красково, ул. Лорха, д. 23, литер В), dmbojarskiy@mail.ru.

Манокхина Александра Анатольевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, a.manokhina@rgau-msha.ru.

About the authors:

Viktor I. Starovoitov, Chief Scientific Officer, Russian Potato Research Centre (140051, Russian Federation, Moscow Region, Kraskovo, Lorkh Str., 23, Building V), Doctor of Technical Sciences, Professor, agronir1@mail.ru.

Alexandr A. Miroshnikov, Postgraduate student, Russian Potato Research Centre (140051, Russian Federation, Moscow Region, Kraskovo, Lorkh Str., 23, Building V), lemon_90@mail.ru.

Oksana A. Starovoitova, Chief Scientific Officer, Russian Potato Research Centre (140051, Russian Federation, Moscow Region, Kraskovo, Lorkh Str., 23, Building V), Doctor of Agricultural Sciences, agronir2@mail.ru.

Dmitry S. Boyarsky, Junior researcher, Russian Potato Research Centre (140051, Russian Federation, Moscow Region, Kraskovo, Lorkh Str., 23, Building V), dmbojarskiy@mail.ru.

Alexandra A. Manokhina, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, a.manokhina@rgau-msha.ru.

УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ (ЖЕЛЕЗО, МЕДЬ, ЦИНК)

О. А. Старовойтова¹, В. И. Старовойтов¹, А. А. Манохина²,
Н. Э. Шабанов¹, А. С. Грибанов¹, Д. С. Боярский¹

¹ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха», Московская обл., Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Цель работы – выявить влияние форм (хелаты и сульфаты) эссенциальных микроэлементов (железо, медь, цинк) на качество и урожайность новых сортов картофеля. Отмечена тенденция увеличения урожайности сортов Садон и Краса Мещеры в вариантах с использованием листовых обработок препаратами на 2,6...6,0 т/га (10,1...23,0 %). Наибольшая товарная урожайность в вариантах сорта Садон получена при применении внекорневой обработки эссенциальным микроэлементом – цинк – 31,3 т/га; прибавка к контролю достоверная и составила 5,9 т/га или 23,3 %. В вариантах сорта Краса Мещеры наибольшая товарная урожайность получена при применении внекорневой обработки эссенциальным микроэлементом – железо – 27,3 т/га; прибавка к контролю достоверная и составила 5,1 т/га или 23,2 %. При применении внекорневой подкормки эссенциальными препаратами можно получить условный чистый доход в размере 10,6...41,7 тыс. руб./га.

Ключевые слова: картофель, эссенциальные микроэлементы, железо, медь, цинк, листовые обработки растений, урожайность.

POTATO YIELD WHEN ESSENTIAL MICROELEMENTS (IRON, COPPER, ZINC) ARE USED

O. A. Starovoitova^a, V. I. Starovoitov^a, A. A. Manokhina^b,
N. T. Shabanov^a, A. S. Griбанov^a, D. S. Bojarskij^a

^aRussian Potato Research Centre, Moscow oblast, Russian Federation

^bRussian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The aim of the work is to identify the influence of forms (chelates and sulfates) of essential trace elements (iron, copper, zinc) on the quality and yield of new potato varieties. By the end of 2024, there was a tendency to increase the yield of Sadon and Krasa Meschery varieties in variants using leaf treatments by 2,6...6,0 t/ha (10,1...23,0 %). The highest commercial yield in the variants of the Sadon variety was obtained by applying foliar treatment with an essential trace element – zinc – 31,3 t/ha;

the increase in control was 5,9 t/ha or 23,3 %. in the variants of the Krasa Meschery variety, the highest commercial yield was obtained by applying foliar treatment with an essential trace element – iron – 27,3 t/ha; the increase in control It amounted to 5,1 t/ha or 23,2 %. When applying foliar top dressing with essential preparations, you can get a conditional net income of 10,6...41,7 thousand rubles /ha.

Keywords: potatoes, essential trace elements, iron, copper, zinc, leaf treatments of plants, yield.

Введение

Картофель относится к числу важнейших сельскохозяйственных культур и служит основным источником энергии для миллионов людей. В его клубнях содержатся углеводы, а также белки, витамины и другие вещества, необходимые для питания человека. Современные технологии выращивания сельскохозяйственных культур имеют своей целью получение максимально возможных урожаев. Для достижения поставленных задач необходимо использовать все резервы повышения продуктивности растений, что требует продолжить поиск новых элементов технологии выращивания [1].

Успешное решение наиболее острых проблем современного картофелеводства не исключает, а предполагает необходимость дальнейшего совершенствования существующей технологии возделывания этой культуры на основе углубленного изучения закономерностей ее роста, развития и формирования [2]. Оптимизация питания культуры и использование современных регуляторов/стимуляторов роста растения является одним из прогрессивных методов повышения урожайности и целевых показателей качества, управления процессом выращивания [3].

Применение внекорневых подкормок микроэлементами в виде хелатного удобрения может дать значимую прибавку урожайности [4]. Дефицит железа негативно влияет на метаболизм растений и вызывает экономические потери из-за снижения качества и количества урожая сельхозкультур [5]. Использование меди способно повышать устойчивость растений к полеганию и неблагоприятным условиям среды [6]. Для повышения устойчивости растений к фитофторозу, снижения поражаемости черной ножкой, паршой и железистой пятнистостью в питательный раствор добавляют медь, которая также ускоряет клубнеобразование [5]. Цинк входит в состав ферментов и витаминов, регулирует углеводный и белковый обмен в растениях картофеля и положительно влияет на образование хлорофилла. Внесение цинка в почву усиливает поступление в растения картофеля азота, калия, марганца, молибдена [5].

Включение в программы питания растений необходимых микроэлементов позволяет значимо улучшать характеристики корнеплодов (массу клубней, лёжкость, накопление питательных веществ и др.), особенно в форме комплексонатов – хелатных соединений, которые являются наиболее предпочтительной химической формой для поглощения растениями [6].

Чаще всего на практике применяют хелаты биометаллов (Fe, Cu, Zn, Mn, Co) с карбоксилсодержащими лигандами: этилендиаминтетрауксусной кислотой (EDTA), диэтилентриаминпентауксусной кислотой (DTPA) и этилендиамин ди-

2-гидроксифенилуксусной кислотой (с железом) (EDDHA) [6]. Эти хелатирующие агенты наиболее распространены и широко применяются в сельскохозяйственной практике.

Рациональное природопользование в окружающей среде является одним из важнейших условий выживания человечества, что может быть обеспечено в первую очередь за счет повсеместного внедрения в производство ресурсосберегающих видов техники и технологий. В связи с этими обстоятельствами необходимо выявить влияние форм эссенциальных микроэлементов на качество и урожайность новых сортов картофеля для улучшения условий выращивания картофеля.

Цель работы – выявить влияние форм (хелаты и сульфаты) эссенциальных микроэлементов (железо, медь, цинк) на качество и урожайность новых сортов картофеля.

Материалы и методы

Исследования выполнены в 2024 г. на экспериментальной базе ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха», дп. Красково-Коренево Люберецкого района Московской области в рамках плана НИР.

Схема опыта по исследованию зависимости изменения урожайности и основных показателей качества картофеля от применения форм эссенциальных микроэлементов среднераннего сорта Садон и среднеспелого сорта Краса Мещеры при возделывании на фоне дробно-локального внесения минеральных удобрений с добавлением калимагнезии: $N_{60}:P_{60}:K_{60}$ перед посадкой + $N_{30}:P_{30}:K_{60}$ при междурядной обработке почвы (МТЗ-82 + КРН-4,2), и листовой обработке эссенциальными микроэлементами в форме солей (сульфатов) или в форме хелатов однократно (в фазу бутонизации) либо двукратно (в фазы бутонизации и цветения) в рекомендуемой дозе для каждого микроэлемента: Железо (150 г/га; (75+75) г/га); Медь (500 г/га; (250+250) г/га); Цинк (300 г/га; (150+150) г/га).

Почва опытного поля – дерново-подзолистая супесчаная с высоким содержанием фосфора, низким содержанием калия и гумуса. Повторность опыта – четырехкратная. Площадь учетной делянки составляла – 21 м².

Осенняя подготовка почвы состояла из зяблевой вспашки на глубину 18...22 см (МТЗ-82+ПЛН-3-35). Весенняя предпосадочная подготовка почвы включала рыхление на глубину 12...15 см (МТЗ-82 + БДТ-3,0). Посадку с шириной междурядий 75 см проводили в предварительно нарезанные гребни агрегатом МТЗ-82 + СН-4БК непропороченными клубнями средней фракции (размером 46...53 мм по наибольшему поперечному диаметру) на глубину 8...10 см.

Закладка полевого опыта, учеты и наблюдения проведены в соответствии с требованиями методики полевого опыта [7], «Методики исследований по культуре картофеля» [8] и «Методики проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле (ВНИИКС, 2019) [9]. Дисперсионный анализ полученных данных по Доспехову Б.А. [7]. Определение экономической эффективности сочетаний технологических приемов по методике ВНИИПИ (1983, МСХ СССР ВАСХНИЛ).

Результаты исследований

Урожайность картофеля – основной критерий оценки мероприятий. Метеорологические условия, сортовые особенности, применение внекорневых листовых обработок эссенциальными микроэлементами отразились на значениях товарной урожайности картофеля. Размер клубней по наибольшему поперечному диаметру для округло-овальных клубней согласно стандарту, должен быть не менее 30 мм.

По сорту Садон товарная фракция по размеру клубней составила в среднем 96,9...97,4 %; по сорту Краса Мещеры – 88,6...93,4 %. Получено, что при использовании листовых обработок препаратами отмечена тенденция увеличения и товарной урожайности обоих сортов на 2,5...5,9 т/га (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность товарных клубней картофеля в зависимости от формы, количества обработок, вида эссенциального микроэлемента, т/га (2024 г.)

Фактор	Садон (ср)				Краса Мещеры (сс)			
	Товарность, %	Средняя товарная урожайность, т/га	±к контролю		Товарность, %	Средняя товарная урожайность, т/га	±к контролю	
			т/га	%			т/га	%
А Контроль	97,0	25,4	-	-	88,6	22,1	-	-
Сульфаты	97,3	29,3	4,0	15,7	91,0	26,1	4,0	17,8
Хелаты	96,9	29,2	3,8	15,1	90,2	26,5	4,4	19,8
НСР ₀₅	0,15	1,84	-	-	1,01	1,97	-	-
В Контроль	97,0	25,4	-	-	88,6	22,1	-	-
Однократно	97,2	29,6	4,2	16,6	91,3	26,6	4,4	20,0
Двукратно	96,9	29,0	3,6	14,2	89,9	26,1	3,9	17,6
НСР ₀₅	0,14	1,86	-	-	1,09	1,98	-	-
С Контроль	97,0	25,4	-	-	88,6	22,1	-	-
Железо	96,9	28,7	3,3	13,2	93,4	27,3	5,1	23,2
Медь	96,9	27,8	2,5	9,7	89,5	25,4	3,3	14,8
Цинк	97,4	31,3	5,9	23,3	88,9	26,2	4,1	18,5
НСР ₀₅	0,18	2,11	-	-	1,92	1,92	-	-

В среднем применение эссенциальных микроэлементов разных форм позволило повысить урожайность клубней в опыте с сортом Садон на 3,8...4,0 т/га (15,1...15,7%) при НСР₀₅ 1,84 т/га; в опыте с сортом Краса Мещеры на 4,0...4,4 т/га (17,8...19,8%) при НСР₀₅ 1,97 т/га. При этом растения сорта Садон одинаково отзывались как на применение микроэлементов в форме хелатов, так и в форме сульфатов – 29,3 т/га и 29,2 т/га. Растения сорта Краса Мещеры оказались более отзывчивыми к применению микроэлементов в форме хелатов, урожайность оказалась выше на 0,4 т/га и составила 26,1 т/га (в форме сульфатов); 26,5 т/га (в форме хелатов).

Также получено, что независимо от сортовых особенностей товарная урожайность оказалась выше – на 0,6 т/га (Садон) и на 0,5 т/га (Краса Мещеры), хотя

и в пределах НСР₀₅, в вариантах с однократной листовой обработкой по сравнению с двукратной обработкой.

Наибольшая товарная урожайность в вариантах сорта Садон получена при применении внекорневой обработки эссенциальным микроэлементом – цинк – 31,3 т/га; прибавка к контролю составила 5,9 т/га или 23,3 %. В вариантах сорта Краса Мещеры наибольшая товарная урожайность получена при применении внекорневой обработки эссенциальным микроэлементом – железо – 27,3 т/га; прибавка к контролю составила 5,1 т/га или 23,2 %. Что говорит об отзывчивости клубней сорта Краса Мещеры к применению листовой обработки препаратами железа. При применении препаратов с цинком оказалось много клубней размером менее 30 мм.

Полученные данные свидетельствуют о влиянии сортовых особенностей и исследуемых факторов на вкусовые качества, потемнение сырой и вареной мякоти клубней.

Анализ потемнения мякоти клубней показал, что применение листовой обработки препаратами с эссенциальными микроэлементами незначительно повлияло на потемнение как сырой, так и вареной мякоти клубней. Но, можно отметить, что вареная мякоть темнела 8,7...8,8 баллов (оба сорта) не так сильно, как сырая 6,3...6,6 баллов (сорт Садон) и 5,4...6,0 баллов (сорт Краса Мещеры).

Вкусовые качества также не сильно изменились от применения препаратов. Но, можно отметить, что клубни оказались несколько вкуснее при применении обработки препаратами, особенно с цинком – оценка на 0,7 баллов выше, чем в контроле, при этом клубни сорта Краса Мещеры в условиях 2024 года оказались вкуснее, чем клубни сорта Садон.

Суммарная оценка показала, что применение препаратов как в форме сульфатов, так и в форме хелатов в условиях 2024 года не значительно повысило качество клубней на 0,5 баллов при НСР₀₅ 0,24 балла. Более высокие оценки получены при применении препаратов с медью (19,7 баллов) и цинком (19,8 баллов) при контроле 19,2 балла и НСР₀₅ 0,23 балла.

При проведении расчетов по экономической эффективности наиболее показательным является условный чистый доход (УЧД). Нами принята условная усредненная цена продажи картофеля 10 руб./кг. В среднем в вариантах опыта по двум сортам УЧД составил 10,6...41,7 тыс. руб./га.

Выводы

По итогам 2024 года отмечена тенденция увеличения урожайности сортов Садон и Краса Мещеры в вариантах с использованием листовых обработок препаратами на 2,5...5,9 т/га (10,1...23,0 %). Наибольшая товарная урожайность в вариантах сорта Садон получена при применении внекорневой обработки эссенциальным микроэлементом – цинк – 31,3 т/га; прибавка к контролю составила 5,9 т/га или 23,3 %. В вариантах сорта Краса Мещеры наибольшая товарная урожайность получена при применении внекорневой обработки эссенциальным микроэлементом – железо – 27,3 т/га; прибавка к контролю составила 5,1 т/га или 23,2 %.

При применении внекорневой подкормки эссенциальными препаратами можно получить условный чистый доход в размере 10,6...41,7 тыс. руб./га.

БИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Передовые методы диагностики патогенов картофеля / С. В. Жевора, В. Н., Зейрук Г. Л. Белов [и др.]. – М. , 2019. – 92 с.
2. Васильев, А. А. Картофель / А. А. Васильев. – Челябинск : Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2021. – 219 с.
3. Эффективность регуляторов роста при возделывании картофеля / С. В. Жевора, Л. С. Федотова, Н. А. Тимошина, Е. В. Князева // Картофель и овощи. – 2018. – № 12. – С. 21-24.
4. Интеллектуальные технологии в оригинальном семеноводстве клубнеплодов : аналитический обзор / Н. П. Мишуров, Т. А. Щеголихина, С. В. Жевора, В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, О. С. Хутинаев, А. А. Манохина. – М. , 2023. – 84 с.
5. Битюцкий, Н. П. Необходимые микроэлементы растений : учебник / Н. П. Битюцкий. – СПб. : Изд-во ДЕАН. – 2005. – 256 с.
6. Дятлова, Н. М. Теоретические основы действия комплексонов и их применение в народном хозяйстве / Н. М. Дятлова // ВХО им. Д. И. Менделеева: Комплексоны и их применение в народном хозяйстве и медицине. – 1984. – ТХХІХ. – № 3. – С. 247-260.
7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
8. Методика исследований по культуре картофеля. – М. : НИИКХ. 1967. – 263 с.
9. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле / С. В. Жевора, Л. С. Федотова, В. И. Старовойтов [и др.]. – М. : ФГУП «Издательство «Наука», 2019. – 120 с.

Об авторах:

Старовойтова Оксана Анатольевна, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха» (140051, Российская Федерация, Московская область, Люберецкий район, Красково, ул. Лорха, д. 23, литер В), доктор сельскохозяйственных наук, agronir2@mail.ru.

Старовойтов Виктор Иванович, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха» (140051, Российская Федерация, Московская область, Люберецкий район, Красково, ул. Лорха, д. 23, литер В), доктор технических наук, профессор, agronir1@mail.ru.

Манохина Александра Анатольевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, a.manokhina@rgau-msha.ru.

Низам Эмирсултанович Шабанов, научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха» (140051, Российская Федерация, Московская область, Люберецкий район, Красково, ул. Лорха, д. 23, литер В), кандидат сельскохозяйственных наук, shaban-sky@mail.ru.

Андрей Сергеевич Грибанов, аспирант, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха» (140051, Российская Федерация, Московская область, Люберецкий район, Красково, ул. Лорха, д. 23, литер В), andreygribanov@hotmail.com.

Боярский Дмитрий Сергеевич, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха» (140051, Российская Федерация, Московская область, Люберецкий район, Красково, ул. Лорха, д. 23, литер В), dmbojarskiy@mail.ru.

About the authors:

Oksana A. Starovoitova, Chief Scientific Officer, Russian Potato Research Centre (140051, Russian Federation, Moscow Region, Lyubertsy District, Kraskovo, Lorkh Str., 23, Building V), Doctor of Agricultural Sciences, agronir2@mail.ru.

Viktor I. Starovoitov, Chief Scientific Officer, Russian Potato Research Centre (140051, Russian Federation, Moscow Region, Lyubertsy District, Kraskovo, Lorkh Str., 23, Building V), Doctor of Technical Sciences, Professor, agronir1@mail.ru.

Alexandra A. Manokhina, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, a.manokhina@rgau-msha.ru.

Nizam E. Shabanov, Research Associate, Russian Potato Research Centre (140051, Russian Federation, Moscow Region, Lyubertsy District, Kraskovo, Lorkh Str., 23, Building V), Candidate of Agricultural Sciences, shaban-sky@mail.ru.

Andrej S. Gribanov, Postgraduate student, Russian Potato Research Centre (140051, Russian Federation, Moscow Region, Lyubertsy District, Kraskovo, Lorkh Str., 23, Building V), andreygribanov@hotmail.com.

Dmitry S. Boyarsky, Junior researcher, Russian Potato Research Centre, (140051, Russian Federation, Moscow Region, Lyubertsy District, Kraskovo, Lorkh Str., 23, Building V), Doctor of Agricultural Sciences, dmbojarskiy@mail.ru.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ САМОХОДНЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ ЛИНЕЙКИ «ТУМАН»

И. Д. Хабелашвили

Научный руководитель – А. В. Лавров

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье проведен анализ конструктивных особенностей и технических характеристик самоходных опрыскивателей линейки «Туман» производства компании «Пегас-Агро». Целью работы является выявление основных направлений модернизации машин для повышения их эксплуатационных свойств. На основе сравнительного анализа установлены ключевые изменения в трансмиссии, модульной конструкции, ходовой части и системах контроля. Сделан вывод о соответствии развития линейки «Туман» современным требованиям точного земледелия и импортозамещения в сельскохозяйственном машиностроении.

Ключевые слова: самоходный опрыскиватель, «Туман», технические характеристики, производительность, точное земледелие.

ANALYSIS OF DESIGN FEATURES OF SELF-PROPELLED SPRAYERS IN THE «TUMAN» PRODUCT LINE

I. D. Khabelashvili

Scientific advisor – A. V. Lavrov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article analyzes the design features and technical characteristics of the «Tuman» line of self-propelled sprayers manufactured by the «Pegas-Agro» company. The purpose of the work is to identify the main directions of machine modernization to improve their performance properties. Based on a comparative analysis, key changes in the transmission, modular design, undercarriage, and control systems have been identified. It has been concluded that the development of the Tuman line meets the modern requirements of precision farming and import substitution in agricultural engineering.

Keywords: self-propelled sprayer, «Tuman», technical specifications, productivity, precision farming.

В условиях интенсификации машинных технологий в сельском хозяйстве самоходные опрыскиватели занимают важное место в системе технологий и машин, обеспечивая высокую производительность и качество технологических процессов [1, 2].

Опрыскиватели являются основными средствами механизации, применяемыми для защиты растений и внесения удобрений. На данный момент применяют три типа опрыскивателей: навесные, прицепные и самоходные [3].

Навесные опрыскиватели используются в небольших и средних хозяйствах, отличаются компактностью и простотой конструкции, для агрегатирования необходим трактор.

Прицепные опрыскиватели предназначены для обработки больших площадей, обладают большим объёмом и значительной шириной захвата, требуют более мощной техники для агрегатирования и имеют ограничения по манёвренности.

Самоходные опрыскиватели являются наиболее эффективными на больших площадях благодаря высокой производительности, маневренности и точности внесения [4].

В России ведущим производителем таких машин является компания «Пегас-Агро», выпускающая популярную линейку опрыскивателей «Туман».

Цель работы – провести анализ развития конструкций самоходных опрыскивателей линейки «Туман».

Массовое производство самоходного опрыскивателя модели – «Туман-1М» с двигателем от ВАЗ-2108 началось в 2001 году. Ее конструкция с независимой подвеской на шинах сверхнизкого давления обеспечивала высокую проходимость в условиях переувлажнения и минимальное уплотнение почвы. Машина комплектовалась сменными модулями (стрелковый и веерный опрыскиватели, разбрасыватель удобрений) и спутниковой навигацией для работы в ночное время [5].

В 2008 году на рынок вышел самоходный опрыскиватель «Туман-2М». Объем бака был увеличен до 2000 л, а ширина захвата штанги до 28 м. Главной инновацией стал новый модуль «мультиинжектор» с двумя консолями, оснащенный инъекционными колесами для точечного внесения жидких удобрений в почву. За счет конструкции ходовой системы появилась возможность регулирования колеи, что позволило применять машину для обработки различных пропашных культур [5].

В 2019 году выпустили самоходный опрыскиватель «Туман-3» с турбированным дизельным двигателем мощностью 71 кВт, при этом полезная нагрузка возросла до 2500 литров. Конструкторы усилили шасси с независимой подвеской всех колес и внедрили систему централизованной подкачки шин.

Кабина получила панорамное остекление, улучшив эргономику рабочего места оператора.

Самоходный опрыскиватель «Туман-4», представленный в 2024 году, стал специализированной машиной для возделывания высокостебельных культур. Главные изменения коснулись трансмиссии (переход на гидростатику) и возмож-

ности регулировки клиренса в диапазоне от 1,6 до 2 м. Уникальной особенностью является параллелограммная продольная подвеска каждого колеса на пневматических подушках, которая обеспечивает автоматическое поддержание горизонта рамы независимо от рельефа поля.

Колесная формула изменена на 4х2, а объем бака доведен до 3000 л. Из-за специализации для этой модели доступен только штанговый опрыскиватель [6].

Новейшая разработка «Туман-5» был официально представлен компанией «Пегас-Агро» 18 ноября 2025 года на международной выставке «ЮГАГРО» в Краснодаре.

«Туман-5» – это развитие классической линейки «Туман-3» с трехосной базой (колесная формула 6х4). Модель сохраняет концепцию легкой многомодульной машины, продолжая принцип «конструктора»: на одну базу можно устанавливать разные модули (штанговый опрыскиватель, разбрасыватель удобрений) и разные типы колёс, как узкие, так и с шинами низкого давления. Машина оснащена электронной педалью тормоза и ретардером, что повышает безопасность при движении по сложному рельефу.

Сравнение технических характеристик самоходных опрыскивателей линейки «Туман» представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные технические характеристики опрыскивателей «Туман»

Показатель	Значение				
Модель	Туман-1М	Туман-2М	Туман-3	Туман-4	Туман-5
Объем бака, л	1000	2000	2500	3000	2500
Ширина захвата, м	20	28	28	30	н/д
Рабочая скорость, км/ч	40	35	35	25	н/д
Транспортная скорость, км/ч	50	50	50	40	н/д
Тип трансмиссии	мех.	мех.	мех.	гидрост.	мех.
Клиренс, м	0,4	0,35; 0,5; 0,8	0,35; 0,5; 0,8	1,6...2,0	н/д
Колея, м	2,35; 2,38	2,03; 2,18; 2,28; 2,32	2,03; 2,18; 2,28; 2,32	2,78	н/д
Расход рабочей жидкости, л/га	15...180	30...300	50...450	30...450	50...450
Производительность, га/ч	50	50	50	56	56
Давление на почву кг/см ²	0,2	0,4...0,8	0,4...0,8	н/д	н/д

Анализ технических характеристик (таблица 1) показал увеличение грузоподъемности с 1000 л у «Тумана-1М» до 3000 л у «Тумана-4», что обеспечило увеличение производительности до 56 га/ч, переход на гидростатическую трансмиссию в «Тумане 4» улучшил плавность хода и точность внесения.

Развитие конструкции самоходных опрыскивателей линейки «Туман», за счет применения инновационных технологий, направлено на повышение производительности, универсальности и экономичности.

Благодаря сочетанию универсальности, надежности и доступности, продукция компании «Пегас-Агро» занимает лидирующие позиции на российском рынке и вносит значительный вклад в решение задач импортозамещения в сельскохозяйственном машиностроении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе, О. Н. Методические рекомендации по определению нормативной потребности в сельскохозяйственной технике для растениеводства / О. Н. Дидманидзе, А. В. Лавров, В. М. Бейлис. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2024. – 56 с.
2. Бейлис, В. М. Система технологий и машин в современных условиях ФГБНУ ФНАЦ ВИМ / В. М. Бейлис, М. Н. Московский, А. В. Лавров // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 12. – С. 70-72.
3. Лысов, А. К. Механизация опрыскивания сельскохозяйственных растений / А. К. Лысов, Т. В. Корнилов // Защита и карантин растений. – 2018. – № S4. – С. 38-48.
4. Лютых, О. Обзор рынка опрыскивателей и разбрасывателей удобрений / О. Лютых // Институт развития сельского хозяйства. – 2020. – С. 12-21.
5. Зеленский, Н. А. Многофункциональность самоходных опрыскивателей «Туман» и «Туман-2» при использовании технологии No-till / Н. А. Зеленский // АРК News. – 2018. – № 4. – С. 32-33.
6. Пуляев, Н. Н. Системный подход к проблеме ресурсосберегающего использования машинно-тракторных агрегатов в растениеводстве / Н. Н. Пуляев, В. Л. Пильщиков // Международный технико-экономический журнал. – 2019. – № 4. – С. 75-81. – DOI 10.34286/1995-4646-2019-67-4-75-81.

Об авторах:

Хабелашвили Игорь Дмитриевич, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Лавров Александр Владимирович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент.

About the authors:

Igor D. Khabelashvili, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Alexander V. Lavrov, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49). Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ КАК СРЕДСТВО ОБЩЕТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ

В. В. Лазарь

ФГАОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрена роль общетехнической подготовки студентов, актуальность особенностей выполнения расчетно-графических работ (РГР), раскрыт технологический аспект РГР по инженерной графике в общетехнической специальной подготовке.

Ключевые слова: общетехническая подготовка, расчетно-графические работы, чертеж, ЕСКД.

FEATURES OF PERFORMING COMPUTATIONAL AND GRAPHIC WORK ON ENGINEERING GRAPHICS AS A MEANS OF GENERAL TECHNICAL TRAINING

V. V. Lazar

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russian Federation

Abstract. This article examines the role of students' general engineering training, addresses the relevance of specific procedures for completing calculation and graphic assignments (CGAs), and discusses the technological aspect of CGAs in engineering graphics within the framework of specialized foundational engineering education.

Keywords: general engineering training, calculation and graphic assignments, technical drawing, ESKD (Unified System for Design Documentation).

Интенсивное развитие тракторостроения в России формирует необходимость повышения качества узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники [1-4]. Используются и новые разработки по газовым двигателям [5] и по электрическим приводам [6, 7]. Такая широта применения различной техники требует и новых подходов к общетехнической подготовке студентов.

Общетехническая подготовка является важнейшим компонентом высшего технического образования. Иногда содержание общетехнической подготовки понимается очень узко и сводится к содержанию общетехнических дисциплин, изучаемых в вузе. А между тем общетехнические дисциплины занимают важное место в образовании студентов, занимая промежуточное положение между общеобразовательными и специальными предметами. Общетехническая подготовка

является базисной (системообразующей) функцией, основой всей системы высшего профессионального инженерного образования, фундаментом для специальной подготовки, где обобщаются и приводятся в систему знания всех общепрофессиональных дисциплин.

К основным развивающим задачам общетехнической подготовки можно отнести: развитие технического кругозора и мышления студентов, формирование творческого отношения к труду, создание предпосылок для повышения профессиональной мобильности, подготовка студентов к изобретательству и рационализаторству. Студенты, овладевшие такой системой знаний и умений, быстрее адаптируются к условиям постоянного обновления техники и технологии, овладевают профессиональной гибкостью и мобильностью.

Для повышения качества профессиональной подготовки студентов в процессе их обучения общетехническим дисциплинам большой объем учебной работы приходится на курсовое проектирование. Курсовое проектирование – один из основных видов профессиональной деятельности бакалавра или дипломированного специалиста. Это стержневая форма учебной работы студента на всех курсах в технических вузах.

Имеется три уровня изучения и освоения обучающимся основ курсового проектирования: теоретический (на лекциях), лабораторно-исследовательский (на практических лабораторных занятиях) и расчетно-графический (в курсовом и дипломном проектировании). Описанные особенности в полной мере характерны для всех форм обучения.

Свое осязаемое проявление основы курсового проектирования находят в расчетно-графических работах, выполненных на основе знаний инженерной графики (машиностроительное черчение).

Освоение курса машиностроительного черчения служит основой технической подготовки будущих инженеров (бакалавров и специалистов). В результате освоения данного курса по инженерной графике студент должен:

1. Изучить нормы и основные правила выполнения и оформления чертежей, установленные Государственными стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД);
2. Научиться читать и выполнять чертежи различных деталей;
3. Освоить технику выполнения чертежей;
4. Развить пространственное воображение.

Так как чертеж служит средством передачи большого количества информации, описывающей конструкции различных машин, то развитие современного машиностроения невозможно без чертежей.

Чертеж поясняет устройство и работу машин, взаимосвязь составляющих их деталей и механизмов. Чертеж передает форму каждой детали и характеристики этой формы, т.е. шероховатость, предельные отклонения размеров, формы и расположения поверхностей. На чертеже указывается материал детали и состояние этого материала, т.е. твердость, термообработка, покрытие и т.д. По чертежам производится изготовление деталей, а затем и сборка из них различных устройств механизмов и машин, а также целых сооружений.

Поэтому выполнение чертежей в расчетно-графических работах должны обеспечить полноту соответствующей информации по каждой детали, каждой сборочной единицы и всей машине, в соответствии с ЕСКД. А через расчетно-графическую работу по инженерной графике, в процессе общетехнической подготовки, закладываются основы подготовки технически грамотного и компетентного специалиста, обладающего профессиональной гибкостью и мобильностью, т.е. формируется общетехническая компетентность будущего дипломированного инженера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : Изд-во ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с.
2. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
3. Энергообеспечение сельскохозяйственного тракторостроения России / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк, В. А. Марков // Агроинженерия. – 2021. – № 2(102). – С. 4-8. – DOI 10.26897/2687-1149-2021-2-4-8.
4. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 8. – С. 701-704.
5. Дидманидзе, О. Н. Исследования показателей тепловыделения газовых двигателей / О. Н. Дидманидзе, А. С. Афанасьев, Р. Т. Хакимов // Записки Горного института. – 2018. – Т. 229. – С. 50-55. – DOI 10.25515/PMI.2018.1.50.
6. Дидманидзе, О. Н. Использование суперконденсаторов в комбинированных энергоустановках тягово-транспортных средств / О. Н. Дидманидзе. – М. : ООО «Триада», 2004. – 160 с.
7. Руководство по диагностике, ТО и ремонту комбинированной энергоустановки гибридного автомобиля Toyota Prius NHW20/0 / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, Д. Г. Асадов [и др.]. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2006. – 357 с.

Об авторе:

Лазарь Вера Владимировна, доцент, ФГАОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (125993, Российская Федерация, Москва, Волоколамское шоссе, д. 4), кандидат технических наук.

About the author:

Vera V. Lazar, Associate Professor, Moscow Aviation Institute (National Research University) (125993, Russian Federation, Moscow, Volokolamskoe shosse, 4), Candidate of Technical Sciences.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ КОМПЛЕКТА ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРА С ПОРШНЯМИ

В. В. Махьянов

Научный руководитель – В. К. Зимогорский

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрены особенности входного контроля деталей, образующих соединение «поршень – гильза» при ремонте двигателей ЯМЗ. Обоснован выбор средств измерений повышенной точности, по сравнению с используемыми, так как данное соединение формируется использованием метода неполной взаимозаменяемости – селективной сборкой.

Ключевые слова: ремонт двигателей, входной контроль, гильза, поршень, выбор средств измерений.

METROLOGICAL SUPPORT OF INPUT CONTROL OF A SET OF CYLINDER CASINGS WITH PISTONS

V. V. Makhyanov

Scientific adviser – V. K. Zimogorsky

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. Features of input control of parts forming the piston-casing connection during repair of YMZ engines are considered. The choice of high-precision measuring instruments is justified, as this connection is formed using the method of incomplete interchangeability – selective assembly.

Keywords: engine repair, input control, sleeve, piston, choice of measuring instruments.

Интенсивное развитие тракторостроения в России формирует необходимость повышения качества узлов и агрегатов двигателей внутреннего сгорания и других ответственных агрегатов машин [1-4]. Начали применяться новые разработки по газовым двигателям [5] и по электрическим приводам [6, 7]. Всю производимую на российских заводах технику необходимо обслуживать и проводить своевременный ремонт [8, 9].

Современные нормы точности, новые допуски и посадки ответственных соединений [10, 11], разработка новых методик расчета точности [12, 13], требуют более грамотного выполнения операций контроля и их метрологического

обеспечения. При ремонте двигателя важно контролировать диаметры отверстий гильз цилиндра и рабочей поверхности поршней, входящих в состав комплектующих.

Фото комплекта гильз цилиндра с поршнями представлено на рисунке 1. В таблице 1 приведены нормируемые точностные параметры.



Рисунок 1 – Фото комплекта гильз цилиндра с поршнями

Таблица 1 – Параметры точности прилегающих поверхностей гильзы цилиндра и вала двигателя ЯМЗ

Наименование измеряемого диаметра	Маркировка размерной группы	Номинальный размер, мм	Предельно допустимый размер без ремонта, мм	Допуск, мм
Внутренний диаметр гильзы цилиндра	А	от 130,00 до 130,02	-	0,02
	Б	св. 130,02 до 130,04	-	0,02
	Ж	св. 130,04 до 130,06	-	0,02
Диаметр рабочей поверхности поршня	А	от 129,83 до 129,85	-	0,02
	Б	св. 129,85 до 129,87	-	0,02
	Ж	св. 129,87 до 129,89	-	0,02

Поршни и шатуны, бывшие в эксплуатации, должны быть из одного комплекта с гильзами цилиндров, в которых они были установлены до разборки. Новые поршни должны быть одной размерной группы с гильзами цилиндров.

Для размерной группы А, получена посадка $\varnothing 130 \frac{H5}{d5} \left(\begin{smallmatrix} +0,02 \\ 0 \\ -0,15 \\ -0,17 \end{smallmatrix} \right)$, необходимо выбрать средства измерения для контроля отверстия $\varnothing 130H5$ и вала $\varnothing 130d5$.

Для размерной группы Б, получена посадка $\varnothing 130 \frac{G6}{d5} \left(\begin{smallmatrix} +0,04 \\ +0,02 \\ -0,13 \end{smallmatrix} \right)$, необходимо выбрать средства измерения для контроля отверстия $\varnothing 130G6$ и вала $\varnothing 130d5$.

Для размерной группы Ж, получена посадка $\varnothing 130 \frac{F5}{d5} \left(\begin{smallmatrix} +0,06 \\ +0,04 \\ -0,11 \end{smallmatrix} \right)$, необходимо выбрать средства измерения для контроля отверстия $\varnothing 130F5$ и вала $\varnothing 130d5$.

Для проведения контроля средства измерения выбираются по классическому условию:

$$\Delta_{\text{lim}} \leq \delta, \quad (1)$$

где Δ_{lim} – предельная погрешность СИ; δ – допускаемая погрешность измерения.

Для отверстий $D_n = \varnothing 130H5, \varnothing 130G6, \varnothing 130F5$ имеем $T = 20$ мкм и $\delta = \pm 6$ мкм;

Для валов $d_n = \varnothing 130d5, \varnothing 130d5, \varnothing 130d5$ имеем $T = 20$ мкм и $\delta = \pm 6$ мкм.

Таким образом, допускаемая погрешность измерений одинакова для вала и отверстия и по значению $\delta = \pm 6$ мкм следует выбирать средства измерений.

Выберем следующие СИ (первое – с погрешностью, близкой к δ ; второе – более точное):

Для отверстий $D_n = \varnothing 130H5, \varnothing 130G6, \varnothing 130F5$:

1. Электронный индикаторный нутромер НИЦ 100-160 с ценой деления 0,01, $\Delta_{\text{lim}(1)} = \pm 10$ мкм;

2. Электронный индикаторный нутромер повышенной точности НИЦ 100-160 с ценой деления 0,002, $\Delta_{\text{lim}(2)} = \pm 4$ мкм.

Для валов $d_n = \varnothing 130d5, \varnothing 130d5, \varnothing 130d5$:

1. Индикатор часового типа ИЧ-10 и стойка для индикаторов С-IV, $\Delta_{\text{lim}(1)} = \pm 8$ мкм;

2. Скоба рычажная СР-150 диапазон измерений 125...150 с ценой деления 0,002, в стойке при настройке по концевым мерам 2 кл. $\Delta_{\text{lim}(2)} = \pm 2$ мкм.

Таким образом выбраны более точные средства измерений для контроля поршня и гильзы цилиндров с целью необходимости обеспечения посадок при селективной сборке $\varnothing 130 \frac{H5}{d5} \left(\begin{smallmatrix} +0,02 \\ 0 \\ -0,15 \end{smallmatrix} \right), \varnothing 130 \frac{G6}{d5} \left(\begin{smallmatrix} +0,04 \\ +0,02 \\ -0,13 \end{smallmatrix} \right), \varnothing 130 \frac{F5}{d5} \left(\begin{smallmatrix} +0,06 \\ +0,04 \\ -0,11 \end{smallmatrix} \right)$.

Для входного контроля высокоточных комплектующих, таких как поршни и гильзы цилиндров, где обеспечивается точность сборки методом неполной взаимозаменяемости в виде селективной сборки, рекомендуется использование сплошного контроля, так как возможен выход размеров за границы допусков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : Изд-во ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с.

2. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
3. Энергообеспечение сельскохозяйственного тракторостроения России / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк, В. А. Марков // Агроинженерия. – 2021. – № 2(102). – С. 4-8. – DOI 10.26897/2687-1149-2021-2-4-8.
4. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 8. – С. 701-704.
5. Дидманидзе, О. Н. Исследования показателей тепловыделения газовых двигателей / О. Н. Дидманидзе, А. С. Афанасьев, Р. Т. Хакимов // Записки Горного института. – 2018. – Т. 229. – С. 50-55. – DOI 10.25515/PMI.2018.1.50.
6. Дидманидзе, О. Н. Использование суперконденсаторов в комбинированных энергоустановках тягово-транспортных средств / О. Н. Дидманидзе. – М. : ООО «Триада», 2004. – 160 с.
7. Руководство по диагностике, ТО и ремонту комбинированной энергоустановки гибридного автомобиля Toyota Prius NHW20/0 / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, Д. Г. Асадов [и др.]. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2006. – 357 с.
8. Теоретические основы выбора рациональных способов восстановления деталей / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Сельский механизатор. – 2019. – № 5. – С. 38-39.
9. Леонов, О. А. Дефектация валов и шестерен с позиции обеспечения качества соединений при ремонте редукторов сельхозмашин / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 4. – С. 48-52. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-4-48-52.
10. Обоснование посадок соединений со шпонками / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, Д. У. Хасьянова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2022. – № 6. – С. 65-71.
11. Вергазова, Ю. Г. Влияние точностных и технологических параметров на долговечность соединения «вал-втулка» / Ю. Г. Вергазова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2014. – № 3(63). – С. 17-19.
12. Расчет допуска посадки с зазором для повышения относительной износостойкости соединений / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова [и др.] // Трение и износ. – 2023. – Т. 44, № 3. – С. 261-269. – DOI 10.32864/0202-4977-2023-44-3-261-269.
13. Расчет посадок с натягом при комбинированном нагружении / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Вестник машиностроения. – 2021. – № 3. – С. 25-28. – DOI 10.36652/0042-2021-3-25-28.

Об авторах:

Махьянов Вильдан Винаминович, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Научный руководитель – Зимогорский Владислав Кириллович, ассистент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

About the authors:

Vildan V. Makhyanov, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49).

Scientific advisor – Vladislav K. Zimogorsky, Assistant at the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49).

МЕТОДИКА СРАВНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

С. А. Саеров

Научный руководитель – В. А. Луханин

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация: В статье представлена научно обоснованная методика сравнительной оценки зерноуборочных комбайнов для условий стран Евразийского экономического союза (ЕАЭС). Актуальность исследования обусловлена формированием общего аграрного рынка и необходимостью унификации подходов к выбору техники в различных природно-климатических зонах. Предложена система технических, экономических, агротехнических, экологических и эргономических критериев. Разработан алгоритм расчета обобщенного показателя сравнения на основе нормализации показателей и метода взвешенной суммы, что позволяет комплексно оценить эффективность эксплуатации машин. Показана возможность адаптации методики к различным типам хозяйств и агроландшафтным условиям.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, ЕАЭС, сравнительная оценка, производительность, стоимость владения, потери зерна, интегральный показатель.

METHODOLOGY FOR COMPARING AGRICULTURAL MACHINERY FOR GRAIN CROP HARVESTING

S. A. Saerov

Scientific advisor – V. A. Lukhanin

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. This article presents a scientifically substantiated methodology for the comparative evaluation of combine harvesters under the conditions of the Eurasian Economic Union (EAEU) countries. The relevance of the study is driven by the formation of a common agricultural market and the need to unify approaches to machinery selection across diverse natural and climatic zones. A system of technical, economic, agrotechnical, environmental, and ergonomic criteria is proposed. An algorithm for calculating a generalized comparison indicator has been developed based on indicator normalization and the weighted sum method, enabling a comprehensive assessment of machine operational efficiency. The adaptability of the methodology to various farm types and agro-landscape conditions is demonstrated.

Keywords: combine harvester, EAEU, comparative evaluation, productivity, total cost of ownership, grain losses, integral indicator.

Введение. Современное развитие агропромышленного комплекса стран Евразийского экономического союза сопровождается углублением экономической интеграции и формированием общего рынка сельскохозяйственной продукции и техники. В этих условиях возрастает необходимость унификации подходов к оценке и выбору зерноуборочных комбайнов, являющихся ключевым элементом технологической цепочки производства зерна.

Государства ЕАЭС характеризуются значительным разнообразием природно-климатических условий: засушливые степные районы Республики Казахстан, зоны рискованного земледелия Сибири, регионы с повышенной влажностью в отдельных областях Республики Беларусь и Российской Федерации. Указанные факторы существенно влияют на режимы работы зерноуборочной техники, сроки уборки, допустимые потери и требования к надежности машин.

Традиционные методы сравнения комбайнов, основанные преимущественно на анализе паспортной производительности или мощности двигателя, не отражают реальной эффективности эксплуатации в конкретных условиях. Отсутствие комплексного подхода затрудняет принятие управленческих решений при формировании машинно-тракторного парка и реализации программ импортозамещения, исследования уборочных процессов, проведенные в работах [1, 6] показывают необходимость комплексного подхода.

В связи с этим разработка методики сравнительной оценки зерноуборочных комбайнов, учитывающей совокупность технических, экономических и агротехнических факторов, является актуальной научной задачей.

Цель исследования. Разработать методику комплексного сравнения зерноуборочных комбайнов в условиях стран ЕАЭС на основе многокритериального анализа и математического моделирования производственного процесса.

Для достижения цели решаются следующие задачи:

- обосновать систему критериев сравнительной оценки комбайнов;
- разработать алгоритм нормализации показателей и формирования обобщённого показателя сравнения;
- проанализировать влияние производственных условий на интегральную эффективность машин.

В основу методики исследования положены методы системного анализа, экспертных оценок и многокритериального сравнительного анализа. Обобщённый показатель сравнения (ОПС) формируется методом взвешенной суммы нормализованных критериев. Сумма весовых коэффициентов принимается равной единице.

Научная новизна и актуальность темы заключается в разработке комплексной методики сравнительной оценки зерноуборочных комбайнов, адаптированной к условиям стран Евразийского экономического союза и учитывающей интеграцию технических, экономических и агротехнологических факторов в единой математической модели.

Результаты исследований. Ключевым этапом нашей методики является определение критериев, которые позволяют объективно оценить технику для уборки зерновых культур. Для объективного сопоставления зерноуборочных комбайнов мы выделили четыре группы критериев.

1. Технические критерии: теоретическая и фактическая производительность (т/ч, га/ч); пропускная способность молотильно-сепарирующего устройства; мощность двигателя; расход топлива (л/га); коэффициент технической готовности; наличие систем точного земледелия.

2. Экономические критерии: стоимость приобретения; полная стоимость владения; эксплуатационные расходы; срок окупаемости; доступность сервисного обслуживания и запасных частей.

3. Агротехнические критерии: уровень потерь зерна (%); дробление и чистота обмолота; возможность работы при повышенной влажности; адаптивность к различным культурам и рельефу.

4. Экологические и эргономические критерии: удельные выбросы CO₂; соответствие экологическим стандартам; уровень шума и вибрации; комфортность кабины оператора.

Для расчета обобщённого показателя сравнения сельхозтехники на основе предложенных критериев используется метод взвешенной суммы.

Каждый критерий нормируется и умножается на свой вес, отражающий его важность.

$$\text{ОПС} = \sum_{i=1}^n (K_i \cdot \omega_i) \quad (1)$$

где K_i – вес критерия $\sum K_i = 1$;

ω_i – нормализованное значение показателя.

Базовое распределение значимости критериев приведено в таблице 1 и отражает приоритеты оценки зерноуборочных комбайнов в условиях стран ЕАЭС с учетом производственных, экономических и нормативных факторов. Формирование весовых коэффициентов осуществлялось на основе анализа научных публикаций и практического опыта эксплуатации уборочной техники в различных природно-климатических зонах [3].

Таблица 1 – Распределение значимости критериев

Критерий	Вес критерия (K_i)
Производительность	0,20
Расход топлива	0,15
Надежность	0,15
Стоимость владения (ТСО)	0,25
Уровень потерь зерна	0,10
Экологичность	0,10
Эргономика	0,05

Предложенное распределение не является фиксированным и универсальным для всех категорий хозяйств и может корректироваться в зависимости от типа хозяйства, масштабов производства и приоритетов стратегического развития, однако оно отражает усредненную модель принятия решений при формиро-

вании машинно-тракторного парка. Наибольший удельный вес присвоен показателю полной стоимости владения, поскольку в современных экономических условиях именно совокупные затраты жизненного цикла определяют финансовую устойчивость хозяйства. Здесь учитываются не только первоначальные инвестиции, но и расходы на топливо, техническое обслуживание, ремонт, страхование, амортизацию и простои.

Большая доля значимости отводится производительности комбайна, поскольку в условиях ограниченного уборочного периода эффективность выполнения технологической операции напрямую влияет на снижение потерь урожая и соблюдение агротехнических сроков. Высокая производительность особенно актуальна для регионов с коротким вегетационным периодом и высоким риском неблагоприятных погодных условий.

Показатели энергоемкости и надежности занимают значимое место в структуре весов, так как они характеризуют эксплуатационную устойчивость техники [2, 4]. Повышенный расход топлива увеличивает себестоимость продукции, а низкий уровень технической готовности приводит к простоям и дополнительным потерям урожая.

Агротехнический критерий – уровень потерь зерна, рассматривается как обязательный параметр качества уборки. Несмотря на сравнительно меньший удельный вес по сравнению с экономическими показателями, его влияние на конечный результат производства зерна является принципиальным, поскольку даже увеличение потерь на 1...2 % при больших площадях может привести к значительным финансовым потерям.

Экологические и эргономические показатели имеют меньший, но устойчивый вес в общей структуре. Это обусловлено постепенным ужесточением технических регламентов и стандартов в рамках ЕАЭС, а также ростом требований к условиям труда операторов [5-8].

Нормализованный показатель зависит от направления критерия – максимизация или минимизация. Нормализация показателей т.е. приведение к шкале 0 – 1 для критериев, которые нужно максимизировать (производительность, надёжность) выполняется по выражению 2, а для критериев, которые нужно минимизировать (расход топлива, выбросы CO₂) по выражению 3.

$$\omega_i = \frac{X_i}{X_{max}} \quad (2)$$

$$\omega_i = \frac{X_{min}}{X_i} \quad (3)$$

где X_i – значение показателя подлежащего нормализации;

X_{max}, X_{min} – соответственно максимальное и минимальное значение показателя в выборке.

Для расчета обобщенного показателя сравнения используется метод взвешенной суммы. Каждый критерий нормируется и умножается на свой вес (выражение 1), отражающий его важность. Пример расчета обобщенного показателя сравнения выполнен на примере комбайна производства ООО «КЗ «Ростсельмаш» Тогим и приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Пример расчета ОПС для комбайна «Торум»

Критерий	Значение показателя	Макс./мин. Значение в выборке	Нормализованный показатель	Вклад в ОПС ($K_i \cdot \omega_i$)
Производительность, т/ч	55	60	$55/60=0,92$	$0,2 \cdot 0,92=0,184$
Расход топлива, л/га	11	10	$10/11=0,91$	$0,15 \cdot 0,91=0,136$
Надёжность	8	10	$8/10=0,8$	$0,15 \cdot 0,8=0,120$
Стоимость владения, млн. руб.	25,5	34	$25,5/34,0=0,75$	$0,25 \cdot 0,75=0,188$
Потери зерна, %	1	0,5	$0,5/1=0,5$	$0,1 \cdot 0,5=0,05$
Выбросы CO ₂ , г/кВт·ч	220	190	$190/220=0,86$	$0,1 \cdot 0,86=0,086$
Эргономика (оценка)	4	5	$4/5=0,8$	$0,05 \cdot 0,8=0,04$

$$\text{ОПС} = 0,184 + 0,136 + 0,120 + 0,188 + 0,050 + 0,086 + 0,040 = 0,804$$

Допустимые значения ОПС:

- ОПС > 0,8 – техника оптимальна по большинству критериев;
- $0,6 < \text{ОПС} < 0,8$ – удовлетворительный выбор, но есть слабые места;
- ОПС < 0,6 – требует доработки или замены.

В работе проведен анализ влияния изменения весовых коэффициентов на итоговый ОПС, который показал, что при увеличении веса полной стоимости владения зерноуборочным комбайном снижается рейтинг дорогостоящих высокопроизводительных машин. Увеличение веса критерия производительности дает преимущество машинам с большей пропускной способностью, а повышение значимости экологического критерия повышает конкурентоспособность моделей с современными двигателями.

Методика демонстрирует устойчивость при изменении отдельных параметров в пределах $\pm 10\%$, что подтверждает ее корректность.

В условиях ЕАЭС существенное значение имеет стоимость владения и ремонтпригодность техники, поскольку доступность сервисной инфраструктуры и запасных частей влияет на коэффициент технической готовности.

Применение методики позволяет обоснованно выбирать технику для различных категорий хозяйств: крупных агрохолдингов, средних предприятий и фермерских хозяйств.

Выводы:

Разработана методика комплексного сравнения зерноуборочных комбайнов в условиях стран ЕАЭС, включающая систему критериев, которая учитывает технические, экономические, агротехнические и экологические показатели. В рамках методики обоснован алгоритм расчета обобщенного показателя сравнения, что позволяет объективно оценивать эффективность и соответствие техники заданным требованиям.

Применение предложенного подхода дает возможность формировать оптимальный машинно-тракторный парк, проводить тендерные процедуры и разрабатывать программы технической модернизации. Это обеспечивает научно

обоснованный выбор зерноуборочной техники и способствует повышению общей эффективности уборочного процесса в странах Евразийского экономического союза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследование уборки урожая подсолнечника современными энерго-средствами с использованием навесных уборочных адаптеров ПРП-8 И ПРП-12 / И. Э. Липкович, М. М. Украинцев, В. А. Луханин [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2024. – № 1(61). – DOI 10.51419/202141107.
2. Constant angle line of distributing seeds and fertilisers by a horizontal centrifugal machine / V. A. Lukhanin, V. I. Khizhnyak, S. P. Psiukalo [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – P. 00058. – DOI 10.1051/bioconf/202410300058.
3. Унификация расчетов производительности транспортных и транспортно-технологических средств / Н. А. Майстренко, В. П. Уваров, А. Г. Левшин [и др.] // Инженерные технологии и системы. – 2020. – Т. 30, № 4. – С. 637-658. – DOI 10.15507/2658-4123.030.202004.637-658.
4. Псюкало, С. П. Влияние упругого демпфирующего элемента на температурный режим подшипникового узла / С. П. Псюкало, В. А. Луханин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 7(225). – С. 93-98. – DOI 10.53083/1996-4277-2023-225-7-93-98.
5. Черноволов, В. А. Расчет параметров дозирующего устройства распределителя минеральных удобрений для работы в системе координатного земледелия / В. А. Черноволов, В. А. Луханин, А. Б. Локтев // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства. – 2013. – № 5. – С. 200-207.
6. Алхамад Алхадж Драй, А. Результаты оптимизации уборочно-транспортного комплекса по уборке хлопка в условиях Сирийской Арабской Республики / А. Алхамад Алхадж Драй, Н. А. Майстренко, В. И. Балабанов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». – 2018. – № 1(83). – С. 48-51. – DOI 10.26897/1728-7936-2018-1-48-51.
7. Дидманидзе, О. Н. Основные направления развития тягово-транспортных средств в АПК / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, А. М. Карев // Доклады ТСХА, Москва, 02-04 декабря 2014 года. Том 1. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.
8. Aldoshin, N. Harvesting Lupinus albus axial rotary combine harvesters / N. Aldoshin, O. Didmanidze // Research in Agricultural Engineering. – 2018. – Vol. 64, No. 4. – P. 209-214. – DOI 10.17221/107/2017-RAE.

Об авторах:

Саеров Сергей Алексеевич, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), Saerovs10gmail.com.

Научный руководитель – Луханин Владимир Александрович, доцент кафедры механизации сельского хозяйства, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, a.luhanin@rgau-msha.ru.

About the authors:

Sergey A. Saerov, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49), Saerovs10@gmail.com.

Scientific advisor – Vladimir A. Lukhanin, Associate Professor of the Department of Agricultural Mechanization, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49), Candidate of Technical Sciences, a.luhanin@rgau-msha.ru.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТОМОГРАФИИ В СФЕРЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

А. В. Дейнеко, А. В. Иванов

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. В статье исследуется применение промышленной компьютерной томографии в реверс-инжиниринге для ремонта и обслуживания транспортно-технологических машин. Рассмотрены принципы работы рентгеновских томографов, терминология, преимущества метода неразрушающего контроля перед традиционными подходами. Показана эффективность томографии для анализа износа деталей, контроля качества, диагностики узлов и аккумуляторных батарей. Определены перспективы внедрения технологии в России в условиях импортозамещения.

Ключевые слова: промышленная компьютерная томография, реверс-инжиниринг, неразрушающий контроль, ремонт оборудования, транспортно-технологические машины, рентгеновская томография.

USE OF INDUSTRIAL TOMOGRAPHY IN THE FIELD OF TECHNICAL SERVICING OF VEHICLES

A. V. Deineko, A. V. Ivanov

Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. This article examines the application of industrial computed tomography in reverse engineering for the repair and maintenance of transport and technological machines. The operating principles of X-ray tomographs, terminology, and advantages of non-destructive testing methods over traditional approaches are discussed. The effectiveness of tomography for analyzing component wear, quality control, diagnostics of assemblies, and battery inspection is demonstrated. Prospects for technology implementation in Russia under import substitution conditions are outlined.

Keywords: industrial computed tomography, reverse engineering, non-destructive testing, equipment repair, transport and technological machines, X-ray tomography.

Введение. Современное промышленное оборудование становится все более сложным, что создает значительные трудности в его техническом обслуживании и ремонте. Традиционные методы контроля и реверс-инжиниринга часто оказываются недостаточными для получения полной информации о внутренней структуре и состоянии оборудования. Особенно актуальными вопросы реверс-инжиниринга стоят в России, где с одной стороны наблюдается очень большой

процент техники иностранного производства, а с другой, из-за внешнеполитической обстановки, имеются постоянно нарастающие проблемы с получением необходимых деталей для осуществления ремонта и обслуживания данной техники. В этой связи особую роль занимают новые перспективные направления, которые могут заметно облегчить задачи, стоящие перед специалистами, занятыми в области обслуживания и ремонта транспортно-технологических машин и комплексов. Одним из таких направлений является промышленная компьютерная томография.

Данная статья посвящена изучению применения промышленной компьютерной томографии в процессе реверс-инжиниринга для целей ремонта и технического обслуживания транспортно-технологических машин и комплексов. Будут рассмотрены виды и принципы действия различных типов промышленных томографов, используемая терминология, применение данных полученных в результате томографического исследования для обслуживания и ремонта транспортно-технологических машин, проведено сравнение с традиционными методами, рассмотрены вопросы касающиеся реверс-инжиниринга отдельных деталей, вопросы относящиеся к контролю качества деталей полученных путем реверс-инжиниринга, перспективы развития направления промышленной томографии в России.

Основы компьютерной (вычислительной) томографии. Компьютерная томография получила начало своего развития как прикладной инструмент медицины. Однако после появления первых медицинских томографов стало понятно, что данная технология может (и должна) иметь гораздо более широкий спектр применения.

В настоящее время очень активно развиваются так называемые аддитивные технологии. Это технологии создания трёхмерных физических объектов из цифровых моделей путем добавления или изменения материалов слой за слоем. Простыми словами, аддитивные технологии, это технологии связанные с 3D печатью изделий из различных материалов. Как становится понятно из определения, данного выше, аддитивные технологии являются некоторой противоположностью стандартного подхода изготовления деталей из цельного куска материала, когда основной процесс состоит в срезании лишнего материала с заготовки. Появление аддитивных технологий позволяет создавать детали с набором внутренних полостей, которые было бы невозможно изготовить стандартными более ранними подходами (точение, фрезерование, сверление и т.д.). Как следствие возникает необходимость в проверке и контроле этих полостей у готовых деталей. На сегодняшний день не существует другой технологии, кроме промышленной компьютерной томографии, способной справиться с данной задачей, не разрушая исследуемую деталь.

При рассмотрении этимологии термина «томография» можно обнаружить, что данный термин имеет греческое происхождение и состоит из двух греческих слов: *τομος* – сечение и *γραφος* – пишу. По сути, «томография» является исследованием структуры того или иного объекта с помощью получения его сечений, то есть представляет собой некое послойное исследование структуры объекта.

Такое исследование можно получить, например, разрезая объект последовательно на отдельные слои, изучая каждый слой по отдельности. Чем меньше ширина нарезаемого слоя, тем подробнее мы можем получить информацию об объекте. К сожалению, приходится констатировать тот факт, что после такого исследования исследуемый объект приходит в негодность. Компьютерная томография лишена данного недостатка и относится к методам неразрушающего контроля. При применении в исследовании компьютерной томографии, можно получить данные о внутренней структуре исследуемого объекта, не прибегая к его разрушению.

Существуют разные физические принципы, на основе которых может быть построена томография. Обычно выделяют такие виды томографии исходя из этих физических принципов: магнитно-резонансная томография, оптическая когерентная томография, электронно-лучевая, позитронно-эмиссионная, ультразвуковая, рентгеновская и ряд других. В промышленности, в основном, используется рентгеновская компьютерная томография (РКТ). Это связано со способностью рентгеновских лучей проникать сквозь толщину исследуемого материала, однако этот же факт является и серьёзным препятствием, так как исследование металлических объектов, имеющих большую толщину ($\approx >10$ см) материала, требуют значительного увеличения мощности источника рентгеновского излучения.

Томографическое исследование происходит послойно, но конечного пользователя интересует целостная картина, для создания которой необходим специальный вычислительный центр (компьютер), который с помощью заданным математических алгоритмов, собирает полученные при исследовании слои в единый объект. Для этого применяются преобразования Радона и преобразования Фурье. Достоверность и информативность конечного результата исследования зависит от ряда факторов, таких как: принцип действия конкретного устройства, математических методов и алгоритмов обработки данных, полученных с детектора прибора данных.

Преобразования Радона и преобразования Фурье были известны математикам ещё до компьютерной эры. Здесь можно провести аналогию с использованием численных методов в дифференциально-интегральном исчислении. Известно, что очень серьёзный вклад в дифференциально-интегральное исчисление внёс Исаак Ньютон. Сам Ньютон ещё в 17-м веке прекрасно понимал, что имея некоторую непрерывную функцию на участке А-В, её можно достаточно легко проинтегрировать (на заданном участке) численными методами. Проблема состояла лишь в том, что это требовало огромного количества рутинных однотипных вычислений, которые стали возможны только в 20-м веке с появлением компьютеров. Выполнить реконструкцию полученных срезов плоскостей изображений и получить восстановленный трёхмерный объект также стало возможным только с появлением более-менее мощного и компактного компьютера. Отсюда и происходит термин «компьютерная» томография. Иногда применяется термин «вычислительная». Часто данный термин вообще опускается, подразумеваясь как данность. В настоящее время чаще всего используется следующая терминология:

- Промышленная рентгеновская компьютерная томография;
- Промышленная рентгеновская вычислительная томография;
- Высокоэнергетическая компьютерная томография.

В англоязычной литературе встречаются термины:

- СТ – computed tomography;
- ХСТ – X-ray computed tomography;
- IXТ – industrial computed tomography.

Промышленная рентгеновская томография. Принцип работы рентгеновской томографии основан на способности рентгеновских лучей проникать через объекты и поглощаться ими в разной степени в зависимости от плотности и состава материала.

В промышленных компьютерных томографах как правило применяют системы с веерным или с конусным пучком рентгеновского излучения. Иногда можно встретить термин «веерная томография» и «конусная томография». На наш взгляд данная терминология не совсем корректна, так как в любом из этих случаев мы именем дело с рентгеновской компьютерной томографией. В случае необходимости, можно уточнить, что речь идёт, например, о рентгеновской компьютерной томографии с источником излучения веерного типа. На рисунке 1 показаны системы РКТ веерного (а) и конусного (b) типа.

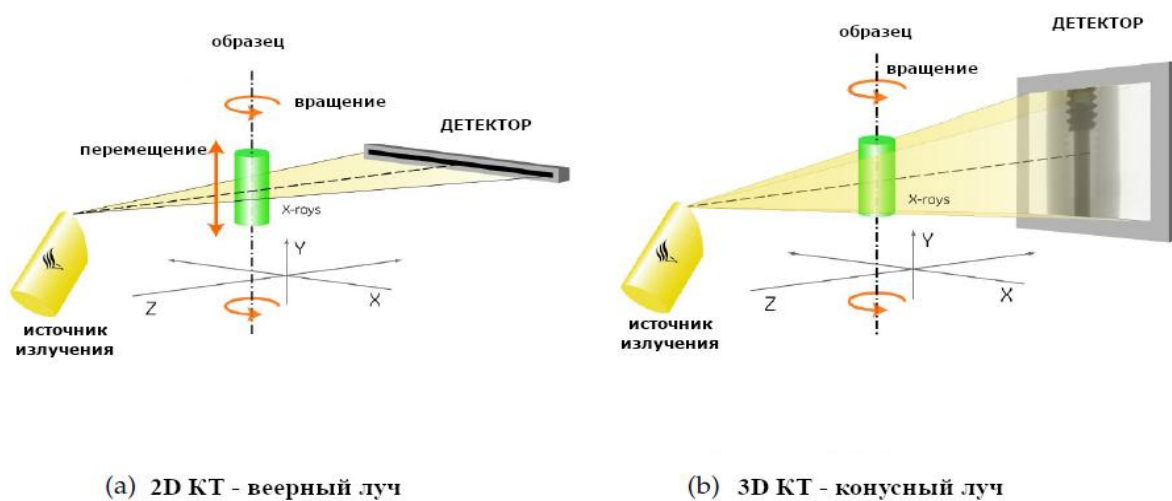


Рисунок 1 – Веерный и конусный лучи

В случае источника веерного типа поток лучей рентгеновского излучения имеет плоскую форму, как и сам детектор. Для получения объемного изображения необходимо не только вращать исследуемый объект вокруг своей оси, но и перемещать источник и детектор вдоль вертикальной оси. При использовании источника с конусным излучением достаточно обеспечить только вращение объекта вокруг своей оси. Как источники веерного излучения, так и источники конусного типа находят своё применение в технике, в зависимости от поставленных задач. Источник с конусным излучением позволяет быстрее получать трехмерное изображение объекта, однако имеет заметные искажения на краях исследуемого объекта. В связи с этим последние поколения томографов, как правило,

имеют источник с конусным излучением, но при этом также позволяют перемещать объект вдоль вертикальной оси. Такой тип томографа получили название геликоидальный. Геликоидальный тип томографа также дает возможность исследовать объекты достаточно большой длины, не позволяющей всему объекту поместиться в конус рентгеновского излучения. Это достигается за счет возможности перемещения исследуемого объекта вдоль вертикальной оси.

Аспекты применения промышленной компьютерной томографии. В промышленной томографии исследуемыми объектами являются детали или сборочные единицы, изготовленные из различных промышленных материалов. Как правило это металлы, пластмассы, керамика и некоторые другие. При исследовании таких объектов существенным ограничением является ограниченность проникновения рентгеновского луча вглубь материала. Для увеличения глубины проникновения (радиографическая длина) приходится увеличивать энергию рентгеновского излучения источника. Это достигается изменением ускоряющего напряжения в источнике излучения. В таблице 1 приведена возможная глубина исследования разных материалов в зависимости от ускоряющего напряжения источника рентгеновского излучения и материала исследуемого объекта.

Таблица 1 – Зависимость радиографической длины от ускоряющего напряжения источника излучения и исследуемого материала

Ускоряющее напряжение	130 кВ	150 кВ	190 кВ	225 кВ	450 кВ
Чугун / Сталь / Керамика	до 5 мм	до 8 мм	до 25 мм	до 40 мм	до 70 мм
Алюминий	до 30 мм	до 50 мм	до 90 мм	до 150 мм	до 250 мм
Пластмассы	до 90 мм	до 130 мм	до 200 мм	до 250 мм	до 450 мм

Обилие в России техники иностранного производства привело к тому, что после изменения внешнеполитической ситуации получение оригинальных деталей к агрегатам этих машин стало либо невозможно, либо финансово невыгодно. Также возник вопрос о возрождении собственного производства необходимой стране техники. К сожалению, большая часть документации и технологий производства отечественной техники была утрачена, а для импортной техники оказалась недоступна отечественным производителям. В связи с чем очень актуально встал вопрос так называемой обратной разработки, или обратного (реверс) инжиниринга. Таким образом вопросы импортозамещения и реверс-инжиниринга являются крайне актуальными для нашей страны сегодня.

Применение современных технологий позволяет восстановить утраченную информацию о конструкциях машин или механизмов при отсутствии технической документации и дефиците оригинальных запчастей. Это особенно актуально в энергетическом секторе, машиностроении, авиации, а также в эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов.

Промышленная компьютерная томография является ключевым инструментом, используемым в реверс-инжиниринге. Томография широко применяется для процесса воссоздания конструкций сложных форм, что даёт возможность получить в последствии точную копию оригинала. Стоит отметить, что в вопросах

эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов промышленная компьютерная томография позволяет не только воссоздать оригинал замещаемой детали, но и проводить исследования износа действующих деталей, что позволяет создавать модернизированные детали с лучшими характеристиками, чем у оригинала. С помощью компьютерной томографии можно проводить анализ того или иного узла механизма в процессе его эксплуатации. Это позволит специалистам разработать рекомендации по устранению недостатков конструкции. Выявленная информация о появившихся в процессе эксплуатации микротрещин, деформаций и дефектов позволит вносить правки в расчетные значения узлов, что, в конечном итоге, приведёт к увеличению ресурса исследуемого узла.

В применении промышленной томографии к транспортным машинам, следует отметить большую трудоемкость обслуживания двигателей. Разборка и сборка даже небольшого двигателя для проведения его диагностики как правило занимает не один рабочий день специалиста высокой квалификации. При этом всегда существует риск повреждения тех или иных элементов. В основном это связано с коррозионными изменениями в резьбовых соединениях, что не позволяет произвести разборку узла без повреждения крепежных элементов. Применение компьютерной томографии приведёт к существенному сокращению времени диагностики, а также позволит выявить проблемы до того, как наступят необратимые последствия.

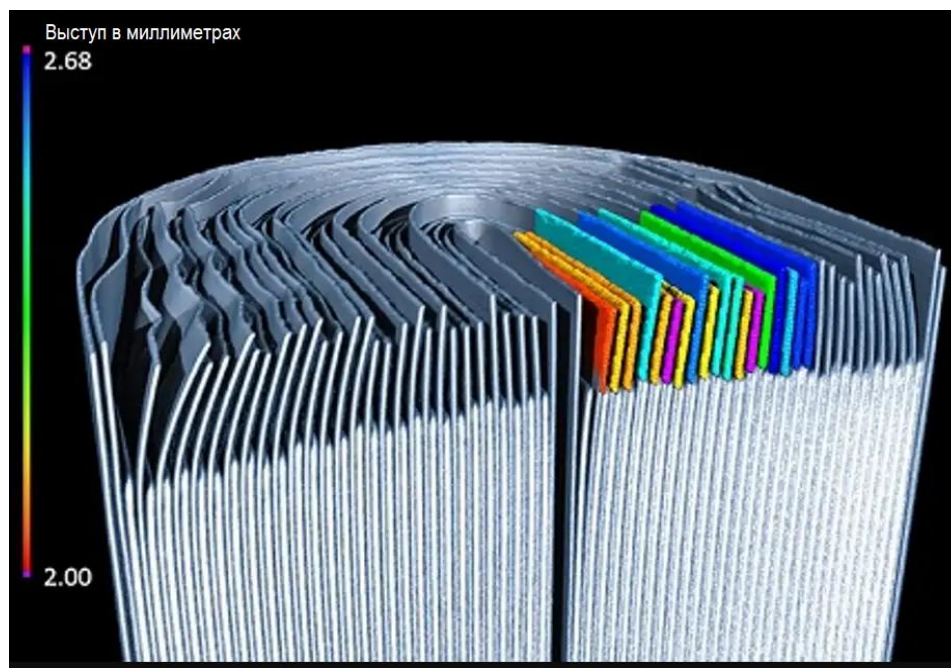


Рисунок 2 – Промышленная томограмма батареи, показывающая оценку выступа анода

Ещё одним важным элементом для проверки с помощью компьютерной томографии в области транспортно-технологических машин является аккумуляторная батарея. Особенно актуально это становится в процессе развития современного электротранспорта. Часто применяемых стандартных методов исследования состояния аккумуляторных батарей недостаточно для стопроцентного

предотвращения внезапного отказа аккумуляторной батареи. Применение промышленной компьютерной томографии для диагностики аккумуляторных батарей позволит заметно увеличить надежность эксплуатации транспортных машин. На рисунке 2 изображена промышленная компьютерная томограмма литий-ионной батареи, показывающая оценку выступления анода.

Перспективы развития промышленной компьютерной томографии.

Перспективы развития промышленной компьютерной томографии выглядят достаточно многообещающими. Хотя для России это скорее отдаленное будущее, чем ближайшие перспективы. Процесс внедрения промышленной компьютерной томографии в западных странах начался ещё в конце XX века. Впрочем, тогда об этом направлении, как о перспективном, заявляли только крупные промышленные гиганты. В частности, в автомобилестроении в конце XX века о перспективах применения промышленной томографии на своих производствах заявляли такие автопроизводители как БМВ и Фольксваген. Однако технологии конца XX века не позволяли масштабно и повсеместно применять промышленную компьютерную томографию даже в западных странах. Препятствием для этого являлись следующие факторы: плохо проработанные алгоритмы обработки полученных данных для реконструкции конечных трехмерных изображений исследуемых объектов, недостаточная мощность источников рентгеновского излучения для возможности исследования изделий из металлов, крайне высокая стоимость оборудования.

В настоящее время большинство ограничений для использования промышленной компьютерной томографии представляются не настолько критичными. Налажен серийный выпуск промышленным компьютерных томографов. В России в основном используются образцы китайского производства, а также осуществляются попытки наладить собственное производство, пусть и на импортной элементной базе. Прослеживается тенденция к увеличению мощности источников рентгеновского излучения и весогабаритных характеристик промышленных томографов, что позволяет проводить исследования всё более массивных и плотных объектов. Наблюдается тенденция к снижению стоимости промышленных компьютерных томографов. Растет число специалистов, профессионально занимающихся данной темой. Всё это говорит о хороших перспективах внедрения промышленной компьютерной томографии на производственных и ремонтных предприятиях в России в не самом отдалённом будущем.

Заключение. Промышленная томография представляет собой ценный инструмент для реверс-инжиниринга в целях технического обслуживания и ремонта оборудования. Она обеспечивает неразрушающий метод получения детальных данных о внутренней структуре и геометрии сложных технических устройств. Преимущества использования промышленной томографии включают возможность обнаружения скрытых дефектов, проведения точных измерений внутренних компонентов, контроля качества сборки и анализа причин отказов. Несмотря на некоторые ограничения, связанные со стоимостью, размерами объектов и плотностью материалов, постоянное развитие технологий и программ-

ного обеспечения расширяет возможности применения промышленной томографии. Соблюдение существующих стандартов и нормативных документов обеспечивает надежность и точность получаемых данных.

В будущем ожидается дальнейшее развитие и расширение областей применения промышленной томографии в техническом обслуживании и ремонте благодаря интеграции искусственного интеллекта, созданию более портативных систем и совершенствованию методов анализа данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вайнберг, Э. И. Опыт трехмерной компьютерной томографии / Э. И. Вайнберг, С. Г. Цыганов, М. М. Шаров // В мире неразрушающего контроля. – 2008. – № 1(39). – С. 56-59.
2. Радиатор с полиуретановой сердцевиной в блочной системе охлаждения двигателя / О. Н. Дидманидзе, Р. Т. Хакимов, Е. П. Парлюк, Н. А. Большаков // Проблемы совершенствования машин, оборудования и технологий в агропромышленном комплексе : материалы международной научно-технической конференции, Воронеж, 23-24 октября 2019 года. – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. – 2019. – С. 63-70.
3. Методы упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин на основе динамически активных покрытий / Н. М. Ожегов, А. В. Иванов, И. В. Цыплакова, А. А. Михайлов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2023. – № 64. – С. 45-48.
4. Иванов, А. В. Технологические методы управления качеством восстановления деталей электродуговой наплавкой / А. В. Иванов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2017. – № 33. – С. 14-19.
5. Рентгеновский компьютерный томограф – новый инструмент в распознавании / А. В. Игначева, А. В. Шекус, Т. С. Чернов, Е. Е. Лимонова, В. В. Арлазоров // Труды ИСА РАН. Спецвыпуск. – 2018. – С. 90-97.
6. Computer tomography in automotive construction: BMW Group uses X-ray measurements for vehicle analysis // BMW Group Corporate Communication 19 July 2018.
7. Дидманидзе, О. Н. Основные направления развития тягово-транспортных средств в АПК / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, А. М. Карев // Доклады ТСХА, Москва, 02-04 декабря 2014 года. Том 1. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.
8. Computed tomography for dimensional metrology / J. P. Kruth, M. Bartscher, S. Carmignato, R. Schmitt, L. De Chiffre, A. Weckenmann // CIRP Annals – Manufacturing Technology. – 2011. – No. 60. – С. 821-842.
9. Работоспособность технических систем : Учебник для ВУЗов по изучению дисциплины / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2022. – 379 с.
10. Марусина, М. Я. Современные виды томографии / М. Я. Марусина, А. О. Казначеева. – СПбГУ : ИТМО, 2006.

11. Филонин, О. В. Общий курс компьютерной томографии / О. В. Филонин. – Самара : Самарский научный центр РАН, 2012. – 407 с.

12. Хакимов, Р. Т. Стендовые гидродинамические исследования моделей роторных алюминиевых радиаторов / Р. Т. Хакимов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2016. – № 26. – С. 24-27.

Об авторах:

Дейнеко Александр Викторович, магистр, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское шоссе, дом 2), deineko1984@mail.ru.

Иванов Андрей Владимирович доцент кафедры «Автомобили, тракторы и технический сервис», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское шоссе, дом 2), кандидат технических наук, irokez-amur@mail.ru.

About the authors:

Aleksandr V. Deineko, Master's Degree, Saint Petersburg State Agrarian University (196601, Russian Federation, Saint Petersburg, Pushkin, Petersburg Highway, Building 2), deineko1984@mail.ru.

Andrey V. Ivanov, Associate Professor of the Department «Automobiles, Tractors and Technical Service», Saint Petersburg State Agrarian University (196601, Russian Federation, Saint Petersburg, Pushkin, Petersburg Highway, Building 2), Candidate of Technical Sciences, irokez-amur@mail.ru.

ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИЯ ТРАНСМИССИИ АВТОБУСОВ ЛИАЗ К УСТАНОВКЕ АКПП ЯМЗ В УСЛОВИЯХ ООО «ЛИКИНСКИЙ АВТОБУСНЫЙ ЗАВОД»

С. А. Картошкин, О. П. Андреев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрена адаптация трансмиссии автобусов ЛиАЗ к установке отечественных КПП ЯМЗ. Описаны механическая интеграция, кинематические расчёты, системы управления, электрика и требования к испытаниям. Работа актуальна в условиях импортозамещения.

Ключевые слова: автобус, особенности, платформа, коробка перемены передач, трансмиссия, система управления, расчеты, документация.

FEATURES OF THE ADAPTATION OF THE LIAZ BUS TRANSMISSION TO THE INSTALLATION OF THE YAMZ AUTOMATIC TRANSMISSION IN THE CONDITIONS OF LIKINSKY BUS PLANT LLC

S. A. Kartoshkin, O. P. Andreev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article discusses the adaptation of LiAZ bus transmissions for domestic YMZ gearboxes. Mechanical integration, kinematic calculations, control systems, electrical components, and testing requirements are described. The work is relevant under import substitution conditions.

Keywords: bus; features; platform; gearbox; transmission; control system; calculations; documentation.

Ликинский автобусный завод (ЛиАЗ) – крупное российское предприятие по производству автобусной техники, сыгравшее важную роль в развитии общественного транспорта СССР и современной России [1].

Сегодня ЛиАЗ остаётся одним из ведущих автобусных заводов России, выпускающим городские, пригородные и специализированные автобусы и продолжая традиции отечественного автобусостроения [2].

Основные модели автобусов ЛиАЗ, которые выпускаются в настоящее время, с указанием типов коробок передач [3-6]:

1. **ЛиАЗ-4292** – городской автобус среднего класса
 - Класс: городской/средний класс, низкопольный.

- Двигатели: ЯМЗ (дизельные), в том числе газовые версии на КПП.
- Коробки передач: автоматическая АКПП в разных модификациях.
- Особенности: доступен в трёхдверном варианте с низким полом, а также в варианте с частично повышенным полом.

2. ЛиАЗ-5292 – городской автобус большого класса (флагман)

- Класс: городской низкопольный автобус большой вместимости.
- Двигатели: дизельные и газовые (ЯМЗ, MAN в ранних версиях).
- Коробки передач: автоматические ZF (Ecomat / EcoLife в зависимости от комплектации).
- Особенности: одна из наиболее массовых моделей на российских маршрутах, доступна в различных модификациях.

3. ЛиАЗ-6213 – сочленённый (гармошка) автобус особо большого класса

- Класс: сочленённый городской автобус (18 м).
- Двигатели: дизельные ЯМЗ или MAN (в разных вариантах).
- Коробки передач: в серийных конфигурациях используются автоматические трансмиссии ZF или аналогичные автоматические коробки (обычно 6-ступенчатые).
- Особенности: предназначен для интенсивных пассажиропотоков в крупных городах.

4. ЛиАЗ-6274 (e-Citymax) – электробус большого класса

- Класс: городской электробус (низкопольный).
- Двигатель/трансмиссия: электрическая силовая установка (электродвигатели через редуктор), без классической коробки передач (электротяга).
- Особенности: основан на платформе ЛиАЗ-5292 и предназначен для экологичного городского транспорта.

5. ЛиАЗ Citymax / Citymax 12 – новая линейка автобусов

- Класс: городской/пригородный автобус большого класса (Citymax 12).
- Двигатели: дизельные ЯМЗ-537; также есть газовые варианты.
- Коробки передач: автоматическая трансмиссия

Причина перехода на отечественные КПП

ЛиАЗ активно переводит свои модели на отечественные двигатели ЯМЗ из-за ограничений поставок импортных агрегатов.

Автоматические коробки передач обычно импортные – отечественных автоматов для крупных автобусов пока немного.

В нынешних реалиях необходимо адаптировать трансмиссию автобусов ЛиАЗ к применению новой отечественной КПП/АКПП завода ЯМЗ.

Что необходимо для установки новой КПП/АКПП

Для установки новой коробки переключения передач (КПП) в автобус требуется комплексная разработка и адаптация в нескольких направлениях.

1. Механическая интеграция КПП

Необходимо разработать:

1.1. Сопряжение с двигателем:

- переходная плита (адаптер «двигатель–КПП»);
- маховик (или его доработка);
- сцепление / гидротрансформатор (в зависимости от типа КПП);

- центровка валов.

1.2. Крепление КПП:

- опоры и кронштейны КПП;
- элементы крепления к раме / подрамнику;
- виброизоляция.

1.3. Привод к ведущему мосту:

- карданный вал (новая длина, фланцы);
- углы установки кардана;
- при необходимости – промежуточная опора.

2. Кинематические и прочностные расчёты

Требуется выполнить:

- подбор и проверку передаточных чисел КПП под: массу автобуса; режимы движения (город / трасса);
- расчёт: крутящего момента; динамических нагрузок; ресурса;
- проверку совместимости с главным редуктором ведущего моста.

3. Система управления КПП

Зависит от типа коробки:

3.1. Механическая КПП:

- механизм переключения передач;
- привод сцепления (гидравлический / пневматический);
- эргономика рабочего места водителя.

3.2. Автоматическая или роботизированная КПП:

- алгоритмы переключения передач;
- блок управления КПП (TCU);
- согласование с ЭБУ двигателя;
- интеграция в CAN-шину автобуса;

датчики:

- скорости,
- оборотов,
- температуры масла,
- давления.

4. Система смазки и охлаждения

Необходимо разработать или адаптировать:

- схему смазки КПП;
- масляный теплообменник;
- магистрали охлаждения;
- контроль температуры и уровня масла.

5. Электрика и электроника

Разрабатываются:

- электрические схемы подключения КПП;
- жгуты проводов;
- интерфейсы связи (CAN);
- системы диагностики и аварийных режимов.

6. Тормозные и вспомогательные системы

- согласование с моторным тормозом / ретардером;

- интеграция с системой ABS/ESP (если применимо);
- логика работы стояночного тормоза.

7. Безопасность и надёжность

- защита от ошибочного переключения;
- аварийные режимы;
- резервные алгоритмы (для АКПП);
- защита от перегрева и перегрузки.

8. Документация и испытания

Обязательно требуется:

- комплект конструкторской документации (КД);
- эксплуатационная документация;
- стендовые испытания;
- дорожные испытания;
- подтверждение соответствия требованиям ТР ТС / ГОСТ (для серийных автобусов).

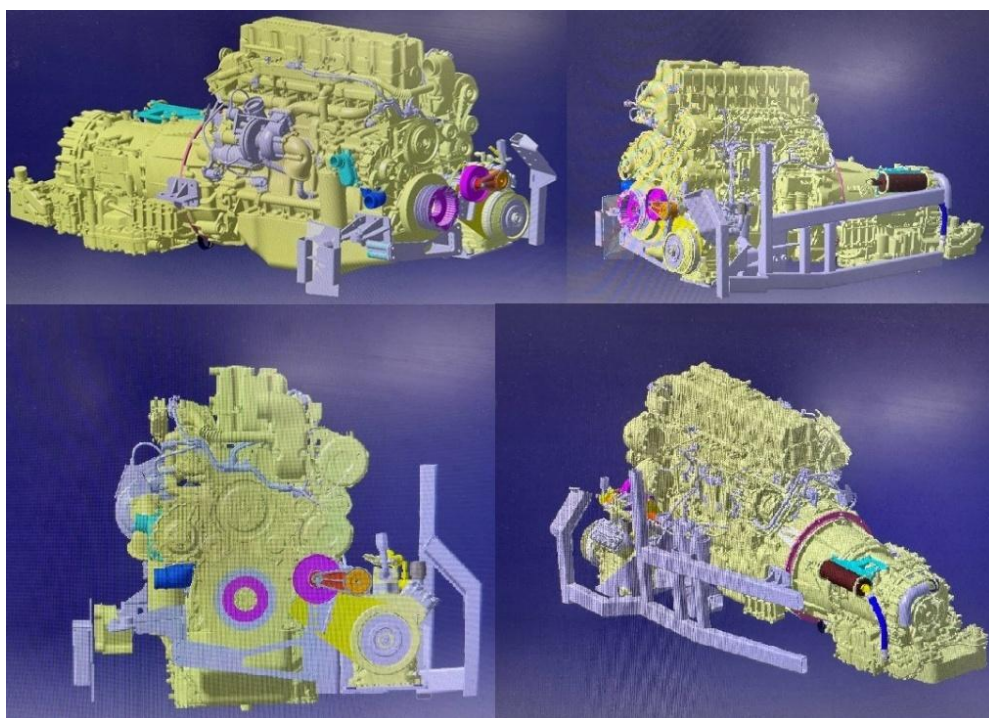


Рисунок 1 – Результат компьютерного моделирования деталей для установки АКПП в трансмиссию автобуса.

Адаптация трансмиссий автобусов ЛиАЗ к отечественным КПП ЯМЗ требует комплексных инженерных решений, но является необходимым шагом для обеспечения устойчивости производства в условиях импортозамещения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев, О. П. Лицензионная система на автомобильном транспорте в РФ / О. П. Андреев, В. Л. Пильщиков // Чтения Академика В. Н. Болтинского: сборник статей. – М., 2022. – Ч. 1. – С. 143-148.

2. Комплексная диагностика двигателя : учебное пособие / О. П. Андреев, Г. Е. Митягин, О. В. Виноградов, Р. Н. Егоров, В. И. Стафеев, А. Н. Журилин. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2016. – 109 с.
3. Зангиев, А. А. Выбор ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур / А. А. Зангиев, О. Н. Дидманидзе, О. П. Андреев. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 1994. – 124 с.
4. Основы теории надёжности : учебник для вузов / А. В. Чепурин, О. П. Андреев, Е. Л. Чепурина, Д. А. Рыбалкин, Д. Л. Кушнарева. – М. : Типография ПМГ, 2023. – 232 с.
5. Митягин, Г. Е. Проблемы и перспективы производства и эксплуатации электротранспортных средств в России / Г. Е. Митягин, О. П. Андреев, А. А. В. Рупасингхе // Международный технико-экономический журнал. – 2022. – № 2. – С. 33-44.
6. Патент на полезную модель № 37776 U1 Российская Федерация, МПК F02N 11/00, G01R 31/40. Источник электропитания электростартерного пуска двигателя с вспомогательным пусковым элементом : № 2004100397/20 : заявл. 15.01.2004 : опубл. 10.05.2004 / О. П. Андреев, О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, В. В. Кошкин.

Об авторах:

Картошкин Степан Алексеевич, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), cool.kartoshkin@bk.ru.

Андреев Олег Петрович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, aopmsau@rgau-msha.ru.

About the authors:

Stepan A. Kartoshkin, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), cool.kartoshkin@bk.ru.

Oleg P. Andreev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, aopmsau@rgau-msha.ru.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МОЛОЧНОМ СКОТОВОДСТВЕ: ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ

Ю. В. Чутчева, С. А. Мишакова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье проанализирована эффективность внедрения роботизированных систем доения в молочном скотоводстве Калужской области. Установлено: продуктивность коров выше на 19 %, рентабельность растёт на 4,5 %, качество молока улучшается. Совокупный экономический эффект составляет 8,7 млн руб., срок окупаемости сокращается до 8 лет. Роботизация способствует устойчивому развитию отрасли.

Ключевые слова: автоматизированные процессы, молочное скотоводство, производство, роботизированная молочная ферма, эффективность.

AUTOMATED TECHNOLOGIES IN DAIRY CATTLE BREEDING: EXPERIENCE OF IMPLEMENTATION AND EVALUATION OF EFFICIENCY

Yu. V. Chutcheva, S. A. Mishakova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article analyzes the efficiency of robotic milking systems implementation in dairy cattle breeding in the Kaluga region. Results show: cow productivity increases by 19 %, profitability rises by 4,5 %, and milk quality improves. The cumulative economic effect amounts to 8,7 million RUB, with the payback period reduced to 8 years. Robotic automation contributes to the sustainable development of the dairy sector.

Keywords: automated processes, dairy cattle breeding, production, robotic dairy farm, efficiency.

Сельское хозяйство, как ведущая отрасль экономики, направлено на обеспечение продовольствием населения страны и получения сырья для различных отраслей промышленности. Молочное скотоводство занимает одно из ведущих мест в сельском хозяйстве. Молочная продукция является основным видом продукции, получаемой в отрасли, и занимает одно из первых мест в потребительской корзине населения многих стран. Как и во всем мире, в Российской Федерации отрасль молочного скотоводства играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности страны [2].

К настоящему времени, во всем мире широко распространено и успешно используется различного рода оборудование для механизации и автоматизации работ на фермах и комплексах.

Анализ разработанных и поставляемых на рынок роботизированных систем для животноводства показал, что практически все они предназначены для выполнения работ по кормлению и доению животных, а также очистки проходов животноводческих помещений от навоза на фермах для содержания крупного рогатого скота [6].

Исходя из всего многообразия роботизированных систем для выполнения технологических операций в молочном производстве, а именно производстве коровьего молока, мы задались задачей структурировать имеющуюся информацию и классифицировать существующих роботов по конструктивным и технологическим особенностям.

Базовая классификация сельскохозяйственных роботов для выполнения технологических операций на животноводческих предприятиях по производству коровьего молока представлена на рисунке 1.

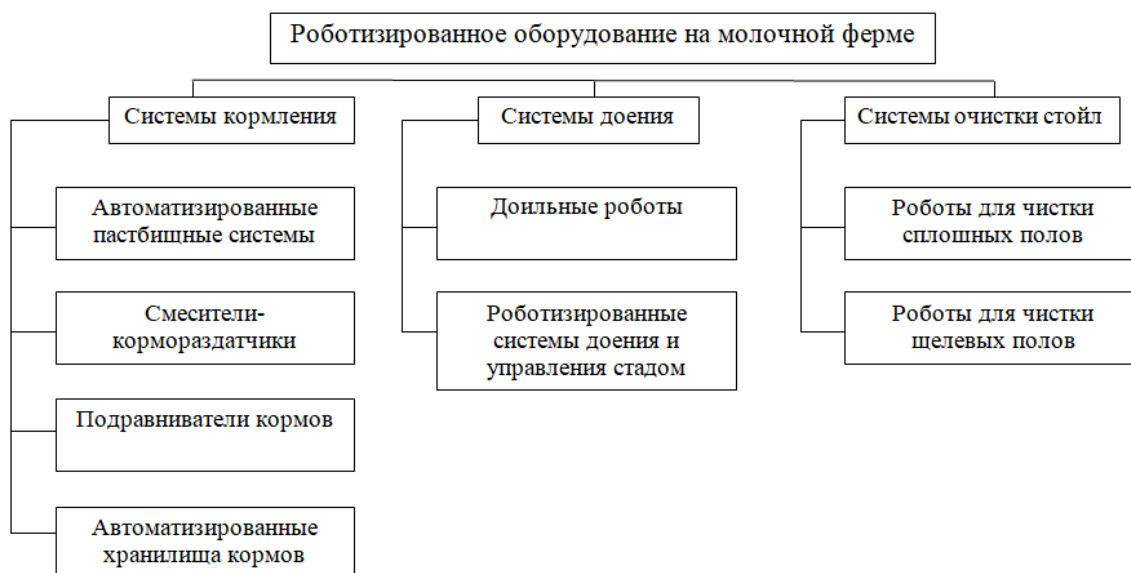


Рисунок 1 – Классификация сельскохозяйственных роботов для обслуживания молочных коров

Экономический эффект от применения роботизированных систем на молочной ферме в сравнении с аналогичной по мощности фермой с доением в доильном зале, складывающийся из сокращения инвестиционных затрат (не требуется строительство доильно-молочного блока), уменьшения затрат труда (обслуживающий персонал сокращается в 2 раза), увеличения молочной продуктивности (удой увеличился на 900 кг) и повышения сортности молока (98 % молока сорта «экстра»), позволяет обеспечить уровень рентабельности при производстве молока не менее 25 % и достичь сокращения периода окупаемости затрат с 11 до 8 лет.

Молочное скотоводство является перспективным направлением развития

сельскохозяйственного производства в Калужской области. Доля молочной продукции в валовом объеме животноводческой продукции составляет 39%. Производство молока в Калужской области имеет устойчивую положительную тенденцию в сторону увеличения [4].

Мы можем наблюдать уверенный рост производства молока на одну корову в динамике (рисунок 2).

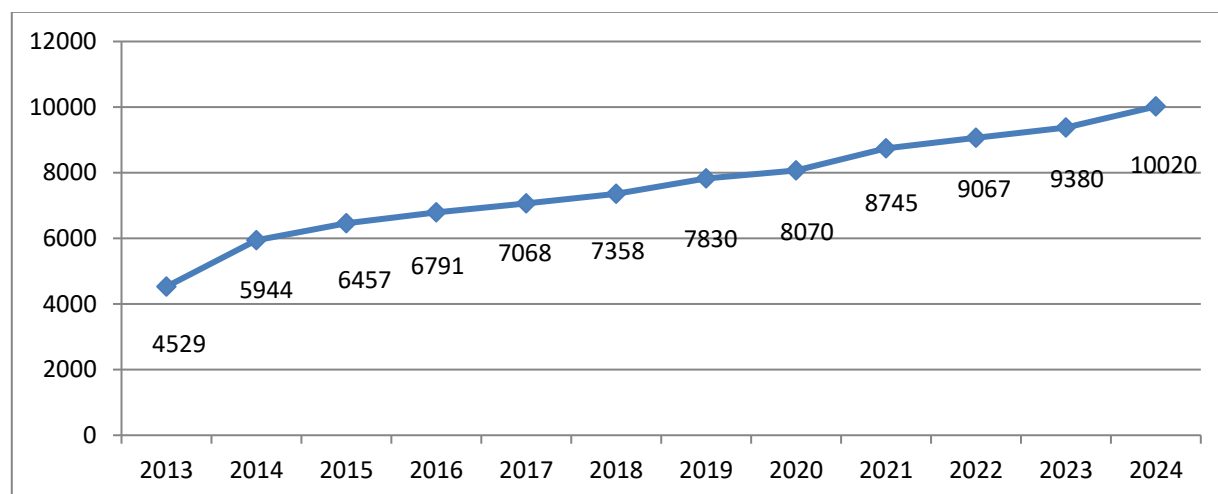


Рисунок 2 – Надой молока на одну корову, кг

Мы считаем, что высокого темпа производства молока в Калужской области удалось достичь благодаря государственной поддержке сельскохозяйственных товаропроизводителей администрацией региона [7]. Такие меры реально работают, на сегодняшний день на территории Калужской области функционирует более 50 роботизированных ферм, на которых установлено более 130 роботов [1].

Для анализа результатов применения роботизированных технологий в организациях сельского хозяйства, функционирующих в области молочного скотоводства, необходимо обратить внимание на организации, которые вывели робототехнику на проектную мощность и имеют определенные результаты [5].

В таблице 1 рассмотрим результаты функционирования молочных ферм, которые совмещают роботизированные и традиционные технологии доения.

Анализ данных таблицы 1 показывает, что в исследуемых организациях на роботизированном доении находится в среднем 45 % коров. При этом валовое производство молока при использовании роботов-дояров составило 61 % от общего объема производства. Мы можем сделать вывод, что продуктивность коров при использовании роботизированных технологий доения выше, чем при традиционной технологии на 19 %. При использовании традиционной технологии доения кратность доения составляет 2 раза в сутки. При применении роботизированных технологий кратность доения на фермах разная, в среднем по ферме составляет 2,6 раза в сутки.

Динамику внедрения роботизированных технологий в хозяйствах Калужской области представим на рисунке 3.

Таблица 1 – Показатели использования роботизированной (РТ) и традиционной (ТТ) технологий в сельскохозяйственных организациях Калужской области

Показатели	Ферма А		Ферма Б		Ферма В		Ферма С		Ферма Е	
	РТ	ТТ	РТ	ТТ	РТ	ТТ	РТ	ТТ	РТ	ТТ
Поголовье, гол.	140	220	110	315	70	240	55	115	1200	1400
Валовое производство, ц	12761	17499	10495	25685	5672	18778	5447	9631	100740	93856
Продуктивность, кг	9115	7954	9541	8154	9389	7824	9903	8375	8395	6704
Кратность доения, раз/сутки	2,8	2	2,6	2	2,7	2	2,7	2	2,4	2
Сортность молока	Высший	Высший	Высший	Высший	Высший	1 сорт	Высший	1 сорт	Высший	Высший
Содержание жира, %	4,05	3,7	3,85	3,35	4,09	3,2	3,7	3,1	4,2	3,7
Содержание белка, %	3,15	2,85	3,25	3,02	2,90	2,65	2,95	2,75	3,2	2,95

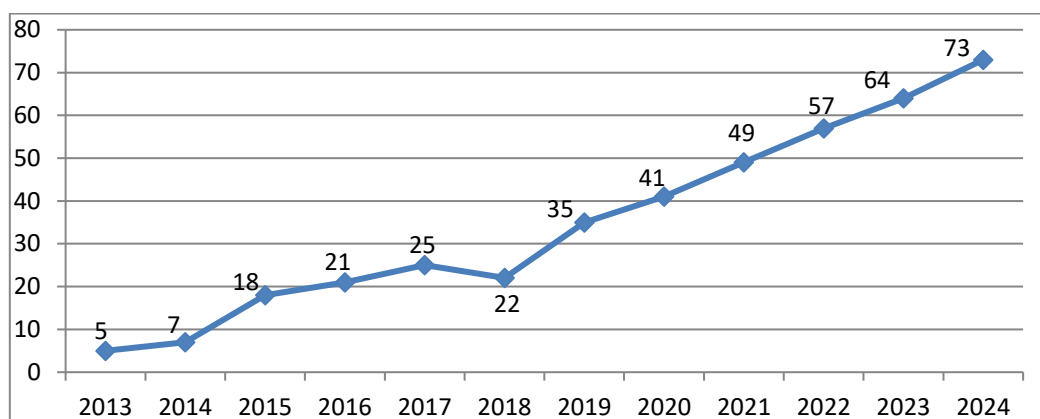


Рисунок 3 – Применение доильных роботов в Калужской области, шт.

Далее проведем сравнительный анализ рентабельности производства молока при различных технологиях доения (таблица 2).

Таблица 2 – Рентабельность производства молока при различных технологиях доения

Показатели	Ферма с традиционной технологией	Ферма с роботизированными технологиями доения
Среднегодовое поголовье коров, гол	65	65
Удой на 1 корову, кг	7802	9269
Валовое производство, ц	5071	6025
Продано молока, ц	4346	5633
Товарность, %	85,7	93,5
Выручка, тыс. руб.	25006	32411
Полная себестоимость, тыс. руб.	21547	26879
Прибыль, тыс. руб.	3459	5532
Уровень рентабельности, %	16,05	20,58

Проанализировав полученные результаты, можно сделать выводы, что при применении роботизированных технологий доения на фермах рентабельность

производства увеличится в среднем на 4,53 %.

Применение роботизированных технологий в молочном скотоводстве способствует увеличению производства молока; расширению организации и увеличению поголовья скота; увеличению кратности доения; оптимизации затрат на оплату труда; снижению затрат на ветеринарное обслуживание и прочих сопутствующих затрат. Это означает, что не только экономические причины имеют большую значимость при внедрении робототехники в сельскохозяйственное производство, но и создание благоприятных условий для удовлетворения физиологических потребностей животных [3].

Приведем результаты применения роботизированных технологий в организациях сельского хозяйства региона в таблице 3.

Таблица 3 – Экономический эффект от применения роботизированных технологий доения

Основные результаты	Показатели
Прирост стоимости валовой продукции, тыс. руб.	+5484
Экономия издержек на оплату труда, тыс. руб.	+850
Экономия кормов, тыс. руб.	+315
Эффект от повышения качества молока, тыс. руб.	+7405
Итоговое увеличение, тыс. руб.	+14054
Изменение амортизационных отчислений, тыс. руб.	-3547
Стоимость обслуживания робототехники, тыс. руб.	-1785
Итоговое уменьшение	-5332
Совокупный экономический эффект от применения роботизированных технологий доения, тыс. руб.	8722

Результаты расчетов в таблице 3 показывают, что положительный эффект от применения роботизированных технологий составил 14054 тыс. рублей, в то время как отрицательный эффект составил 5332 тыс. рублей. Таким образом, совокупный эффект от применения роботизированных технологий доения составил 8722 тыс. рублей.

Мы считаем, что использование передовых технологий в сельском хозяйстве приведет к дальнейшему развитию отрасли молочного скотоводства Калужской области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Статистическая информация Министерства сельского хозяйства калужской области [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://admoblkaluga.ru/sub/selhoz/folder5/page.php>.

2. Мишакова, С. А. Роботизированные технологии в молочном скотоводстве Калужской области / С. А. Мишакова // Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева : Материалы конференции, Калуга, 20 апреля 2023 года. – Калуга: ИП Якунина В.А., 2023. – С. 145-150.

3. Мишакова, С. А. Эффективность применения роботизированных технологий в молочном скотоводстве Калужской области / С. А. Мишакова // Экономика сельского хозяйства России. – 2023. – № 5. – С. 84-89.

4. Стратегические направления развития аграрной экономики в условиях смены технологических укладов / О. В. Борисова, А. А. Быков, А. А. Кирица [и др.]. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2025. – 152 с.

5. Турчаева, И. Н. К вопросу об оценке инвестиционного потенциала региона / И. Н. Турчаева, В. М. Головач, А. С. Мишакова // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. – 2023. – № 4. – С. 364-373.

6. Чутчева, Ю. В. Опыт применения доильной робототехники в Калужской области / Ю. В. Чутчева, С. А. Мишакова // Доклады ТСХА, Москва, 02-04 декабря 2020 года. ВЫПУСК 293 Часть II. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 183-186.

7. Чутчева, Ю. В. Роботизация в развитии молочного скотоводства Калужской области / Ю. В. Чутчева, С. А. Мишакова // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 12. – С. 73-77.

Об авторах:

Чутчева Юлия Васильевна, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор экономических наук, yuv.chutcheva@rgau-msha.ru.

Мишакова Светлана Андреевна, соискатель, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49).

About the authors:

Yulia V. Chutcheva, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Economic Sciences, yuv.chutcheva@rgau-msha.ru.

Svetlana A. Mishakova, applicant, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Научное издание

ЧТЕНИЯ
АКАДЕМИКА
В. Н. БОЛТИНСКОГО

Сборник статей
Том 2

Материалы издаются в авторской редакции

Подписано в печать 18.05.2026. Формат 60×90/16.
Усл.-печ. л. 29,9.

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К. А. Тимирязева»
127434 г. Москва, ул. Тимирязевская, 49
<https://www.timacad.ru>