«Писать надо сразу беловик, а в черновик он сам превратится.»

В.Н. Болтинский

Кафедра тракторов и автомобилей Московского института механизации и электрификации сельского хозяйства (ныне РГАУ - МСХА имени К. А. Тимирязева), была основана на базе машиноиспытательной станции, созданной в 1914 г. при факультете сельскохозяйственной механики Тимирязевской сельскохозяйственной академии.

Основными научными задачами стали разработка и совершенствование конструкций тракторов и автомобилей, предназначенных для работы в условиях агропромышленного комплекса, изучение двигателей внутреннего сгорания, трансмиссий, ходовой части и других ключевых узлов машин, адаптация зарубежного опыта к российским условиям. Кроме того, кафедра активно участвовала в разработке методологии испытаний сельскохозяйственной техники, что способствовало повышению её качества и надежности, необходимых для успешного функционирования в полевых условиях. Эти исследования имели огромное значение для повышения производительности труда в сельском хозяйстве и снижения затрат на эксплуатацию техники.

Благодаря активному взаимодействию с промышленностью и аграрными предприятиями, кафедра готовит высококвалифицированных специалистов в области механизации сельского хозяйства, что стало основой последующих достижений в области разработки и внедрения новых технологий, включая автоматизацию и информационные системы.

Таким образом, история кафедры тракторов и автомобилей МИМЭСХ является ярким примером того, как научные исследования и образовательная деятельность могут способствовать прогрессу и развитию целых отраслей экономики.

ЧТЕНИЯ АКАДЕМИКА В.Н. БОЛТИНСКОГО

ТОМ I

СБОРНИК СТАТЕЙ

ЧТЕНИЯ АКАДЕМИКА В.Н. БОЛТИНСКОГО

- Том I
- Москва
- 2026

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

Москва
ООО «Сам Полиграфист»
2026

УДК 378.4:001:63(092)
ББК 74.48
Ч 77

Под редакцией:

Трухачева Владимира Ивановича – Академика Российской академии наук, доктора сельскохозяйственных наук, доктора экономических наук, профессора, ректора Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»;

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».

Ч 77 **Чтения академика В. Н. Болтинского**:
сборник статей / Семинар (Москва, 28-29 января 2026 года); под ред. В. И. Трухачева, О. Н. Дидманидзе. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2026. – 485 с.

ISBN 978-5-00227-755-1

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 978-5-00227-755-1 © ООО «Сам Полиграфист», 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Г. Я. Красников, В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк
Обоснование параметров и режимов работы гибридного трактора малого тягового класса 21

О. Н. Дидманидзе, В. Н. Сидоров, А. В. Лавров, Н. Н. Пуляев
Повышение эксплуатационных свойств МТА путем применения модульной системы агрегатирования 34

К. О. Ланглиц, Р. Т. Хакимов
Экспериментальные исследования малой-биогазовой установки 39

П. Н. Косов, Е. П. Парлюк
Современные вызовы в развитии отечественного сельскохозяйственного машиностроения 46

В. Г. Кубасов, Д. В. Никитин, Ю. В. Родионов, И. С. Филатов
Разработка устройства повышения эффективности двигателей внутреннего сгорания посредством озоновоздушной подготовки 54

В. В. Шаров
Зарождение и развитие науки о тракторе в стенах тимирязевской академии .. 61

В. В. Шаров
Начальные шаги в тракторной науке академика В. Н. Болтинского 66

Г. Е. Митягин, М. К. Бисенов, Г. Ж. Айдарбеков
Инновационные подходы к подготовке специалистов по технической эксплуатации электрифицированных транспортно-технологических машин .. 71

А. Б. Мустаяпова, Г. Е. Митягин, Е. П. Парлюк
Основные методы повышения энергоэффективности тракторного агрегата с электроприводом 81

С. А. Нагорнов, С. Ю. Левин, В. Ф. Калинин, Ю. В. Мещерякова
Умные технологии моделирования и цифровизации нефтескладов агропромышленного комплекса 88

П. В. Сиротин, С. С. Носиков
Применение киберфизического моделирования для анализа динамики движения тракторного поезда 95

П. В. Сиротин, М. В. Перушкин
Механизм формирования шума в кабинном модуле зерноуборочного комбайна 101

А. С. Сопов
Программно-целевой подход к государственной поддержке технической модернизации сельского хозяйства 105

С. О. Шульгин, А. С. Шкель
Многофакторный статистический подход к нормированию условий эксплуатации мобильных энергетических средств на основе кластеризации климатических условий 113

О. П. Андреев, В. Л. Пильщиков
Дерево целей транспортной логистики опасных грузов: структура и иерархия управления рисками 119

А. С. Абильдинов, А. А. Ленок, А. В. Гаевский, Р. Т. Хакимов
Методика и результаты лабораторных испытаний электронного датчика контроля и учета газа газобаллонного оборудования транспортных средств .. 125

А. В. Меликов, О. Н. Дидманидзе
Разработка кинодинамической модели беспилотной самоходной машины с дифференциальным приводом 132

Р. Т. Хакимов, И. Ю. Якименко
Специфика применения моторных масел в газовых двигателях сельскохозяйственной техники 139

М. А. Абраров, Ф. З. Габдрафиков
Повышение пусковых качеств автотракторных дизелей за счет комплексного подогрева 145

Г. Ж. Айдарбеков, Г. Е. Митягин, А. И. Полевой
Определение ключевых конструктивных и технологических характеристик электрического трактора 152

Д. В. Анашин
Агрокибернетика и технический прогресс в АПК 161

У. Ю. Антонова
Анализ стабильности процесса обработки гильз цилиндров 167

А. С. Барчукова
Бифункциональное применение хелата меди: микроудобрение и ингибитор коррозии 172

С. Л. Белопухов
Новые конструкционные материалы с натуральными волокнами 177

А. В. Бижаев, В. Л. Чумаков, Н. С. Кривых
Основные подходы к оценке параметров колеса с электроприводом 181

П. И. Бурак, И. Г. Голубев
Анализ отказов тракторов при испытаниях тракторов на машиноиспытательных станциях Минсельхоза России 187

С. М. Ветрова
Водорастворимые ингибиторы для защиты стали 192

С. М. Гайдар, А. М. Пикина, Я. О. Терновая, А. Е. Муконов
Моделирование процесса длительного хранения системы охлаждения двигателя 197

С. М. Гайдар, А. М. Пикина, Я. О. Терновая
Исследование физико-химических свойств охлаждающих жидкостей 203

И. А. Гайнуллин
Повышение производительности посевного агрегата: трактор К-735 и комплекс Кузбасс ПК 6.1 208

А. З. Галимов, А. И. Азнагулов, В. В. Лукьянов
Повышение точности движения машинно-тракторного агрегата при параллельном вождении 213

А. А. Гамов, Н. Н. Пуляев
Методика пересчёта массового расхода в цикловую подачу в механических ТНВД 218

И. Н. Гаспарян, А. Г. Левшин
Агротехнологические аспекты развития сельскохозяйственной техники 224

И. В. Грибов, А. С. Зенин, А. В. Коломейченко, Н. В. Перевозчикова
Оценка функциональных характеристик тракторов тягового класса 1,4 230

Л. А. Гринченко
Анализ рассеяния размеров наружной поверхности фланца коробки переключения передач ЯМЗ под манжету 237

А. Н. Давлетшин
Перспективы развития технического обеспечения зернопродуктового подкомплекса в условиях цифровой трансформации АПК 242

Р. Н. Дидманидзе, А. Г. Левшин, А. Е. Бутузов
Техническое обеспечение рекультивации низкоурожайных чайных плантаций 246

О. Н. Дидманидзе, А. В. Евграфов, Е. П. Парлюк, А. С. Гузалов
Анализ причин возникновения вынужденного зажигания торфяных почв на землях сельскохозяйственного назначения 253

О. Н. Дидманидзе, Д. А. Москвичев, А. В. Куриленко
Анализ методов пожарной опасности лесных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения 258

А. В. Евграфов, Д. А. Филимонов
Модель расчета утилизационной способности сельскохозяйственных полей по физико-химическим свойствам почвы 262

Р. Н. Егоров, Н. Н. Ларионов
Мониторинг состояния дорожного покрытия на основе данных от движущихся объектов 268

М. Н. Ерохин, Д. М. Скороходов
Роль научных трудов Василия Николаевича Болтинского в развитии сельскохозяйственного тракторостроения 275

В. А. Исмаилов, В. А. Оберемок, И. О. Цыркунов
Потери мощности в трансмиссии трехосного автомобиля при работе на твердой поверхности 280

А. В. Капустин, В. Л. Чумаков, А. В. Бижаев
Прогнозирование детонации в зависимости от частоты вращения поршневого двигателя 284

В. В. Карякин, А. Ю. Фомин, Э. Н. Халилов
Современные технологии и перспективы автоматизации диагностики и ремонта автомобилей 292

В. М. Корнеев
Виды и характеристика загрязнений наружных поверхностей машин 299

А. В. Кудрявцев, Ф. Л. Блинов, В. В. Голубев
Технологический комплекс машин для ввода в оборот залежных земель и требования к энергетическим средствам 304

А. Ю. Кульчев, В. К. Зимогорский
Проблематика испытания тормозных систем автономных мобильных роботов в АПК 310

С. Н. Девянин, А. В. Куриленко, А. С. Гузалов
Видеорегистрация как перспективный способ определения действительной скорости 316

Т. А. Левина
Преимущества внедрения интегрированной системы менеджмента на предприятиях ремонтного профиля 319

А. А. Лысаков, Г. В. Никитенко
Усовершенствование исполнительного механизма робота-пропольщика 325

А. С. А. Мутхана, Е. В. Ляпунцова
Применение методов машинного обучения для идентификации болезней растений 332

Н. А. Майстренко, Д. К. Останин
Цифровизация оценки этапов сдачи экзаменов при получении удостоверения тракториста-машиниста в органах Гостехнадзора 336

И. Х. Матякубов, П. Т. Бердимуратов, Н. В. Перевозчикова
Влияние механических примесей и воды в двигателе на производительность 342

Е. П. Парлюк, А. И. Новиченко, Е. И. Гречкин
Разработка концепции ассимиляции цифровых двойников компонентов организационно-технологических систем АПК 348

А. Е. Павлов
Кинетика двухфазной зоны коррозии железа 355

Н. В. Перевозчикова, Ф. М. Амархил
Применение гибридных энергетических систем в агропромышленном комплексе 358

Н. В. Перевозчикова, Т. В. Жигалина, А. Х. Фунтиков
Организация проведения экзаменов на право управления самоходными машинами в инспекции Гостехнадзора Алтайского края 364

Н. В. Перевозчикова, Т. В. Жигалина
Обучение учащихся старших классов сельских школ профессии «Тракторист-машинист» 369

Д. И. Петровский
Факторы, влияющие на приработку деталей двигателей после ремонта 373

Е. П. Парлюк, В. И. Пляка, А. К. Глотов
Кинематический режим режущих элементов механической косилки 378

Н. Н. Пуляев, Н. И. Владимирова, А. Макаров
Влияние рециркуляции картерных газов двигателей внутреннего сгорания на состав отработавших газов 383

Д. А. Пупкова
Расчет экономического эффекта картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 за счет применения посадки с натягом 388

И. И. Руденко, А. С. Апатенко
Исследования плунжерных пар на износ с добавлением биодобавок растительного происхождения 392

А. Н. Самордин
Направления применения статистических методов управления качеством на предприятиях по ремонту машин АПК 398

В. А. Смелик, А. Н. Перекопский
Обеспечение технологической надежности технических средств в растениеводстве при вероятностном характере внешних условий функционирования 408

О. А. Смульская, Я. В. Васильев
Теоретические основы оценки технологического процесса механической обработки с помощью контрольных карт Шухарта 414

О. А. Ступин, А. С Апатенко
Комбинированный метод вибродиагностирования шестеренных гидравлических насосов 419

С. В. Тарасова, Н. М. Ожегов
Методологические основы устойчивости движения машинно-тракторного агрегата на склонах 426

Г. Н. Темасова
Формирование брака при контроле валов в ремонтном производстве АПК 431

К. Л. Тюгай
Старение и износ МТП как фактор роста эксплуатационных затрат 436

О. Б. Уланова
Развитие точности мышления будущих инженеров средствами переводческой деятельности 442

О. Б. Уланова
Роль разнообразных видов работы по иностранному языку в развитии технической компетентности студентов-инженеров 450

Е. А. Улюкина, В. Е. Константинов, Ф. Е. Шарыкин
Повышение эффективности очистки жидких углеводородов в сельском хозяйстве 458

Е. Л. Чепурина, А. В. Чепурин
Организация дилерского центра грузовых автомобилей в Сирии 465

Ю. В. Чутчева
Комплексный подход к оценке устойчивого развития сельского хозяйства в контексте ESG-трансформации бизнеса 469

Н. А. Ягудаева
Роль и значение ресурсного потенциала аграрного сектора в формировании продовольственной независимости 476

Уважаемые друзья!

Рад приветствовать вас и поздравить с началом работы ежегодного Международного семинара «Чтения академика В.Н. Болтинского», посвящённого 160-летию Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева и 115-летию кафедры тракторов и автомобилей.

Стремительное развитие национальной экономики и непростые условия глобальной конкуренции становятся факторами, которые требуют решения первостепенных задач технологического суверенитета страны. Ярчайшим примером этому служит сельскохозяйственная отрасль, где наряду с целями разработки новых технологий и выпуска отечественных аналогов импортной продукции важнейшим направлением деятельности является производство и расширение линейки сельскохозяйственной техники. Это направление имеет серьёзные перспективы, но для достижения значимых результатов важны в первую очередь научные знания, крепкий кадровый потенциал.

Важно, что на сегодняшний день в России сложились и продолжают развиваться сильные научные школы, и их наследие приумножается благодаря в том числе и вам — организаторам и участникам сегодняшнего мероприятия. Убеждён, что атмосфера этого семинара позволит участникам обменяться накопленным опытом в сфере тракторостроения, создания энергетических установок, двигателей, беспилотных систем и других отраслевых инженерно-технических решений.

Желаю вам плодотворной работы, интересных дискуссий и всего самого доброго.

Президент Российской академии наук
Академик Российской академии наук, д.т.н., профессор
Геннадий Яковлевич Красников

Дорогие коллеги!

С большим удовольствием приветствую участников традиционного международного семинара «Чтения академика Василия Николаевича Болтинского». Это мероприятие по праву считается знаковым событием, объединяющим ведущих учёных, практиков и экспертов в сфере сельскохозяйственного машиностроения.

Семинар, который проводится уже более двадцати лет, посвящён памяти выдающегося академика ВАСХНИЛ Василия Николаевича Болтинского. Его вклад в развитие двигателестроения для наземной техники невозможно переоценить. С 1933 года он возглавлял кафедру «Тракторы и автомобили» в Московском институте механизации и электрификации сельского хозяйства (МИМЭСХ), превратив её в одну из ведущих научных школ страны. Труды Василия Николаевича по сей день остаются настольными книгами для студентов и исследователей технических вузов и научных институтов.

На эти Чтения традиционно приглашаются и сами участвуют самые авторитетные специалисты и ученые и особую гордость вызывает представительство Российской академии наук. В этом году в семинаре очно и дистанционно принимает участие 38 академиков и 12 членов-корреспондентов РАН – представителей разных секций отделения сельскохозяйственных наук и не только. Это беспрецедентный уровень экспертизы и подтверждение актуальности обсуждаемых тем.

За годы своего существования семинар «Чтения академика В.Н. Болтинского» приобрёл статус авторитетной международной научной площадки. Здесь встречаются представители ведущих вузов, научно-исследовательских центров, государственных структур и бизнеса, чтобы обсудить стратегические вопросы развития агропромышленного комплекса, внедрения передовых технологий и повышения конкурентоспособности отечественной техники и агропромышленного комплекса России.

Символично, что семинар стал местом встречи поколений, где знания и традиции передаются от мэтров науки к молодым специалистам. Это особенно важно для поступательного развития отечественной науки и техники.

Убеждён, что подобные мероприятия играют ключевую роль в определении векторов развития агропромышленного комплекса и укреплении технологического суверенитета России и вносят весомый вклад в развитие аграрной инженерии, укрепление позиций российской науки.

Желаю всем участникам семинара крепкого здоровья, плодотворной работы и успехов в реализации намеченных планов, которые станут фундаментом для новых достижений в агропромышленной сфере.

Ректор РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева,
Академик Российской академии наук, д.с-х.н., д.э.н., профессор
Владимир Иванович Трухачев

Уважаемые Геннадий Яковлевич и Владимир Иванович!
Дорогие участники и гости!

Для меня большая честь приветствовать вас от лица Министерства просвещения Российской Федерации на этой авторитетной и значимой площадке. Ежегодный семинар уже давно стал не просто научной конференцией, а настоящим центром притяжения для инженерного сообщества страны, где рождаются новые идеи и закладываются основы технологического будущего России.

Сегодня мы живём в эпоху глобальных перемен, когда скорость технологических изменений требует от нас не только быстрой реакции, но и стратегического видения. Инженерное образование перестало быть просто одной из отраслей подготовки кадров – оно стало фундаментом национальной безопасности, экономического роста и социального благополучия. Именно инженеры создают ту среду, в которой мы будем жить завтра, обеспечивают технологический суверенитет и конкурентоспособность нашей страны на мировой арене.

Министерство просвещения видит свою миссию в том, чтобы создать максимально благоприятные условия для развития инженерного образования. Мы активно работаем над обновлением образовательных стандартов, внедряем передовые цифровые технологии в учебный процесс, открываем современные лаборатории и технопарки. Особое внимание уделяем развитию практико-ориентированного обучения, расширяем сеть инженерных классов в школах и поддерживаем талантливую молодёжь.

Однако никакие реформы не дадут результата без тесного союза образования, науки и реального сектора экономики. Только совместными усилиями мы сможем подготовить инженеров нового поколения – не просто исполнителей, а творцов, способных к анализу, синтезу, командной работе и принятию нестандартных решений в условиях неопределённости.

Уверен, что дискуссии в рамках семинара станут важным вкладом в достижение этих целей. Желаю всем участникам продуктивной работы, ярких открытий и новых профессиональных горизонтов!

Первый заместитель Министра просвещения Российской Федерации
Александр Вячеславович Бугаев

Уважаемые коллеги, дорогие друзья, участники и гости нашего семинара!

Для меня большая честь приветствовать участников семинара сегодня в стенах Тимирязевской академии по случаю знаменательных юбилейных дат: 160-летие Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева, 95-летие Института механики и энергетики имени В.П. Горячкина и 115-летие нашей родной кафедры тракторов и автомобилей. Юбилей кафедры тракторов и автомобилей – не просто веха в истории вуза, это символ преемственности поколений, верности традициям и постоянного движения вперёд.

За эти годы кафедра прошла славный путь, воспитав тысячи специалистов, которые сегодня определяют облик отечественного сельского хозяйства. Мы всегда были на острие технического прогресса: от первых отечественных тракторов до современных цифровых решений. И сегодня мы с гордостью представили результаты нашей работы – инновационные разработки, такие как гибридный трактор на базе МТЗ-82.1 и трактор на гусеничном ходу. Это наглядное доказательство того, что теория и практика в Тимирязевке неразделимы.

Открытие новой, современной учебной аудитории – это наш вклад в будущее. Мы создаём не просто стены, а интеллектуальную среду, где студенты смогут получить самые передовые компетенции. И я искренне благодарен нашим стратегическим партнерам – АО «Росагролизинг» и АО «Брянсксельмаш» – за поддержку и веру в наше общее дело.

Сегодняшний семинар «Чтения академика В. Н. Болтинского» собрал беспрецедентный состав экспертов. Присутствие президента РАН, академика Геннадия Яковлевича Красникова, подчёркивает высочайший государственный статус нашего мероприятия и важность агроинженерной науки для страны.

Впереди у нас сложные, но чрезвычайно интересные задачи: разработка беспилотных технологий, создание энергоэффективных машин, подготовка инженеров новой формации. Уверен, что синергия науки, образования и производства, которую мы видим здесь сегодня, позволит нам совершить качественный скачок в развитии агропромышленного комплекса России.

Желаю всем участникам семинара плодотворной работы, ярких дискуссий и новых научных открытий! Пусть наша совместная деятельность принесёт весомые плоды на благо отечественной науки и продовольственной безопасности страны.

Заведующий кафедрой тракторов и автомобилей
РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева,
академик Российской академии наук, д.т.н., профессор
Отари Назирович Дидманидзе

Чтения академика В. Н. Болтинского – 2026

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева 28 и 29 января 2026 стал центром притяжения для ведущих ученых, инженеров, представителей власти и бизнеса. Особую значимость международному научному семинару придают знаковые юбилейные даты: 160-летие Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева, 115-летие кафедры тракторов и автомобилей и 95-летие Института механики и энергетики имени В.П. Горячкина.

Почетными гостями торжественных мероприятий стали Академик РАН, президент Российской академии наук Геннадий Яковлевич Красников и Академик РАН, ректор РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева Владимир Иванович Трухачев.

Стартовым аккордом насыщенной программы стала презентация научных разработок ученых кафедры тракторов и автомобилей. Команда представила разработку гибридного трактора на базе серийного МТЗ-82.1. Это параллельный гибрид с возможностью раздельного привода на передний и задний мосты, суммарная мощность составляет 90 кВт. Гибрид получил высокую оценку ведущих ученых, что показало высокий уровень подготовки специалистов и преподавателей кафедры.

Также был представлен гусеничный трактор. Это знаковое событие подчеркнуло практическую ориентацию вуза и его неразрывную связь с производителями сельскохозяйственной техники. Подробности о технических характеристиках и планах по внедрению новой машины были представлены экспертному сообществу, вызвав живой интерес и активные дискуссии.

Сразу после презентации состоялось торжественное открытие новой учебной аудитории направления подготовки «Технология транспортных процессов» на кафедре тракторов и автомобилей. Это важный шаг в модернизации образовательной инфраструктуры Тимирязевской академии, призванный обеспечить студентам условия для получения передовых знаний и навыков.

Создание аудитории стало возможным благодаря поддержке стратегических партнеров Академии – АО «Росагролизинг» и АО «Брянсксельмаш», что является ярким примером успешного взаимодействия образования и бизнеса.

Аудитория площадью 80 квадратных метров, оборудована по последнему слову техники: современным макетом, информационными плакатами, мультимедийными устройствами, включая проектор и интерактивную доску, а также системой кондиционирования воздуха, обеспечивающей комфортный микроклимат.

Завершило череду торжественных мероприятий официальное открытие Международного научно-практического семинара «Чтения академика В.Н. Болтинского». Эти Чтения, впервые организованные в 2002 году в честь 100-летия выдающегося ученого, традиционно собирают ведущих специалистов в области сельскохозяйственной инженерии.

Выступая с приветственным словом, президент РАН Геннадий Яковлевич Красников обозначил ключевые направления, требующие синергии между агроинженерной наукой и академическим сообществом, и подчеркнул ведущую роль Тимирязевской академии и Института механики и энергетики имени В.П. Горячкина в разработке беспилотных технологий.

Он призвал активно задействовать потенциал Российской академии наук для технологического прорыва в агроинженерии. «Мы должны использовать компетенции и наработки наших отделений – в области математики,

информатики, механики, химии, наук о материалах. Здесь есть серьёзный потенциал для качественного скачка».

Ректор Тимирязевской академии Владимир Иванович Трухачев приветствуя участников семинара отметил, что в работе семинара очно и в дистанционном формате принимают участие более 20 академиков и 8 член-корреспондентов РАН.

Это беспрецедентный уровень экспертизы и подтверждение актуальности обсуждаемых тем. «Особенно ценно, что это важное научное мероприятие с нами в 10 раз разделяет выдающийся ученый, президент Российской академии наук, наш глубокоуважаемый Геннадий Яковлевич Красников. Ваше присутствие является подтверждением важности событий, происходящих в Тимирязевке, а также внимания науки к развитию аграрного образования и передовых технологий».

Семинар привлек впечатляющее количество участников из ведущих научно-исследовательских и образовательных организаций, производителей и дилеров сельскохозяйственной техники, представителей органов государственной власти и бизнеса из различных регионов России (Липецк, Тамбов, Башкирия, Санкт-Петербург, Великий Новгород, Ростов, Тверь, Орел, Краснодар, Владикавказ, Грозный, Челябинск, Новосибирская область, Волгоград, Ставрополь).

В пленарном заседании «Чтений академика В.Н. Болтинского» дистанционно приняла участие заместитель министра сельского хозяйства Российской Федерации Ксения Леонидовна Шевелкина. Также в обсуждении участвовали: Александр Вячеславович Бугаев – Первый заместитель Министра

просвещения РФ, к.т.н., доцент кафедры «Тракторы и автомобили» РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, Вугар Алиевич Багиров – Директор Департамента координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Минобрнауки России, Николай Кузьмич Долгушкин – Академик РАН, вице-президент Российской академии наук, д.э.н., профессор, Яков Петрович Лобачевский – Академик РАН, академик-секретарь Отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук, Равиль Файзрахманович Байбеков – Академик РАН, научный руководитель Агрохимического инновационного центра развития сельскохозяйственной науки и производства, д.с.-х.н., профессор, Алмаз Маратович Ахметов – Генеральный директор Торгово-производственной компании «ТПК МТЗ-Татарстан», Павел Николаевич Косов – Генеральный директор АО «Росагролизинг».

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева представляли заведующий кафедрой тракторов и автомобилей, Академик РАН, профессор Отари Назирович Дидманидзе, и.о. директора ИМЭ имени В.П. Горячкина Алексей Григорьевич Арженовский, руководители институтов, заведующие кафедрами и ведущие ученые вуза.

Научная программа семинара включила более 200 докладов, разделенных на две секции:

«Механика: Инновации и перспективы тракторостроения»

«Энергетика: Энергообепечение, электропривод и автоматика»

В центре внимания – актуальные проблемы отрасли отечественного тракторостроения, разработка гибридных энергетических установок для сельского хозяйства, тенденции развития двигателей внутреннего сгорания и трансмиссий для сельскохозяйственной техники, а также теории автомобиля и трактора. Отдельное внимание уделяется методам преподавания дисциплин, связанных с подготовкой специалистов в этих областях.

Проведение этих мероприятий подчеркивает ведущую роль Тимирязевской академии в развитии аграрной науки и образования, ее динамичное взаимодействие с индустрией и стремление к созданию условий для подготовки высококвалифицированных специалистов, способных формировать будущее агропромышленного комплекса России.

УДК 631.372:621.436:621.33

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГИБРИДНОГО ТРАКТОРА МАЛОГО ТЯГОВОГО КЛАССА

Г. Я. Красников[1, 2], В. И. Трухачев[3], О. Н. Дидманидзе[3], Е. П. Парлюк[4]

[1]Российская академия наук, г. Москва, Российская Федерация
[2]АО «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», г. Зеленоград, Российская Федерация
[3]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация
[4]ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *На примере сложившейся ситуации в тракторном парке РФ показано негативное влияние принятой концепции наращивания мощности тракторов. Продемонстрирован подход рационального выбора мощности по фактической скорости движения и действительной ширины захвата. С учетом исторического аспекта и внимания к почвенно-климатическим условиям оговорены причины доминирования техники производства Республики Беларусь. Описана тенденция и причины роста интереса к электрическому приводу и не актуальность применения чисто электрического привода для России с учетом разнообразия почвенно-климатических условий. Продемонстрирован результат работы по созданию трактора с гибридной моторно-трансмиссионной установкой на базе МТЗ «Беларус-82.1». Приведено обоснование принятых технических решений. Описаны параметры подобранных агрегатов, их взаимодействие с системами трактора и возможные режимы работы моторно-трансмиссионной установки. Отдельно отмечено, что трактор может работать только от ДВС, только от электрического привода, а также в гибридном режиме; поддерживает режимы рекуперации мощности и простой зарядки от ДВС. При этом показано, что такой подход позволяет оснастить гибридной моторно-трансмиссионной установкой не только новые тракторы, но и провести модернизацию уже существующих и находящихся в эксплуатации образцов. На основании полученных результатов предлагается переход к линейке гибридных тракторов малого тягового класса с сохранением базового трактора и изменением компонентной базы.*

Ключевые слова: *сельскохозяйственный трактор, гибридный трактор, гибридная силовая установка, параметры и режимы работы.*

JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS AND OPERATING MODES OF A SMALL TRACTION CLASS HYBRID TRACTOR

G. Y. Krasnikov[a, b], V. I. Trukhachev[c], O. N. Didmanidze[c], E. P. Parlyuk[d]

[a]*Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*
[b]*JSC «Research Institute of Molecular Electronics», Zelenograd, Russian Federation*
[c]*Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*
[d]*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation*

Abstract: *The current situation in the tractor fleet of the Russian Federation is used as an example to demonstrate the negative impact of the adopted concept of increasing tractor power. An approach of rational selection of power based on the actual speed and working width is demonstrated. Taking into account the historical aspect and attention to soil and climatic conditions, the reasons for the dominance of equipment produced in the Republic of Belarus are discussed. The trend and reasons for the growing interest in electric drives are described, as well as the irrelevance of using a purely electric drive for Russia, given the diversity of soil and climatic conditions. The result of work on creating a tractor with a hybrid motor-transmission unit based on the MTZ "Belarus-82.1" is demonstrated. The rationale for the adopted technical solutions is provided. The parameters of the selected units, their interaction with the tractor systems and the possible operating modes of the motor-transmission unit are described. Separately, it is noted that the tractor can operate only from the internal combustion engine, only from the electric drive, as well as in hybrid mode; The proposed hybrid engine supports power recovery and simple charging modes from the internal combustion engine. It has been shown that this approach allows for the installation of a hybrid motor-transmission system not only in new tractors but also for the modernization of existing tractors in service. Based on the results obtained, a transition to a line of hybrid tractors in the small traction class is proposed, while maintaining the basic tractor and modifying its component base.*
Keywords: *agricultural tractor, hybrid tractor, hybrid powertrain, parameters and operating modes.*

В настоящее время продолжается иррациональная тенденция развития тракторостроения за счет увеличения мощности и энергонасыщенности. Данный подход противоречит придерживаемого в настоящее время курса на энергоэффективность и производительность сельхозработ без ущерба экологии [1, 2]. Однако до сих пор широко применяемая техника не может похвастаться экономичностью в пересчете на произведенные энергозатраты и не способствует тем самым снижению углеродного следа, а помимо этого оказывает вредное техногенное воздействие на почвенный покров и корневую систему растений [3].

Есть только один рациональный подход – выбирать мощность подбирается под необходимую скорость движения и ширину захвата, что можно увидеть из анализа формулы (1).

$$E = \frac{N_{\text{H}}\varepsilon_N}{BV} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где ε_N – допустимый коэффициент загрузки двигателя; N_{H} – номинальная мощность двигателя; B – рабочая ширина захвата, м; V – скорость движения транспортно-технологической машины при рабочем ходе, м/с.

Еще в 1982 году по заданию Минсельхоза были проведены работы по решению парковой задачи на примере учхоза Александрово Московской области. Уже тогда стало ясно, что методика расчета состава парка, разработанная профессором Хабатовым Русланом Шугаибовичем, не работает. И тогда были вынуждены сформировать рациональный состав парка с учетом имеющейся в хозяйстве техники. Сегодня на полях страны по-прежнему преобладают мощные тракторы: Кировец, Ростсельмаш и зарубежные аналоги, не позволяющие реализовать рациональный расчетно-обоснованный подход и продолжается развитие прошлой концепции.

Поэтому мы делаем акцент на тракторы малого тягового класса 0,6-2,0, через создание гибридного трактора. Именно эти машины имеют оптимальный диапазон мощности, необходимый для реализации потребной силы тяги [1, 4].

Разнообразие почвенно-климатических зон России требует машин, гибко подстраивающихся по возникающую нагрузку, под сопротивление почвы или наоборот под ее чрезмерную податливость.

В 2024 году коллектив кафедры тракторов и автомобилей выступил с инициативой создания линейки отечественных тракторов тяговых классов 0,6-2,0. Мы получили поддержку этого проекта со стороны Президента РАН Геннадия Яковлевича Красникова и министра промышленности и торговли Дениса Валентиновича Мантурова [5].

Сложившаяся ситуация всем известна. Из 5200 тракторов, производимых в стране ежегодно, 90 % являются машинами тягового класса 4 и выше (мощность ДВС от 220 л.с.) [6]. 63 % из них приходится на тракторы мощностью свыше 380 л.с., выпускаемых ПТЗ и Ростсельмаш [4, 7].

Здесь необходимо подчеркнуть, что ранними исследованиями научной школы было доказано, что повышение мощности трактора свыше 300 л.с. не ведет к повышению его производительности и энергоэффективности. А нерациональный прирост тяговой мощности растрачивается на повышенное буксование и повреждение плодородного слоя почвы.

Кроме того, прошедший 2025 год лишний раз подтвердил, что в кризисные времена сельхозтоваропроизводители не могут позволить себе покупать столь дорогую технику, несмотря на программы поддержки и лизинга. По данным Росстата продажи сельскохозяйственных тракторов упали на 36,4 %.

При этом в тракторном парке РФ все так же более 50 % тракторов старше 10 лет, что является рубежом эффективной работоспособности и ежегодно этот рубеж продолжают переступать от 3 до 5 % тракторов. Мы едва можем восполнить устаревающий парк, а не то, что насытить его.

Также приходится заключить, что 53 % тракторов всех тяговых классов произведены в Беларуси; 33 % – в России; 12% – за рубежом и 2% – в Китае. Для тракторов тяговых классов 0,6-2 (с мощностью двигателя от 30 до 130 л.с.) ситуация с позиции отечественного производства сложная. На каждый фактически произведенный в России трактор приходится 56,5 тракторов, импортируемых из Беларуси (свыше 15 000 шт.) (Рисунок 1).

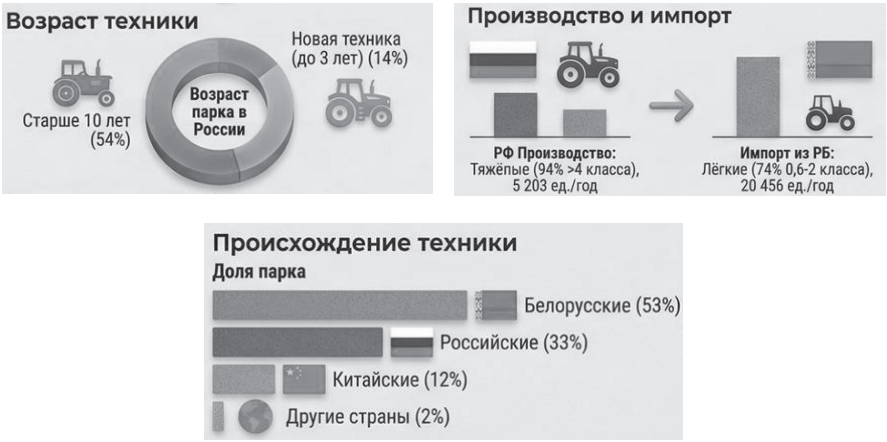


Рисунок 1 – Структура тракторного парка РФ

В современном аграрном секторе наблюдается устойчивый рост интереса к переходу сельскохозяйственной техники на электрический привод. Данная направленность обусловлена совокупностью причин: снижением доли ручного труда, расширением автоматизации технологических операций, сокращением доступности углеводородных топлив и необходимостью уменьшения отрицательного воздействия на окружающую среду [8-10]. В этом контексте требование к минимизации влияния машин на агроэкосистемы приобретает определяющее значение. К числу наиболее существенных экологических последствий широкого применения тракторов относят избыточное уплотнение почв ходовыми системами [11] и загрязнение атмосферы токсичными компонентами выхлопных газов [2]. Наиболее выраженно указанные эффекты проявляются на сельхозугодьях, где преимущественно эксплуатируются тракторы высокой мощности.

В связи с изложенным одним из ключевых направлений при разработке тракторов нового поколения становится повышение их экологичности, включая сокращение объемов вредных выбросов. Токсичность силовых установок на основе двигателей внутреннего сгорания ограничивает возможности их использования, особенно в замкнутых пространствах. По этой причине применение такой техники существенно затруднено (а зачастую практически исключено) в условиях животноводческих комплексов, тепличных хозяйств и перспективных форм городского земледелия, где предъявляются повышенные

требования к низкой токсичности [12, 13]. Дополнительно следует учитывать тенденцию к постоянному ужесточению природоохранных регламентов, что указывает на объективную неизбежность постепенного смещения от ДВС к более экологичным техническим решениям.

Специфика сельхозпроизводства заключается также в высокой зависимости машинно-тракторного парка от нефтепродуктов, стоимость которых демонстрирует длительный рост [2, 12, 14]. Это актуализирует задачи снижения потребления топлива и оптимизации затрат по всему жизненному циклу тракторов – от эксплуатации до обслуживания. Совокупное действие ужесточающихся экологических требований и стремления к снижению издержек требует существенного пересмотра конструктивных подходов и перехода к автоматизированным системам электропривода [13]. Электрификация тяговых систем не только уменьшает экологический ущерб, но и создает технологическую основу для автономных и роботизированных машин, рассматриваемых как важный этап формирования интеллектуальных комплексов нового поколения [15].

Для Российской Федерации, учитывая разнообразие почвенно-климатических условий и эксплуатационные особенности, полностью электрический трактор не всегда может рассматриваться как рациональный вариант. В большей степени требованиям эффективности и надежности выполнения агротехнологических операций соответствует гибридная модификация, способная обеспечить выполнение сельскохозяйственных работ на уровне современных стандартов. При этом разработка новой техники и технологий, ориентированных на актуальные запросы агропромышленного комплекса, способствует укреплению продовольственной безопасности государства [16].

Неоднократно на кафедре тракторов и автомобилей проводились экспериментальные работы по созданию прототипов автомобильной и тракторной техники с полностью электрической и гибридной моторно-трансмиссионной установкой. В рамках этих НИОКР были созданы гибридный автомобиль «НИВА», гибридный трактор на базе ВТЗ-2048А и электрический трактор на базе МТЗ-82. Наиболее успешной реализацией задумки гибридного привода является опытный образец на базе трактора ВТЗ-2048А, и по сей день находящийся в эксплуатации с 2004 года. Уже тогда результаты экспериментальных исследований однозначно показали, что гибридный привод превосходит чисто электрический.

В настоящий момент Кафедра приблизилась к созданию наиболее близкого к серийному образца гибридного трактора. Нашим коллективом разработан и создан гибридный трактор малого тягового класса на базе трактора МТЗ «Беларус-82.1» (Рисунок 3).

а) *б)* *в)*

Рисунок 2 – Опыт РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева в создании гибридных и электротракторов:

а – трактор с комбинированным силовым агрегатом на базе ВТЗ-2048 А; *б* – полностью электрический трактор на базе МТЗ-82; *в* – автомобиль «НИВА» с гибридным приводом

Рисунок 3 – Созданный гибридный трактор на базе МТЗ «Беларус-82.1»

Еще в 90-е годы прошлого века нами были выявлены рекомендуемые мощности для всего диапазона изменения длины гона, удельного сопротивления почвы и глубины обработки с учетом компромиссного решения. Говоря о природно-производственных условиях республики Беларусь длина гона не превышает 600 м. Поэтому выпуск тракторов класса Беларусь является объективным, а рассмотрение их в качества базовой машины – закономерным.

Сохраняя свое основное назначение – междурядная обработка пропашных культур в малых хозяйствах и основная и предпосевная обработка почвы – появляется возможность применения трактора исключительно с использованием электрического привода, что незаменимо в теплицах и животноводческих фермах.

В основе принципа построения гибридной моторно-трансмиссионной установки лежит параллельная гибридная схема. При этом возможна совместная работа ДВС и электромотора с суммированием мощности за счет жесткой кинематической связи в трансмиссии и четкой синхронизации частоты вращения вала двигателя с приводимыми элементами трансмиссии, работающими от ДВС. В перспективе предполагается внедрение отдельного суммирующего звена.

Для организации электропривода применен бесщеточный электромотор PMSM мощностью 30 кВт, с номинальной частотой вращения 4000 мин$^{-1}$, рабочим напряжением 60 В и возможностью работы в режиме генератора. Электромотор установлен в привод переднего моста, а для согласования частот вращения применен специальный редуктор. Питается система от аккумуляторной батареи с выходным напряжением 64,8 В и емкостью 180 А ч. Для корректировки режимов работы двигателя применен контроллер. Частота вращения вала электромотора автоматически синхронизируется с частотой вращения ДВС, но для дополнительного контроля в кабину трактора выведена отдельная педаль управления частотой вращения вала электромотора.

Такой подход обеспечивает гибкие режимы работы: только от ДВС; только от электромотора; гибридная схема с одновременной работой ДВС и электромотора. Помимо этого, благодаря возможности электромотора работать в режиме генератора, возможна зарядка аккумулятора от ДВС через вращение колес переднего моста в ведомом режиме или за счет рекуперации при движении со склона. Таким образом, суммарно, можно обеспечить не только снижение выбросов CO_2, но и экономию топлива до 30 %, а также увеличение крутящего момента до 40 % на ограниченный емкостью батареи период времени.

Помимо преимуществ, на данной стадии состояния проекта, имеются и технические ограничения. В настоящее время задний вал отбора мощности (ВОМ) и гидросистема навески приводятся только от ДВС. Исходя из этого требуется независимый электрический привод ВОМ и отдельная электрическая насосная станция для гидросистемы.

Примененные нами подход и комплектующие позволяют не только осуществить оснащение гибридной моторно-трансмиссионной установкой производимые вновь тракторы, но и укомплектовывать уже имеющиеся в хозяйстве модели. Таким образом возможно разделить модернизацию тракторного парка в целом на два параллельных процесса: создание гибридных

модификаций новых тракторов и переоборудование имеющихся в наличии у сельхозтоваропроизводителей тракторов в гибридную модификацию.

Концепция позволяет использовать в качестве базового трактора – «Беларус-82.1». Это оправданное решение, учитывая не просто наличие данной машины в отечественном парке техники, но даже избыточность ее на 7 тыс. машин [17].

На первом этапе модернизации предлагается задействовать имеющиеся несущие конструкции и агрегаты трансмиссии серийных тракторов, уже эксплуатируемых в парке с реализацией максимального КПД в рабочем и транспортном диапазоне.

На втором этапе требуется полное обновление конструкции трактора. При этом можно ограничиться двигателями меньшей мощности и габаритов, и реализовать активное управление каждым колесом, что будет способствовать наилучшему распределению энергии.

Важнейшим преимуществом является возможность применения двигателей меньшей мощности на гибридных тракторах по сравнению с серийными тракторами аналогичных тяговых классов. Естественно, после доработки опытных образцов по результатам их испытаний.

Мы предлагаем объединить усилия научно-исследовательских институтов и заводов, как это сделал Василий Николаевич Болтинский в 40-е – 50-е годы, для восполнения компонентной базы трактора: прежде всего ДВС; буферных аккумуляторных батарей; блоков управления (контроллеров), электромоторов, регуляторов оборотов двигателей или частотных преобразователей. Сочетание именно этих комплектующих формирует полноценную моторно-трансмиссионную установку гибридного трактора.

Как было показано, по своей структуре гибридные моторно-трансмиссионные установки существенно отличаются от традиционных компоновочных схем. Помимо этого, требуется определенное согласование электронных, электротехнических и механических компонентов для обеспечения их устойчивого взаимодействия. Это отличие переходит и к требованиям мощности потребителей и соответственно источников энергии для трактора. Однако это дает преимущество в плане накопления и расходования энергии.

Гибридная трансмиссия обеспечивает гибкое управление потоками энергии, повышая эффективность и снижая расход топлива (Рисунок 4):

· ДВС работает в оптимальном режиме, дополняясь электромотором;

· возможность рекуперации энергии при торможении и движении под уклон;

· движение только за счет электродвигателя без образования выхлопных газов и с минимальным уровнем шума;

· повышенная маневренность и точное управление скоростью.

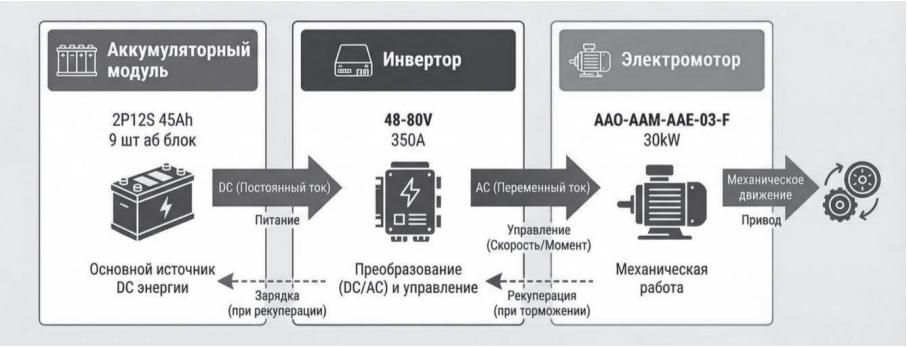


Рисунок 4 – Схема распределения потоков энергии между основными узлами

В конечном итоге гибридная электромеханическая трансмиссия имеет целый ряд преимуществ. Важнейшими из них являются:

· уменьшение буксования колес и расхода топлива на единицу выполненной работы (до 30 %);

· обеспечение бесступенчатого регулирования скорости МТА;

· эффективное управление режимами работы дизеля в зависимости от потребляемой мощности;

· автоматический подбор скорости движения с учетом ширины захвата орудия и потенциальной производительности МТА с позиции минимизации энергозатрат.

Постепенно, предложенный нами подход, в случае его успешной реализации совместно с заводами-производителями тракторной техники, позволит перейти к концепции унифицированной линейки гибридных тракторов малого и среднего тягового класса, адаптированных к различным потребностям агропромышленного комплекса:

· малый тяговый класс (до 1,4 тс) – для небольших фермерских хозяйств и специализированных работ;

· средний тяговый класс (1,4-3 тс) – универсальные тракторы для широкого спектра сельскохозяйственных задач.

При этом будет использована унифицированная компонентная база, отличающаяся рабочими параметрами отдельных комплектующих, а базовой машиной будет выступать все тот же МТЗ «Беларус-82.1».

Тем не менее требуется пересмотр отдельных компоновочных решений, которые уже реализованы в тракторе Беларус 82.1. Потребуется доработка его конструкции под линейку тракторов с гибридной модификацией под установку обозначенных комплектующих [18-21].

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Развитию сельскохозяйственного сектора России требуется современный трактор малого тягового класса с гибридной моторно-трансмиссионной установкой. Прототип такого трактора создан на кафедре

тракторов и автомобилей РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева на базе серийно выпускаемого трактора «Беларус-82.1». Он направлен на улучшение производительности, экологичности и энергоэффективности, что соответствует современным требованиям сельского хозяйства.

2. Гибридная моторно-трансмиссионная установка, как правило, демонстрирует более высокие показатели энергоэффективности по сравнению с полностью электрической схемой, а в сопоставлении с традиционными решениями обеспечивает снижение углеродного следа и уменьшение негативного воздействия на сельскохозяйственную экосистему.

3. Выбрана параллельная гибридная схема с одним электродвигателем, контроллером и батареей, позволяющая осуществлять движение в нескольких режимах: за счет только электропривода; за счет только ДВС; или в гибридном режиме, когда мощность ДВС и электродвигателя суммируются, однако в гибридном режиме имеющаяся жесткая кинематическая связь требует синхронизации частоты вращения ДВС и электродвигателя.

4. Полученный вариант компоновки обеспечивает гибкое управление потоками энергии, повышая эффективность работы гибридной моторно-трансмиссионной установки. За счет возможности работы электродвигателя в режиме генератора осуществляется подзарядка батареи через рекуперацию мощности, например при движении под уклон, а также принудительная зарядка от ДВС при переводе переднего моста в ведомый режим работы. Поддерживается зарядка от зарядной станции.

5. На текущем этапе для привода ВОМ и гидросистемы навесного оборудования требуется обязательная работа ДВС, однако этот недостаток будет решен постепенным переходом к независимому электрическому ВОМ и отдельной электрической насосной станции для гидросистемы навески.

6. С учетом результатов анализа текущего состояния тракторного парка обоснован подход к поэтапному формированию трактора с гибридным приводом: от модернизации базовой конструкции с частичным сохранением элементов трансмиссии и размещением компонентов гибридного привода на существующей несущей системе, до разработки принципиально автономной компоновки. При этом возможна модернизация уже эксплуатируемых тракторов с обновлением их компонентной базы и повышением экологических и экономических показателей.

7. Возможно создание линейки тракторов с единой базой, охватывающей при незначительных изменениях широкий диапазон тяговых усилий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.

2. 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.

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. Состояние и перспективы развития парка сельскохозяйственных тракторов в условиях цифровой трансформации сельского хозяйства / И. А. Старостин, А. В. Лавров, А. В. Ещин, С. А. Давыдова // Тракторы и сельхозмашины. – 2023. – Т. 90, № 4. – С. 387-394.

5. Анализ технического уровня современных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 2 / С. А. Давыдова, И. А. Старостин, А. В. Ещин, В. Я. Гольтяпин // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 3(285). – С. 2-9.

6. К вопросу создания отечественного гусеничного трактора для современного сельскохозяйственного производства / В. М. Шарипов, А. Ю. Измайлов, А. С. Дорохов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2018. – № 2. – С. 17-25.

7. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России до 2030 года (прогноз) / З. А. Годжаев, В. Г. Шевцов, А. В. Лавров [и др.] // Технический сервис машин. – 2019. – № 4(137). – С. 220-229.

8. 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.

9. Parameters of the electric drive of a cargo electric vehicle for breeding and seed production / A. S. Dorokhov, R. S. Fedotkin, V. A. Kryuchkov, K. Dmitriev // International Conference on Remote Sensing of the Earth: Geoinformatics, Cartography, Ecology, and Agriculture (RSE 2022) : Conference Proceedings, Dushanbe, 19-21 апреля 2022 года. – Vol. 12296. – Dushanbe : SPIE, 2022. – P. 122960.

10. Модернизация конструкции мобильного роботизированного опрыскивателя / А. С. Дорохов, Р. С. Федоткин, В. А. Крючков, А. С. Овчаренко // Инновации в сельском хозяйстве. – 2019. – № 3(32). – С. 177-185.

11. Кузьмин, В. А. Искусственная нейронная сеть для обоснования параметров ходовых систем тракторов / В. А. Кузьмин, Р. С. Федоткин, В. А. Крючков // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2017. – № 4. – С. 24-30. – DOI 10.22314/207375992017.4.2430.

12. 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. : Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2022. – С. 89-95.

13. Дидманидзе, О. Н. Перспектива создания электрического трактора / О. Н. Дидманидзе, А. С. Гузалов // Доклады ТСХА, Москва, 06-08 декабря 2018 года. Том 291, часть 2. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2019. – С. 3-6.

14. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с.

15. Problems and Prospects of Agricultural Tractors with Hybrid and Electric Drivetrain Creating / O. N. Didmanidze, E. P. Parlyuk, R. S. Fedotkin [et al.] // Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex (TIRVED), Moscow, 10-11 ноября 2022 года. – Moscow: IEEE, 2022. – P. 22336029.

16. 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.

17. Съемная гусеничная ходовая система ведущего моста сельскохозяйственного трактора класса 0,9 / О. Н. Дидманидзе, Р. С. Федоткин, В. А. Крючков [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 12. – С. 142-148.

18. Обзор состояния и перспектив тягового электропривода автономного транспорта / М. А. Слепцов, В. И. Нагайцев, В. Г. Комаров, А. В. Банакин // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. – 2016. – № 4. – С. 21-28.

19. Дидманидзе, О. Н. Комбинированные энергоустановки в тягово-транспортных средствах / О. Н. Дидманидзе. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2016. – 110 с.

20. Experimental activities on a PEFC based powertrain for a hybrid electric minibus / An-daloro, L., Napoli, G.; Micari, S., et al. // International journal of hydrogen energy. – 2020. – Vol. 45, Issue: 58. – P. 34011-34023.

21. Анализ технического уровня современных специализированных тракторов для отрасли садоводства / И. А. Старостин, Р. С. Федоткин, Д. О. Хорт [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 15, № 4(75). – С. 68-83. – DOI 10.53914/issn2071-2243_2022_4_68.

Об авторах:

Красников Геннадий Яковлевич, Академик РАН, Президент Российской академии наук (119991, Российская Федерация, Москва, Ленинский проспект, 14), научный руководитель АО «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники» (124460, Россия, Москва, Зеленоград, улица Академика Валиева, 6/1), доктор технических наук, профессор.

Трухачев Владимир Иванович, Академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, Председатель Ассоциации аграрных вузов России «Агрообразование», Ректор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Дидманидзе Отари Назирович, Академик РАН, Заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор, didmanidze@rgau-msha.ru.

Парлюк Екатерина Петровна, профессор, ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (105005, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Басманный, ул. 2-я Бауманская, д. 5, с. 1), доктор технических наук, профессор.

About the authors:

Gennady Ya. Krasnikov, Academician of RAS, President of the Russian Academy of Sciences (119991, Russian Federation, Moscow, Leninsky Prospekt, 14), Scientific Director of JSC «Research Institute of Molecular Electronics» (124460, Russia, Moscow, Zelenograd, Akademika Valieva Street, 6/1), Doctor of Technical Sciences, Professor.

Vladimir I. Trukhachev, Academician of RAS, Honored Scientist of the Russian Federation, Chairman of the Association «Agroobrazovanie», Rector, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Otari N. Didmanidze, Academician of RAS, Head of the department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, Professor, didmanidze@rgau-msha.ru.

Ekaterina P. Parlyuk, Professor, Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya Street, 5, Building 1), Doctor of Technical Sciences, Professor.

УДК 631.372

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МТА ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АГРЕГАТИРОВАНИЯ

О. Н. Дидманидзе, В. Н. Сидоров, А. В. Лавров, Н. Н. Пуляев
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *В современном тракторостроении отмечается тенденция повышения энергонасыщенности сельскохозяйственных тракторов. Основная причина, помимо создания тягового усилия, потребность в приводе рабочих органов СХМ. Использование трактора на энергонасыщенных операциях, требующих больших тяговых усилий требует полной реализации заложенной мощности, что вызывает необходимость увеличение сцепного веса трактора путем его балластирования.*
Применение электропривода на СХМ с использованием веса СХМ в качестве сцепного веса позволит перевести трактор из тягового устройства в мобильный источник энергии с улучшенными условиями труда для механизатора, а также повысить его годовую загрузку. Применение электропривода на СХМ с использованием автоматизации позволит перевести трактор (мобильный источник электроэнергии) из управляемого человеком в трактор-робот.
Ключевые слова: *трактор-робот, энергонасыщенный трактор, мобильный источник энергии, технологический модуль.*

IMPROVEMENT OF OPERATIONAL PROPERTIES OF MACHINE-TRACTOR UNITS THROUGH THE USE OF A MODULAR AGGREGATION SYSTEM

O. N. Didmanidze, V. N. Sidorov, A. V. Lavrov, N. N. Pulyaev
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *In modern tractor construction, there is a tendency to increase the energy saturation of agricultural tractors. The main reason, in addition to creating traction, is the need to drive the working bodies of the CMM. Using a tractor in energy-intensive operations requiring high traction forces requires the full realization of the built-in power, which necessitates an increase in the tractor's coupling weight by ballasting it. The use of an electric drive on a CMM using the CMM weight as a coupling weight will make it possible to transfer the tractor from a traction device to a mobile energy source with improved working conditions for the machine operator, as well as increase*

its annual load. The use of an electric drive on a CMM using automation will make it possible to transfer a tractor (a mobile source of electricity) from a human-controlled tractor to a robot tractor.
Keywords: *robot tractor, energy-saturated tractor, mobile energy source, technological module.*

В современном тракторостроении отмечается тенденция повышения энергонасыщенности сельскохозяйственных тракторов [1, 2]. Основная причина, помимо создания тягового усилия, потребность в приводе рабочих органов СХМ. Использование трактора на энергонасыщенных операциях, требующих больших тяговых усилий требует полной реализации заложенной мощности, что вызывает необходимость увеличение сцепного веса трактора путем его балластирования [3].

Альтернативное направление увеличение сцепного веса трактора – применение дополнительных подкатных ведущих мостов. Использование отсоединяемого третьего моста заложено в конструкцию модульных энергетических средств МЭС-200 и МЭС-300 разработанных НАТИ еще в 70-е годы прошлого столетия (Рисунок 1) [4].

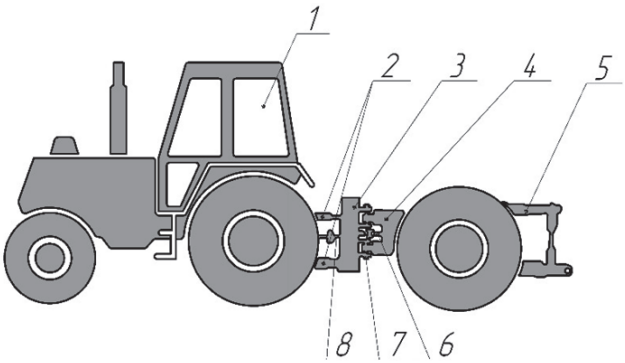


Рисунок 1 – Модульное энерготехнологическое средство (МЭС):
1 – энергетический модуль (ЭМ); 2 – тяги навесного устройства;
3 – согласующий редуктор; 4 – третий мост; 5 – навесное устройство ТМ;
6 – вал привода колес ТМ от согласующего редуктора;
7 – шарнирное сочленение ЭМ и ТМ; 8 – вал от ВОМ ЭМ

Высокая универсальность модульных энергетических средств за счет их переменного тягового класса позволяет уменьшить номенклатуру тракторов смежных тяговых классов, а высокая адаптивность к имеющемуся шлейфу сельскохозяйственных машин различного класса позволяет повысить годовую загрузку трактора (Рисунок 2) [5, 6].

Рисунок 2 – Пример комплектования МТА на основе МЭС

Одним из условий применения технологического модуля – наличие на тракторе синхронного ВОМ. Использование электропривода для привода ведущих колес третьего моста позволяет использовать технологический модуль с трактором не снабженным синхронным ВОМ и с трактором любого тягового класса [7, 8].

Применение электропривода на СХМ с использованием веса СХМ в качестве сцепного веса позволит перевести трактор из тягового устройства в мобильный источник энергии с улучшенными условиями труда для механизатора, а также повысить его годовую загрузку. Применение электропривода на СХМ с использованием автоматизации позволит перевести трактор (мобильный источник электроэнергии) из управляемого человеком в трактор-робот [9-12].

Выводы

1. Высокая универсальность трактора с ТМ за счет переменного тягового класса позволяет уменьшить номенклатуру тракторов смежных тяговых классов, а высокая адаптивность МЭС к имеющемуся шлейфу сельскохозяйственных машин различного класса позволяет повысить годовую загрузку трактора;

2. Применение электропривода позволяет повысить универсальность ТМ за счет возможности использования его:

- с трактором любого тягового класса;
- с трактором без независимого ВОМ.

3. Дальнейшее электрификация и автоматизация МТА позволит трактор использовать как роботизированный мобильный источник энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рынок сельскохозяйственной техники: проблемы и перспективы развития: аналит. обзор. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 200 с.

2. Анализ энергонасыщенности рынка сельскохозяйственных тракторов Российской Федерации / Н. Г. Сысенко, А. И. Пономарёв, В. В. Булычев, В. Н. Сидоров // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2024. – Т. 71, № 3 (56). – С. 81-88.

3. Макеева, Ю. Н. Повышение эффективности использования почвообрабатывающих агрегатов при балластировании энергонасыщенных колёсных тракторов : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Юлия Николаевна Макеева; Барнаул, 2017. − 194 л.

4. Сидорова, А. В. Концепция применения энергонасыщенных тракторов как модульных универсальных энерготехнологических средств / А. В. Сидорова, А. В. Лавров, М. В. Сидоров // Тракторы и сельхозмашины. – 2023. – Т. 90, № 5. – С. 413-421. – DOI: 10.17816/0321-4443-568264.

5. Кутьков, Г. М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства / Г. М. Кутьков. – М. : Инфа-М, 2014. – 506 с.

6. Modular-technological scheme for tractors of traction classes 1.4 / V. N. Sidorov, S. A. Voinash, A. A. Ivanov, S. A. Petrov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. «International Science and Technology Conference «Earth Science» - Chapter 3». – 2021. – С. 42-48.

7. Чижевский, К. В. Конструктивные особенности современных гибридных силовых установок / К. В. Чижевский, В. Н. Сидоров // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ – 2019) : сборник статей XI Международной научно-технической конференции. – 2019. – С. 379-383.

8. Карпов, А. А. Транспортно-технологический модуль с электроприводом колес / А. А. Карпов, М. А. Карпов // Автомобили, транспортные системы и процессы: настоящее, прошлое и будущее : сборник статей 4-й Международной научно-технической конференции. – Курск, 2022. – С. 66-70.

9. Дидманидзе, О. Н. Анализ современных типов гибридных энергоустановок / О. Н. Дидманидзе, Д. Г. Асадов, О. В. Закарчевский // Международный научный журнал. – 2011. – № 2. – С. 113-115.

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

11. 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.

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

Об авторах:

Дидманидзе Отари Назирович, Академик Российской академии наук, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный

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

Сидоров Владимир Николаевич, профессор кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, sidorov_vn@bmstu.ru.

Лавров Александр Владимирович, доцент кафедры механизации сельского хозяйства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева», (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, vimlavrov@mail.ru

Пуляев Николай Николаевич, 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, pulyaev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Otari N. Didmanidze, Academician of Russian Academy of Sciences, Head of the department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, Professor, didmanidze@rgau-msha.ru.

Vladimir N. Sidorov, Professor of the of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, sidorov_vn@bmstu.ru.

Alexander V. Lavrov, 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, Associate Professor, vimlavrov@mail.ru.

Nikolay N. Pulyaev, Associate Professor of the Department of Tractors and Automobiles, Timiryazev Russian State Agrarian University (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, pulyaev@rgau-msha.ru.

УДК 504.062.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАЛОЙ-БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

К. О. Ланглиц[1], Р. Т. Хакимов[2]
[1]Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
[2]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Российская Федерация

Аннотация. *Проведены экспериментальные исследования получения биогаза в разработанной малой-биогазовой установке, изготовленной из пластиковой бочки объемом 227 литров. Приведено описание конструкции и порядок получения побочного продукта анаэробного сбраживания органического субстрата (биогаза). Изложена краткая информация о составе биогаза из выбранного сырья. Полученные данные подтверждают возможность применения подобных установок для получения биогаза в бытовых условиях.*
Ключевые слова: *биореактор, навоз, анаэробное сбраживание, биогаз, биометан.*

EXPERIMENTAL RESEARCH OF A SMALL-SCALE BIOGAS PLANT

K. O. Langlits[a], R. T. Khakimov[b]
[a]Institute of Agricultural Engineering and Environmental Problems of Agricultural Production – Branch of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Saint Petersburg, Russian Federation
[b]Saint-Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Pushkin, Russian Federation

Abstract. *Experimental research on biogas production was conducted using a developed small-scale biogas plant made from a 227-liter plastic barrel. The design of the plant and the procedure for obtaining the by-product of anaerobic digestion of organic substrate (biogas) are described. Brief information on the composition of biogas from the selected raw material is provided. The obtained data confirm the feasibility of using such plants for biogas production in household conditions.*
Keywords: *bioreactor, manure, anaerobic digestion, biogas, biomethane.*

Постановка проблемы

Агропромышленный комплекс страны является мощным потребителем топлива, поэтому его экономия является одной из важнейших задач [1, 2]. В сельском хозяйстве задействован широкий спектр транспортных силовых

установок, а также стационарных и передвижных в которых используются двигатели внутреннего сгорания (ДВС), которые работают преимущественно на топливе нефтяного происхождения, реже на газе [3, 4]. Применение альтернативного топлива из отходов производства крупного рогатого скота (КРС) на данный момент не в состоянии позволить производству полностью закрыть проблему энергообеспечения, но в состоянии дать возможность уменьшить её, и в случае временного отсутствия традиционного нефтяного топлива по каким либо причинам, позволит вести бесперебойную работу как самого предприятия так и даст возможность обеспечить энергией ближайший населённый пункт.

Биогазовая установка предназначена в первую очередь для утилизации вредных для окружающей среды органических отходов и превращения их в полезное и эффективное органическое биоудобрение [5]. Биогаз является побочным продуктом работы биогазовой установки. Поэтому лишь имея стабильный источник достаточного количества органических отходов стоит задумываться о биогазовой установке. Для эффективного производства биогаза из органического сырья необходимо создать оптимальные условия для жизнедеятельности нескольких видов бактерий при отсутствии доступа кислорода [6, 7].

Трудно найти общую основу, которая позволяла бы сравнивать результаты энергетического потенциала навоза. Потенциал навоза зависит от вида животных, состава навоза, а также рациона животных [8]. По вопросу о том, какое количество биогаза может быть получено из различных сельскохозяйственных отходов, остатков и их смесей при оптимальных условиях сбраживания, имеются весьма неоднозначные данные, что объясняется в первую очередь разнообразием состава субстрата. Кроме того, процесс анаэробного брожения различают по температурным режимам его протекания. Выделяют три температурных диапазона:

Психрофильный – брожение субстрата происходит при температуре 15…25 °;

Мезофильный – брожение субстрата происходит при температуре 30…40 °С;

Термофильный – брожение субстрата происходит при температуре 50…56 °С.

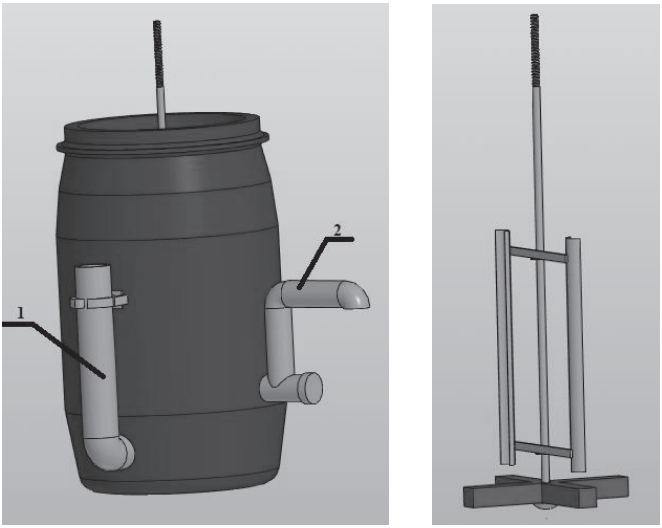
Цель исследования – оценка показателей малой-биогазовой установки, получение биогаза с последующей его очисткой от вредных примесей, и использование газообразного топлива в качестве моторного топлива в двигателе автотракторной техники.

Материалы и методы исследования

Проанализировав информацию из пособия по строительству биогазовых установок [9] и открытых источников интернета, была сконструирована мини-биогазовая установка из пластиковой емкости объемом 227 литров (Рисунок 1).

Установка изготовлена с целью получения биогаза путём анаэробного сбраживания органического субстрата из разбавленного тёплой водой навоза

КРС, смешанного с опилками, используемыми в качестве подстилки, и остатков кормов и соломы, входящих в рацион животного.



а б

в

Рисунок 1 – Модель малой-биогазовой установки:
а) общий вид конструкции; б) устройство для перемешивания субстрата;
в) внутренняя часть установки

Сбраживание субстрата протекало при температуре 37…38 °С.

Исследование включало в себя следующие этапы:

– подготовка и загрузка субстрата в мини-биогазовую установку (биореактор);

– контроль условий ферментации;

– сбор биогаза в газгольдер;

– анализ состава газа без предварительной очисти.

Результаты исследования и обсуждение

Конструкция малой-биогазовой установки (биореактора) достаточно простая и бюджетная представлена на Рисунке 1*а*, устройство для перемешивания представлено на Рисунке 1*б*. Лопастная мешалка позволяет достичь высокой эффективности перемешивания для создания гомогенной среды в реакторе.

Был использован резиновый кровельный герметик (Рисунок 1*в*), для герметизации отверстий в емкости, предназначенных для:

1. Трубы для заливки свежих отходов (субстрата);
2. Труб для перелива и/или слива отработанного вещества;
3. Двух выводов для подключения отопления.

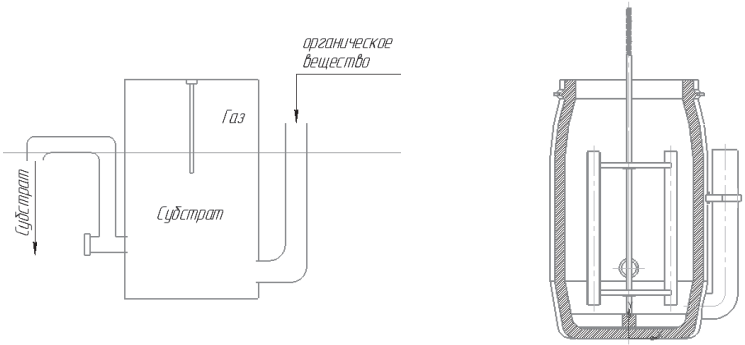
В емкости по периметру проложена металлопластиковая труба отопления как показано на Рисунке 1*в*.

Реактор заполнен примерно на 2/3 от объема емкости, 1/3 предназначена для скапливания биогаза, в крышке емкости установлен газоотвод. В дальнейшем планируется вмонтировать в систему отвода газа фильтры для очистки, чтобы перед попаданием в газгольдер биогаз проходил через фильтры очистки от CO_2 и H_2S.

Процесс выделения газа начался примерно через неделю после загрузки биореактора. Согласно литературному источнику [10], при непрерывном или квазинепрерывном технологическом процессе рекомендуется добавлять в единицу времени (допустим в сутки) количество органического вещества, соответствующее количеству уже разложенного субстрата. Добавление больших партий массы ведет к получению менее разложившегося субстрата и, следовательно, к меньшему выходу газа, а добавление меньших партий приводит к ухудшению показателя использования рабочего объема установки [11, 12].

Реактор непрерывного действия, так что раз в 2 дня добавляется (замещается) новая доза свежего сырья примерно 5 % от заполненного объема, что составляет 5…7,5 литров. Однако, ввиду того что бактерии (метаногены) размножаются, а следовательно, постепенно процесс будет протекать быстрее, со временем стоит начать добавлять новый субстрат чаще и при необходимости в большем количестве. На данный момент за 6 часов выделяется примерно 10 литров газа.

По принципу сообщающихся сосудов был решен вопрос, касающийся равенства загруженного и вышедшего из реактора вещества (Рисунок 2 а). Ввод – это обычная сантехническая труба (диаметром 10 см), которая входит в бочку через обычную резиновую сантехническую манжету. Сливная горловина уже меньшего диаметра так как отработавшее сырье становится жидким, каких-либо твердых отходов там нет и поэтому все достаточно хорошо сливается. Уровень субстрата, как уже было сказано ранее, расположен на расстоянии 2/3 высоты емкости, там также установлен выход сливной горловины.



а б

Рисунок 2 – Модель малой-биогазовой установки:
а) схема реализации принципа сообщающихся сосудов;
б) вид установки в разрезе

На дне не скапливается твердый осадок, так как биомасса периодически перемешивается. Процесс перемешивания обеспечен следующим образом. В крышке емкости сделана врезка через резиновую прокладку и на конце прикручена американка для полипропиленовых труб, труба использована полипропиленовая FV Plast PN16x2.2. Труба входит в субстрат, на сколько она входит абсолютно не важно, главное, чтобы она была в субстрате.

Анализ состава газа производился устройством «ТОП-СЕНС 360» – портативный многоканальный газоанализатор. ТОП-СЕНС 360 позволяет одновременно отслеживать концентрацию сразу шести газов, в их число входят: сероводород (H_2S), горючие газы (C_xH_y), кислород (O_2), угарный газ (CO), хлор (Cl_2), аммиак (NH_3), водород (H_2), диоксид серы (SO_2), диоксид углерода (CO_2), диоксид азота (NO_2). Результаты представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Компонентный состав биогаза полученного в результате анаэробного сбраживания субстрата на основе навоза дойных коров

Дата замера	CH_4	CO_2	H_2S	H_2	NO_2	NH_3
05.01.2026	58	43	2	0	0	0
06.01.2026	60	37	2	1	0	0
07.01.2026	57	40	2	1	0	0
08.01.2026	60	36	2	2	0	0
09.01.2026	58	39	2	1	0	0
10.01.2026	63	32	2	3	0	0
11.01.2026	60	37	2	1	0	0

Выводы. Переход к высокопродуктивному сельскохозяйственному производству – это долгий путь, требующий тщательного анализа. Разработанная и испытанная малая-биогазовая установка доказала свою эффективность в производстве побочного продукта анаэробного сбраживания,

что подтверждает возможность применения подобных установок для получения биогаза в бытовых условиях.

Биогаз можно производить из любого органического вещества. Однако наиболее выгодным представляется использование для этих целей навоза ввиду того, что это бесплатный и неисчерпаемый источник отходов.

Возможны самые различные модификации подобной установки, к примеру конструкция этой малой-биогазовой установки позволяет в дальнейшем подвести трубу для перелива к более крупной модели биогазового реактора, а её использовать как подготовительную емкость для субстрата или же усложнив систему подогрева субстрата осуществить технологию двухстадийного анаэробного брожения, когда реакция брожения происходит в двух последовательно соединенных емкостях. В первом реакторе сбраживание происходит в психрофильном температурном режиме, а во втором в мезофильном. Это интересно ввиду того, что есть несколько теорий касаемо бактерий (метаногенов). Одна гласит, что одни и те же бактерии приспосабливаются к разным температурам и работают в разных режимах метаболизма. Другая – что это разные бактерии, которые активизируются только попав в подходящие условия.

Влияние температурного режима анаэробного сбраживания на скорость выхода и состав биогаза в представленной работе не установлено.

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 имени К. А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.

2. 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.

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. Didmanidze, O. N. Heat and mass transfer of multicomponent gas mixtures in cryogenic tank of automotive equipment / O. N. Didmanidze, A. S. Afanasyev, R. T. Khakimov // Journal of Physics: Conference Series, Novorossiysk, Virtual, 15-16 июня 2021 года. – Novorossiysk, Virtual, 2021. – P. 012024.

5. Хакимов, Р. Т. Математическое моделирование двухфазной среды элементов топливоподающей системы ГБО автотракторной техники / Р. Т. Хакимов // Вестник СПбГАУ. – 2020. – № 1. – С. 220-225.

6. Энергоэффективность газомоторной техники в полевых условиях / Р. Т. Хакимов, Р. Р. Хабушев [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. – 2021. – № 53. – С. 32-38.

7. The combustion process and heat release in the gas engine / M. N. Erokhin, O. N. Didmanidze, N. V. Aldoshin, R. T. Khakimov // Proceeding of 7th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2019 (PAE 2019), Prague, 17-20 сентября 2019 года. – Prague : Powerprint s.r.o., 2019. – P. 607-611.

8. Производство биогаза из биомассы животноводства / Г. У. Турсунбаева, Б. Т. Бахтияр, Г. Э. Байжан, А. К. Мергалимова // Вестник КазАТК. – 2022. – № 3 (122). – С. 171-181.

9. Дидманидзе, О. Н. Метановое число природного газа и его влияние на эффективность рабочего процесса газового двигателя / О. Н. Дидманидзе, А. С. Афанасьев, Р. Т. Хакимов // Записки Горного института. – 2021. – Т. 251. – С. 730-737. – DOI 10.31897/PMI.2021.5.12.

10. Баадер, В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер. – М. : Колос, 1982. – 148 с.

11. Хакимов, Р. Т. Модель корреляции выбросов вредных веществ автомобиля с использованием динамометрического тестирования / Р. Т. Хакимов // Технико-технологические проблемы сервиса. – 2012. – № 2(20). – С. 15-19.

12. Хакимов, Р. Т. Влияние характеристик выгорания на показатели рабочего цикла газового двигателя при использовании электронной системы управления / Р. Т. Хакимов // Грузовик. – 2008. – № 4. – С. 27-29.

Об авторах:

Хакимов Рамиль Тагирович, заведующий кафедрой «Автомобили, тракторы и технический сервис», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 2), доктор технических наук, доцент, haki7@mail.ru.

Ланглиц Константин Олегович, аспирант, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, (196634, Российская Федерация, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Фильтровское ш., 3), langlitskonstantin16@mail.ru.

About the authors:

Ramil T. Khakimov, Head of the Department of «Automobiles, Tractors and Technical Service», Saint-Petersburg State Agrarian University (196601, Russian Federation, Saint Petersburg, Pushkin, Petersburg Highway, 2), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, haki7@mail.ru.

Konstantin O. Langlits, Postgraduate Student, Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production – Branch of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM (196634, Russian Federation, Saint Petersburg, Tyarlevo, Filtrovskoe Highway, 3), langlitskonstantin16@mail.ru.

УДК 658.5

СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ В РАЗВИТИИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

П. Н. Косов[1], Е. П. Парлюк[2]
[1]АО «Росагролизинг», г. Москва, Российская Федерация
[2]ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *В статье анализируются ключевые вызовы и проблемы развития отечественного сельхозмашиностроения, определяющие уровень технической оснащённости аграрного сектора России. Рассматриваются внутренние и внешние факторы, влияющие на воспроизводство машинно-тракторного парка, включая старение техники, высокую импортозависимость по компонентам, технологическое отставание и рост себестоимости. Особое внимание уделено последствиям санкционного давления, изменению структуры импорта и усилению конкуренции со стороны производителей из дружественных стран. Анализируются экономические и регуляторные условия: доступность кредитов, рентабельность агробизнеса, меры государственной поддержки и влияние утилизационного сбора. Подчёркивается необходимость системного подхода к модернизации парка, развития инноваций, локализации производства и расширения сервисной инфраструктуры для обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого роста отрасли.*
Ключевые слова: *сельскохозяйственное машиностроение, машинно-тракторный парк, господдержка, модернизация парка, продовольственная безопасность.*

MODERN CHALLENGES IN THE DEVELOPMENT OF DOMESTIC AGRICULTURAL ENGINEERING

P. N. Kosov[a], E. P. Parlyuk[b]
[a]Rosagroleasing JSC, Moscow, Russian Federation
[b]Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article analyzes the key challenges and problems in the development of domestic agricultural engineering, which determine the level of technical equipment in Russia's agricultural sector. It examines internal and external factors affecting the reproduction of the machine-tractor fleet, including equipment aging, high import dependency for components, technological lag, and rising production costs. Particular attention is given to the consequences of sanctions pressure, changes in the import structure, and increased competition from manufacturers in friendly countries. The economic and regulatory environment is also analyzed, including credit availability,*

agribusiness profitability, government support measures, and the impact of the disposal fee. The article emphasizes the need for a systematic approach to fleet modernization, innovation development, production localization, and expansion of service infrastructure to ensure food security and sustainable growth of the industry.
Keywords: *agricultural engineering, machine-tractor fleet, government support, fleet modernization, food security.*

Машиностроение для сельского хозяйства играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности страны. От уровня оснащенности аграрного сектора современной техникой во многом зависят урожайность и эффективность сельскохозяйственного производства [1].

Проблематика воспроизводства машинно-тракторного парка в аграрном секторе сохраняет устойчивую актуальность, поскольку техническая деградация парка ведёт к росту эксплуатационных затрат, снижению технологической дисциплины и повышению рисков несвоевременного выполнения агротехнологических операций. Энергетическая мощность машинно-тракторного парка снизилась до 62 % от уровня 2000 года, а нагрузка на один трактор выросла более чем в 2,5 раза (с 135 до 345 га) [2]. Подобное старение парка снижает производительность отрасли: опоздание с посевной или уборочной из-за нехватки или поломок техники может приводить к недобору урожая до 12 % и более. В этой связи важным является понимание экономических закономерностей воспроизводства сельскохозяйственной техники и факторов, определяющих инвестиционные решения хозяйств и производителей техники [3].

На фоне этих проблем произошли значительные изменения внешних условий. С одной стороны, сохраняется высокий спрос аграриев на новую технику и потребность в ускоренной модернизации парка. С другой стороны, отрасли предстоит адаптироваться к новым реалиям. Все это формирует современные вызовы в развитии отечественного сельхозмашиностроения, требующие аналитического рассмотрения.

Совокупность проблем отрасли можно разделить на внутренние факторы (обусловленные состоянием самого сельхозмашиностроения и внутреннего рынка) и внешние факторы (связанные с макроэкономической, внешнеторговой и регуляторной средой). На Рисунке 1 представлена схема основных внутренних и внешних факторов, влияющих на развитие отрасли.

Многие отечественные сельхозмашины уступают мировым аналогам по надежности, производительности и уровню внедренных технологий. Доля наукоемкой, инновационной продукции в отрасли крайне мала (менее 0,3 %). Для сравнения, импортные тракторы ведущих производителей способны работать без капитального ремонта до 7 000 моточасов, тогда как российские аналоги выходят из строя уже через 200…500 моточасов [2]. Также долгое время наблюдался разрыв в области электронных систем: отсутствие собственных систем точного земледелия, GPS/ГЛОНАСС-навигации и цифровых решений снижало эффективность отечественной техники в крупнотоварных хозяйствах. Хотя в последние годы качество российских машин улучшается, недоверие

потребителей к отечественной технике все еще остается фактором, сдерживающим спрос [4].

Рисунок 1 – Внутренние и внешние факторы современных вызовов в развитии сельхозмашиностроения

В производстве сельхозтехники сохраняется высокая импортозависимость по ряду критически важных узлов и агрегатов. По оценкам, к 2022 году уровень локализации в отрасли достигал 60…80 %, однако порядка 20…40 % компонентов все же закупались за рубежом. Средняя доля импортных деталей в себестоимости сельхозмашин оценивалась до 35 % [5]. Санкции 2022 года привели к резкому разрыву сложившихся цепочек поставок: западные поставщики компонентов прекратили работу с Россией, что вынудило заводы в сжатые сроки искать альтернативы в дружественных странах и развивать собственное производство деталей. Тем не менее полное замещение импортных комплектующих требует времени; зависимость от внешних поставок продолжает негативно влиять на себестоимость и сроки производства отечественной техники.

Себестоимость производства техники в России выше, чем у многих зарубежных конкурентов. Это обусловлено более дорогими металлами и материалами на внутреннем рынке, ростом цен на энергоносители, а также высокими затратами на заемный капитал (дорогие кредиты). Кроме того, отрасль сталкивается с нехваткой квалифицированного персонала и инженерных кадров, что сдерживает рост производительности и внедрение инноваций. Затраты компаний на НИОКР невелики (около 1 % от выручки, что в 3 раза меньше, чем в развитых странах), а инвестиционная привлекательность сектора остается

низкой без достаточных мер поддержки. Все это приводит к тому, что себестоимость отечественной техники продолжает расти (на 10…15 % за 2023 год) наряду с увеличением цен на продукцию для конечных потребителей [4].

Несмотря на прогресс в импортозамещении, российский рынок техники покрыт отечественными моделями не во всех сегментах. Существуют ниши, где до сих пор практически отсутствуют конкурентоспособные отечественные аналоги. В частности, отмечается нехватка современных кормоуборочных комбайнов для заготовки кормов, особенно высокой мощности – их доля в производстве начала расти лишь недавно. Также ограничен выпуск крупногабаритной посевной техники (посевных комплексов) для больших агрохолдингов. По некоторым направлениям российские заводы предлагают технику только для фермерских хозяйств малого и среднего масштаба, тогда как у крупных предприятий сохраняется потребность в более производительных машинах, зачастую покрываемая импортом. Тем не менее за последние годы наметились сдвиги: отечественные производители освоили выпуск энергонасыщенных тракторов, мощных кормоуборочных комбайнов (до 600 л.с.) и другой техники, которая ранее не выпускалась в РФ [5]. Новые заводы (например, по производству тракторов) должны увеличить мощности и расширить линейку продукции. Однако для быстрого освоения всех ниш требуется время и крупномасштабные инвестиции.

Усиление санкционного давления в 2022 году стало одним из ключевых внешних шоков для отрасли. Весной 2022 года ряд западных компаний объявили о приостановке деятельности в России. Это сразу отразилось на рынке: цены на импортную технику выросли вдвое, склады запчастей опустели, поставки новых машин замедлились и перешли на схемы параллельного импорта с увеличенным лагом поставки. Разрыв кооперационных связей привел к сокращению экспорта: многие зарубежные сборочные производства в РФ ориентировались на экспорт в СНГ, и после их ухода экспортные возможности резко упали. Кроме того, санкции ограничили доступ к ряду передовых технологий и компонентов. В среднесрочной перспективе риски для аграриев будут зависеть от того, насколько быстро удастся заместить в тех сегментах, где присутствовали только иностранные марки. Тем не менее благодаря налаживанию новых каналов (Китай, Турция, Индия и др.) уже к осени 2022 года отрасль начала переходить в состояние хрупкого равновесия [6].

Уход западных брендов не означал полной монополизации рынка российскими производителями – основными конкурентами стали поставщики из дружественных стран, прежде всего из Китая и Беларуси. Китайские компании за 2017-2023 гг. увеличили поставки агротехники в Россию в 4,4 раза в денежном выражении; особенно впечатляющий рост в сегменте тракторов – в 24 раза. К 2023 году техника из Китая заняла доминирующее положение в импорте: например, среди импортируемых тракторов доля Китая выросла с 4 % в 2017 году до 63 % в 2023 году. Белорусские предприятия (МТЗ, «Гомсельмаш» и др.) традиционно сильны в сегменте тракторов и комбайнов, обеспечивая порядка 20 % рынка новой техники [6]. В результате в структуре обновления парка

заметна региональная переориентация импорта – доля техники из Европы и Северной Америки сократилась, но ее место заняли поставки из Китая, Индии, Турции и др.

По оценкам, в 2024 году суммарная доля импортных машин (включая китайские и прочие) в закупках могла достигать 53 % в количественном выражении, тогда как еще в 2021 году около половины продаж приходилось на российские марки [4]. Таким образом, борьба за покупателя на внутреннем рынке обострилась: даже на фоне санкций импорт сохраняет значимую часть рынка, конкурируя ценой и доступностью. Российским компаниям приходится соревноваться не только между собой, но и с новой волной импорта из Азии.

С другой стороны, отечественная техника получила конкурентные преимущества в сервисном обслуживании и доступности запчастей: уход ряда западных игроков продемонстрировал аграриям риски зависимости от зарубежных машин, которые могут простоять без ремонта из-за недоступности деталей. Многие хозяйства отмечают, что вынуждены снижать закупки специфической импортной техники, не имеющей аналогов (например, свеклоуборочных комбайнов), из-за проблем с ее сервисом.

Внешняя макроэкономическая среда в 2021-2023 гг. складывалась неблагоприятно для обновления техники. Банк России удерживал высокую ключевую ставку (до 20 % весной 2022 г., затем 7,5…8,5 % в 2023 г., с ростом до 15 % к концу 2023 г.), что делало кредиты для лизинга и покупки техники очень дорогими. Одновременно наблюдалось падение доходности растениеводства: в 2022-2023 гг. цены на зерно и другую продукцию АПК были низкими, экспорт осложнен пошлинами, и у аграриев снизилась прибыль. Платежеспособный спрос на технику сократился – хозяйства откладывали покупки до появления льготного финансирования, не желая работать на коммерческих условиях. Ряд ключевых государственных программ, поддерживающих сельхозпроизводителей, были пересмотрены, что также уменьшило возможности для инвестиций в технику. В результате в 2023 году продажи сельхозтехники замедлились: по экспертным оценкам, рынок мог снизиться на 10…15 % в штуках [5]. Уже в 2024 году дилеры отмечали значительное падение спроса в I квартале, а производители сообщали о сокращении отгрузок отечественных машин на 31,5 % в январе 2025 года. Таким образом, низкая рентабельность агробизнеса и дорогие кредиты выступают серьезным внешним ограничителем для обновления парка техники.

Государственная политика и нормативные изменения существенно влияют на отрасль через механизмы поддержки и ограничения. С одной стороны, государство предоставляет субсидии и льготные условия для обновления парка. С другой стороны, введены фискальные меры, такие как утилизационный сбор на технику, которые призваны защищать внутренний рынок. Утилизационный сбор на сельхозмашины был впервые введен Постановлением Правительства РФ в 2016 году как экологическая мера для ограничения ввоза старой техники и стимулирования обновления парка за счет российской продукции. Фактически же утильсбор стал выполнять роль дополнительной импортной пошлины, ограничивая конкуренцию со стороны зарубежной техники.

В 2022-2023 гг. ставки утильсбора существенно повысились, что повысило цену как импортных, так и отечественных машин (поскольку российские производители закладывают компенсацию утильсбора для покупателей). К началу 2025 года обсуждается новое резкое повышение: Минпромторг предложил с 2025 года проиндексировать ставки утильсбора сразу в 5 раз, а далее увеличивать их ежегодно на 15 % до 2030 года [4].

По оценкам дилеров и аграриев, столь резкий рост сборов носит заградительный характер и приведет к удорожанию техники на внутреннем рынке. Одновременно на меры прямой господдержки выделяется недостаточно средств. Например, программа субсидирования скидок на российскую технику (№ 1432) в 2023 году была резко сокращена – ее бюджет составил лишь 2 млрд руб. против 8 млрд руб. в 2022-м. Более того, в 2023 году эта программа перестала распространяться на тракторы, комбайны и другую самоходную технику из-за ограниченного финансирования. Ассоциация «Росспецмаш» отмечает, что для поддержания необходимых темпов обновления парка требовалось бы не менее 15…20 млрд руб. в год и распространение скидок на всю линейку отечественной сельхозтехники [5].

Недофинансирование таких программ приводит к росту цен для конечного потребителя на 10…15 % (именно настолько цены повысились после отмены скидок в 2023 году). В условиях возросшей нагрузки на бюджет и смены приоритетов господдержки (в пользу прямой помощи аграриям либо другим секторам) машиностроители ощущают недостаток стимулирующих мер. Таким образом, непоследовательность или жесткость нормативных решений (повышение налоговой нагрузки через утильсбор при одновременном сокращении субсидий) создают для отрасли дополнительные регуляторные риски.

На начало 2025 года российский парк сельхозтехники сохраняет преимущественно отечественный характер: импортная техника в эксплуатации оценивается примерно в 10 %, что означает доминирование российских и белорусских машин в действующем парке. Одновременно сохраняется критическая проблема воспроизводства – парк существенно изношен, а темпы обновления (около 4…5 % в год) недостаточны для устойчивого восполнения, что закрепляет старение техники и усиливает риск сбоев в проведении сезонных работ.

Структура рынка новых закупок демонстрирует смену конкурентной конфигурации: доля отечественных производителей выросла до уровня около 60 % после 2022 года, однако в 2023-2024 гг. давление импорта из дружественных стран (прежде всего азиатского направления) вновь усилило конкуренцию и в отдельных сегментах снизило долю российских и белорусских поставщиков. При этом рост выпуска техники в 2020-2023 гг. был значимым в стоимостном выражении (до 271 млрд руб. в 2023 г.), но в натуральном выражении динамика слабее: удержание объемов сопровождалось удорожанием единицы продукции и замедлением физического обновления парка [7].

Ключевым структурным ограничением остается наличие технологических «провалов» по отдельным видам техники: ряд специализированных машин и

высокотехнологичных решений либо не производится в России, либо представлен ограниченно, что поддерживает импортозависимость именно в наиболее сложных и капиталоемких сегментах. Следовательно, при высокой доле отечественной техники в парке основной вызов смещается от вопроса «чья техника» к вопросу «какого возраста и уровня технологии эта техника», а стратегический приоритет – ускорение обновления парка и закрытие дефицитных ниш через локализацию, расширение модельного ряда и доступные механизмы финансирования обновления.

Формирование инвестиционного ресурса для модернизации технической базы АПК зависит от сочетания бюджетно-налоговых стимулов, кредитных инструментов и параметров государственной поддержки, которые задают доступность обновления техники и устойчивость спроса. Системный подход к настройке таких инструментов позволяет рассматривать обновление парка не как разрозненные закупки, а как управляемый процесс накопления и восполнения капитала в аграрной экономике [8].

Отдельного внимания требует трансформация воспроизводства МТП в условиях ESG-повестки, когда к критериям экономической эффективности добавляются требования ресурсосбережения, экологичности и технологической устойчивости. Это усиливает значимость современных машин и технологий, повышая спрос на более энергоэффективную и надёжную технику, а также на механизмы, обеспечивающие устойчивое обновление парка [9, 10].

Таким образом, современные вызовы в развитии отечественного сельхозмашиностроения, будучи очень серьезными, могут быть преодолены при условии согласованной стратегии государства и бизнеса. Импортозамещение в отрасли уже достигло определенных успехов – доля российской техники на рынке выросла до 60 % и более, освоены новые образцы машин. Однако для закрепления этого результата необходимы дальнейшие усилия: увеличение объемов господдержки до уровня, позволяющего ежегодно обновлять не менее 8…10 % парка; стимулирование инноваций и локализации, чтобы ликвидировать технологическое отставание; развитие сервисной инфраструктуры и производства запчастей, чтобы обеспечить конкурентоспособность отечественной техники в эксплуатации. Только сочетание этих мер позволит российскому сельхозмашиностроению выйти на траекторию устойчивого роста и полностью удовлетворить потребности агропромышленного комплекса в современной технике.

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 имени К. А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.

2. Детальный разбор – что происходит с российским сельхоз-машиностроением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://agbz.ru/

articles/detalnyy-razbor-chto-proiskhodit-s-rossiyskim-selkhozmashinostroeniem (дата обращения 13.01.2026).

3. Чутчева, Ю. В. Экономические закономерности воспроизводства сельскохозяйственной техники / Ю. В. Чутчева. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2011. – 254 с.

4. Продажи сельхозтехники в России резко сократились [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.forbes.ru/biznes/540895-prodazi-selhoztehniki-v-rossii-rezko-sokratilis (дата обращения 13.01.2026).

5. В 2023 году доля российской и белорусской сельхозтехники снизилась [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.agroinvestor.ru/tech/news/42041-v-2023-godu-dolya-rossiyskoy-i-belorusskoy-selkhoztekhniki-snizilas/ (дата обращения 13.01.2026).

6. Вырастут ли у отечественной техники шансы? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.eg-online.ru/article/483253/ (дата обращения 13.01.2026).

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. Совершенствование бюджетно-налоговых и кредитных инструментов формирования инвестиционного капитала в АПК / В. В. Маслова, Н. Ф. Зарук, Н. М. Светлов, Ю. В. Чутчева // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2021. – Т. 1, № 12(81). – С. 3-12.

9. 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.

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. – ISBN 978-5-00227-190-0.

Об авторах:

Косов Павел Николаевич, генеральный директор АО «Росагролизинг» (125167, Российская Федерация, Москва, ул. Викторенко, дом 9, стр. 1), кандидат экономических наук.

Парлюк Екатерина Петровна, профессор, ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (105005, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Басманный, ул. 2-я Бауманская, д. 5, с. 1), доктор технических наук, профессор.

About the authors:

Pavel N. Kosov, General Director of Rosagroleasing JSC (125167, Russian Federation, Moscow, Viktorenko St., 9, 1), Candidate of Economic Sciences.

Ekaterina P. Parlyuk, Professor, Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya Street, 5, Building 1), Doctor of Technical Sciences, Professor.

УДК 621.436

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ОЗОНОВОЗДУШНОЙ ПОДГОТОВКИ

В. Г. Кубасов[1], Д. В. Никитин[1], Ю. В. Родионов[1], И. С. Филатов[2]
[1]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Российская Федерация
[2]ТОГБПОУ «Приборостроительный колледж», Тамбов, Российская Федерация

***Аннотация**. Представлены результаты экспериментального исследования влияния озоновоздушной подготовки (ОВП) на показатели работы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Испытания проводились на бензиновом карбюраторном двигателе 153FMI и дизельных двигателях Hyundai Tuscon III D4HA/Series R, Komatsu 4D92L-1B59B. В качестве основного диагностического метода использован акустический анализ звукограмм; для оценки экологического эффекта измерялась дымность выхлопных газов. Установлено, что подача озоновоздушной смеси с концентрацией озона 50 ppm во впускной тракт способствует облегчению запуска бензинового двигателя (сокращение с 8 тактов прокрутки до запуска с первого оборота) и стабилизации его работы на холостом ходу. Для дизельного двигателя Komatsu зафиксировано снижение средней дымности выхлопа с 5,7 % до 2,3 %, а также повышение равномерности работы. Полученные данные подтверждают эффективность ОВП как метода интенсификации процесса сгорания топливовоздушной смеси.*
***Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, озоновоздушная подготовка, озон, сгорание, запуск двигателя, холостой ход, дымность, акустическая диагностика, сажевые выбросы.*

DEVELOPMENT OF A DEVICE TO INCREASE THE EFFICIENCY OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES THROUGH OZONE-AIR PREPARATION

V. G. Kubasov[a], D. V. Nikitin[a], Yu. V. Rodionov[a], I. S. Filatov[b]
[a]Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation
[b]Tambov College of Instrument Engineering, Tambov, Russian Federation

***Abstract.** The article presents the results of an experimental study of the effect of ozone-air preparation (OAP) on the performance of internal combustion engines (ICEs). The tests were conducted on a 153FMI gasoline carburetor engine and Hyundai Tuscon III D4HA/Series R and Komatsu 4D92L-1B59B diesel engines. Acoustic analysis of soundgrams was used as the main diagnostic method, and the smoke content of exhaust*

gases was measured to assess the environmental impact. It has been established that the supply of an ozone-air mixture with an ozone concentration of 50 ppm to the intake tract facilitates the starting of a gasoline engine (reducing it from 8 crank cycles to starting from the first revolution) and stabilizes its operation at idle speed. For the Komatsu diesel engine, a decrease in the average exhaust smoke from 5.7% to 2.3% was recorded, as well as an increase in the uniformity of operation. These findings confirm the effectiveness of OVP as a method for intensifying the combustion process of the fuel-air mixture.
Keywords: *internal combustion engine, ozone-air treatment, ozone, combustion, engine starting, idling, smoke emission, acoustic diagnostics, soot emissions.*

Введение

Повышение топливной экономичности и экологической безопасности двигателей внутреннего сгорания (ДВС) остается актуальной научно-технической задачей [1, 2]. Наряду с совершенствованием традиционных методов (прямой впрыск, турбонаддув, рециркуляция отработавших газов), перспективным направлением является модификация свойств топливовоздушной смеси на стадии ее подготовки [3-5]. Одним из таких методов является озоновоздушная подготовка (ОВП). Озон (O_3), обладая высокой окислительной способностью, способен интенсифицировать процесс воспламенения и сгорания, что потенциально ведет к стабилизации работы двигателя и снижению вредных выбросов [6, 7].

Целью настоящей работы является экспериментальная оценка влияния ОВП на характеристики запуска, устойчивость работы на режиме холостого хода и дымность выхлопа различных типов ДВС.

Материалы и методы

Объектами исследования служили: бензиновый карбюраторный двигатель 153FMI (125 см³); дизельные двигатели Komatsu 4D92L-1B59B (2659 см³) и Hyundai Tuscon III D4HA/Series R (2000 см³). Основной метод диагностики – акустический анализ. Звуковые сигналы записывались аудиосистемой компьютера Infinix InBook Y3max YL61A5 (частота дискретизации 96 кГц) и анализировались в программе Wave Editor. Для генерации озона использовался малогабаритный озонатор (патент № RU2755686C1), установленный перед воздушным фильтром двигателя. Концентрация озона во впускном тракте контролировалась анализатором DM509-03 и поддерживалась на уровне 50 ppm. Экологический эффект оценивался по дымности выхлопных газов с помощью газоанализатора МЕТА-01МП. Испытания проводились при температуре +25°C и влажности 47 % на бензине АИ-92 и летнем дизельном топливе. Для каждого двигателя фиксировались режимы запуска и холостого хода сначала без ОВП (базовый режим), а затем с подачей озоновоздушной смеси.

В работе исследованы три двигателя: бензиновый карбюраторный двигатель – модель 153FMI, одноцилиндровый, с рабочим объемом 125 см³; дизельный двигатель – Komatsu 4D92L-1B59B, четырехцилиндровый, с рабочим объемом 2659 см³; дизельный двигатель – Hyundai Tuscon III D4HA/Series R, с рабочим объемом 2000 см^3. В качестве основного метода диагностики использован акустический анализ с помощью аудиосистемы компьютера Infinfx

InBook Y3max YL61A5 для записи акустических сигналов работы ДВС. Дополнительно проводились измерения дымности газоанализатором МЕТА01МП.

Для проведения экспериментальных исследований применялся следующий набор оборудования:

- малогабаритный озонатор (патент № RU2755686C1) [8];
- анализатор концентрации озона DM509-03, обеспечивающий контроль концентрации озона, температуры и влажности в системе.

Малогабаритный озонатор устанавливался непосредственно перед воздушным фильтром ДВС для подачи озона во впускной тракт. Концентрация озона в подаваемой газовой смеси поддерживалась на уровне более 50 ppm.

Для оценки параметров работы ДВС применялась методика акустического анализа. Записи звука работы ДВС осуществлялись с использованием аудиосистемы компьютера Infinfx InBook Y3max YL61A5. Звуковые файлы сохранялись в формате WAV с частотой дискретизации 96 кГц, что обеспечивало высокую точность фиксации акустических сигналов. Анализ звукограмм проводился с использованием программного обеспечения Wave Editor. Данный метод основан на визуализации и анализе частотных характеристик и амплитудных изменений звуковых сигналов, которые коррелируют со стабильностью работы двигателя, полнотой сгорания топливовоздушной смеси и другими рабочими параметрами.

Испытания проводились при следующих условиях: температура окружающей среды +25°C, относительная влажность воздуха 47 %. Эксперименты включали работу двигателей на бензине АИ-92 и летнем дизельном топливе при различных режимах: холостой ход (ХХ), режим набора оборотов и режим работы на номинальных оборотах. Первоначально проводился контрольный запуск и прогрев двигателя без подачи озона. Затем осуществлялся повторный запуск и регистрация рабочих характеристик уже с введенной в систему ОВП. Оценка работы двигателя проводилась путем сочетания субъективного анализа (акустическая оценка «на слух») и объективных данных: анализ звукограмм и оценку дымности выхлопных газов (применительно к дизельному двигателю).

Результаты и их обсуждение

1. Бензиновый карбюраторный двигатель 153FMI (Запуск и холостой ход)

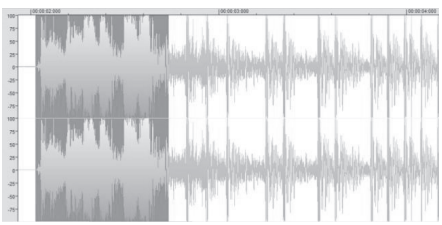


Рисунок 1 – Звукограмма запуска двигателя 153FMI без подачи озона

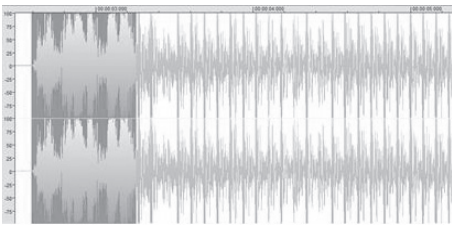


Рисунок 2 – Звукограмма запуска двигателя 153FMI с подачей озона

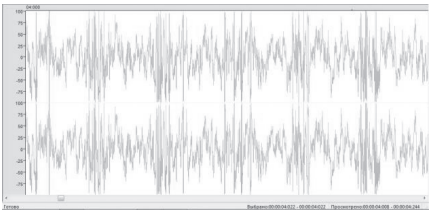


Рисунок 3 – Звукограмма работы двигателя 153FMI без озона во впускном тракте

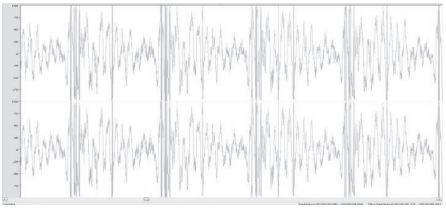


Рисунок 4 – Звукограмма работы двигателя 153FMI с подачей озона во впускной тракт

Выводы

Запуск. В базовом режиме для запуска требовалось в среднем 8 тактов прокрутки коленчатого вала стартером (~0,7 с), после чего наблюдалась неустойчивая работа (Рисунок 1). При использовании ОВП двигатель запускался с первого оборота (~0,5 с), что свидетельствует о значительном улучшении воспламеняемости смеси (Рисунок 2).

Холостой ход. Без ОВП акустический анализ выявил периодические пропуски воспламенения с интервалом ~0,15 с, характерные для нестабильной работы (Рисунок 3). С применением ОВП периодичность тактов стабилизировалась (~0,1 с), а амплитуда звукового сигнала стала более однородной, что указывает на устранение пропусков и более полное сгорание (Рисунок 4).

2. Дизельный двигатель Komatsu 4D92L-1B59B и дизельный двигатель Hyundai Tuscon III D4HA/Series R, старт и холостой ход

Рисунок 5 – Звукограмма старта и работы дизельного двигателя Komatsu 4D92L-1B59B с озоном во впускном тракте

Рисунок 6 – Звукограмма старта и работы дизельного двигателя Komatsu 4D92L-1B59B без подачи озона во впускной тракт

Рисунок 7 – Звукограмма старта и работа двигателя Hyundai Tuscon III D4HA/Series R (выделен старт и первые такты работы) без подачи озона

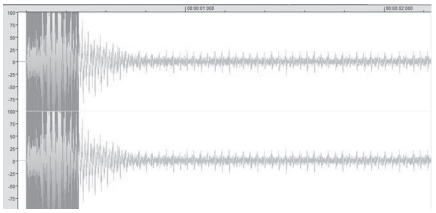


Рисунок 8 – Звукограмма старта и работа двигателя Hyundai Tuscon III D4HA/Series R (выделен старт) с подачей озона во впускной тракт

Выводы:

- Двигатель Komatsu 4D92L-1B59B.

Анализ звукограмм показал, что ОВП способствует выравниванию акустических паттернов рабочих тактов, снижению высокочастотных составляющих, связанных с догоранием топлива, и улучшению отклика на изменение нагрузки.

- Двигатель Hyundai Tuscon III D4HA/Series R (Common Rail).

При подаче озона отмечено субъективное снижение шумности работы и сглаживание звуковой картины, что может быть интерпретировано как более мягкое и полное сгорание.

3. Дизельный двигатель Komatsu 4D92L-1B59B, проверка на газоанализатор МЕТА01МП

Рисунок 9 – Результаты проверки в базовом режиме

Рисунок 10 – Результаты проверки в режиме с ОВП

Вывод:

- Дымность выхлопа (двигатель Komatsu). Измерения подтвердили существенный экологический эффект ОВП: среднее значение дымности снизилось с 5,7 % (базовый режим) до 2,3 % (режим с ОВП).

Полученные результаты согласуются с гипотезой о том, что озон, являясь сильным окислителем, интенсифицирует начальные стадии окисления топлива, способствуя более раннему и полному его сгоранию. Это приводит к улучшению показателей как на переходных (запуск), так и на установившихся (холостой ход) режимах работы ДВС.

Заключение

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено:

1. ОВП с концентрацией озона 50 ppm кардинально улучшает запуск карбюраторного бензинового двигателя и стабилизирует его работу на холостом ходу за счет минимизации пропусков воспламенения.

2. Применение ОВП положительно влияет на работу дизельных двигателей, повышая равномерность цикла и снижая уровень вибраций.

3. Для дизельного двигателя Komatsu подтверждено значительное (более чем в 2 раза) снижение дымности выхлопных газов, что указывает на повышение экологичности.

Таким образом, озоновоздушная подготовка является эффективным методом интенсификации процесса сгорания в ДВС различного типа. Перспективными направлениями дальнейших исследований являются оценка влияния ОВП на мощностные и экономические показатели под нагрузкой, измерение эмиссии газообразных загрязнителей (CO, CH, NOx) и оптимизация параметров озонирования.

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 имени К. А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.

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. Инженерное решение органов впуска и выпуска как комплексное средство повышения топливной экономичности поршневых двигателей внутреннего сгорания / А. Н. Тарасов, И. Л. Захаров, А. В. Дегтярев [и др.] // Труды Санкт-Петербургского государственного морского технического университета. – 2017. – № 4. – С. 21-26.

4. Технический сервис дизельной топливной аппаратуры / Е. А. Пучин, О. Н. Дидманидзе, В. М. Корнеев, Д. И. Петровский. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2003. – 108 с.

5. Янин, А. Н. Повышение топливной экономичности двигателей внутреннего сгорания автомобильной техники / А. Н. Янин, С. В. Викулин, А. И. Овчинников // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК : Материалы международной научно-практической конференции, Воронеж, 25 февраля 2021 года / Под общей редакцией О.М. Костикова, А.В. Божко. Часть II. – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2021. – С. 49-53.

6. Результаты экспериментального исследования влияния озоно-воздушной смеси на работу бензинового двигателя внутреннего сгорания / М. А. Таранов, П. В. Гуляев, М. М. Украинцев [и др.] // Вестник аграрной науки Дона. – 2022. – Т. 15, № 3(59). – С. 37-49. – DOI 10.55618/20756704_2022_15_3_37-49.

7. Серегин, А. А. Повышение эффективности использования системы озонирования в энергетических средствах / А. А. Серегин, П. В. Гуляев, М. Ю. Попов // Вестник аграрной науки Дона. – 2019. – № 4 (48). – С. 75-80.

8. Патент № 2755686 C1 Российская Федерация, МПК A61L 9/015. Малогабаритный универсальный озонатор : № 2021105952 : заявл. 09.03.2021 : опубл. 20.09.2021 / И. С. Филатов, Ю. В. Родионов, А. Е. Ломовских [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет».

Об авторах:

Кубасов Вадим Геннадьевич, аспирант, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» (392000, Российская Федерация, Тамбовская область, Тамбов, ул. Советская, д. 106/5), vgkubasov@yandex.ru.

Никитин Дмитрий Вячеславович, доцент, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» (392000, Российская Федерация, Тамбовская область, Тамбов, ул. Советская, д. 106/5), кандидат технических наук, vacuum2008@yandex.ru.

Родионов Юрий Викторович, профессор, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» (392000, Российская Федерация, Тамбовская область, Тамбов, ул. Советская, д. 106/5), доктор технических наук, rodionow.u.w@rambler.ru.

Филатов Иван Сергеевич, доцент, ТОГБПОУ «Приборостроительный колледж» (392000, Российская Федерация, Тамбов, Моршанское шоссе, 17), кандидат технических наук, ridder@mail.ru.

About the authors:

Vadim G. Kubasov, Postgraduate student, Tambov State Technical University (392000, Russian Federation, Tambov, Sovetskaya St., 106/5), vgkubasov@yandex.ru.

Dmitry V. Nikitin, Associate Professor, Tambov State Technical University (392000, Russian Federation, Tambov, Sovetskaya St., 106/5), Candidate of Technical Sciences, vacuum2008@yandex.ru.

Yuri V. Rodionov, Professor, Tambov State Technical University (392000, Russian Federation, Tambov, Sovetskaya St., 106/5), Doctor of Technical Sciences, rodionow.u.w@rambler.ru.

Ivan S. Filatov, Associate Professor, Tambov College of Instrument Engineering (392000, Russian Federation, Tambov, Morshanskoe highway, 17), Candidate of Technical Sciences, ridder@mail.ru.

УДК 378.663:001:631.372(092)

ЗАРОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ НАУКИ О ТРАКТОРЕ В СТЕНАХ ТИМИРЯЗЕВСКОЙ АКАДЕМИИ

В. В. Шаров
Музей памяти Лопасненского края, г. Чехов, Российская Федерация

***Аннотация**. В статье отражён вклад учёных Тимирязевской академии в становление науки о тракторе, приведены первоначальные теоретические и практические работы в области создания тракторной техники.*
***Ключевые слова**: наука о тракторе, В. П. Горячкин, П. М. Белянчиков.*

THE BIRTH AND DEVELOPMENT OF TRACTOR SCIENCE AT THE TIMIRYAZEV ACADEMY

V. V. Sharov
Museum of Memory of the Lopasny region, Chekhov, Russian Federation

***Abstract.** The article reflects the contribution of scientists from the Timiryazev Academy to the development of tractor science, and provides initial theoretical and practical work in the field of tractor technology development.*
***Keywords:** tractor science, V. P. Goryachkin, P. M. Belyanchikov.*

Появление и развитие *науки о тракторе* было обусловлено созданием и активным применением механического двигателя в самоходных машинах различных конструкций. Одним из мест зарождения новой науки стал Московский сельскохозяйственный институт (МСХИ), с 1923 г. – Тимирязевская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева (ТСХА).

В 1913 году, когда открылась Машиноиспытательная станция, В. П. Горячкин направил В. А. Желиговского в Киев для участия в испытаниях американских тракторов. Это событие стало началом работы учёных МСХИ-ТСХА по тракторной тематике. В 1915 году на МИС был сформирован Тракторный отдел.

Научные аспекты по трактору отражались в теоретических трудах и практической деятельности В. П. Горячкина. Его труды, а также труды его коллег и учеников в рамках нового научного направления были новаторскими. Можно утверждать, что в стенах ТСХА сформировалась «горячкинская» научно-педагогическая школа в создании и развитии *науки о тракторе*.

Работая над систематизацией знаний по теории обработки сельскохозяйственных материалов, В. П. Горячкин в 1919 году опубликовал свой эпохальный труд «Земледельческая механика», в котором анализируется и конструкция трактора [1]. В. П. Горячкин изложил теорию колёс трактора, обосновал совершенствование эксплуатационных характеристик двигателя и

ориентацию его продольной оси относительно хода трактора, сформулировал рекомендации по совершенствованию движителей. Им была показана возможность применения физических законов к обоснованию конструкции трактора. На этапе формирования *науки о тракторе* это явилось значительным вкладом в её теоретическую часть.

В дальнейшем В. П. Горячкин системно развивал общие идеи, изложенные им в «Земледельческой механике». Так, излагая вывод зависимости для определения силы тяги, он указывал, что предлагаемая формула является универсальной, охватывает все виды техники, в том числе она применима и к трактору.

В 1927 году в работе по теории плуга, В. П. Горячкин указал, что «*наивыгоднейшая*» скорость трактора должна учитывать необходимый запас «*работоспособности трактора*». В формализованном виде он доказал, что сопротивление плуга с увеличением скорости резко возрастает (по параболе), даже при небольшом повышении скорости работоспособность (мощность) трактора должна увеличиваться в значительной мере.

В 1929 году В. П. Горячкин публикует работу, где им установлено, что увеличение поступательной скорости плуга в 6 раз ведёт к увеличению силы тяги на 25 %, а необходимая мощность для его привода увеличивается в 7 раз. На основании чего он сделал вывод, что повышение производительности пахотного агрегата за счёт увеличения скорости требует увеличения мощности трактора пропорционально увеличению его скорости. Эта зависимость стала одним из элементов нарождающейся теории по динамике трактора.

С организацией на МИС в 1915 году Тракторного отдела В. П. Горячкин принимает на работу А. Н. Судакова (1884-1923 гг.). Он специализировался по двигателям внутреннего сгорания и был знаком с тракторной тематикой, так как был членом редколлегия журнала «Автомобилист» [2]. Прослушав курс В. П. Горячкина по «Земледельческой механике», он стал участником «горячкинской» школы и посвятил себя изучению зарождающегося тракторного дела в России. В 1916 году вышла его статья «Тракторы». В этом научном труде были рассмотрены причины медленного внедрения тракторов в России, а также: сделан анализ применения трактора на различных видах работ в сельском хозяйстве; изучены сцепные свойства движителей трактора; проанализированы конструкции трансмиссий и подвесок тракторов; проведена оценка двигателей различного исполнения применительно к трактору. Данная статья стала началом формирования *науки о тракторе* в нашей стране. Эта область науки как самостоятельная дисциплина стала развиваться по двум разделам: *Теория трактора* и *Конструирование и расчёт трактора*.

Весомую роль в развитии «горячкинской» школы в нарождающейся *науке о тракторе* сыграло поступление в Петровскую академию (ПСХА) в сентябре 1918 года Павла Михайловича Белянчикова (1886-1940 гг.) [3].

Белянчиков П. М. во время Первой мировой войны служил в Тракторном отделе Военной Автомобильной Школы. Здесь он заведовал учебной частью, обучал солдат устройству, вождению и ремонту тракторной техники.

В 1918 году П. М. Белянчиков стал коллегой и соратником В. П. Горячкина

на долгие годы, он органично влился в ряды «горячкинской» научной школы в области тракторного дела. С началом своей деятельности Павел Михайлович стал вести учебные курсы «Двигатели» и «Автотракторное дело». В 1919 году он выпустил учебник для студентов «*Двигатель внутреннего сгорания*», где подробно описывались принципы работы и устройство тракторных двигателей, их регулировка и эксплуатация. В 1921 году выходит его книга «*Тракторы*». Эти учебники по тракторному делу были первыми, изданными в нашей стране.

С формированием в 1922 году в академии инженерного факультета была образована кафедра «Мотокультура», именно по ней П. М. Белянчиков 22.12.1922 был утверждён в должности профессора и был её заведующим [4]. Преподавая тракторное дело, П. М. Белянчиков занимался испытательной работой на МИС. Здесь под руководством В. П. Горячкина проходили испытания тракторной техники. Непрерывный испытательный процесс требовал уточнение методик испытаний, совершенствование приборного оборудования и т.п. Всё это вело к накоплению объёмного банка экспериментальных данных, что формировало необходимую практическую базу для *науки о тракторе*.

Придавая исключительное значение внедрению тракторной техники на селе, П. М. Белянчиков постоянно публиковал свои работы и являлся популяризатором тракторного дела. За 1918-1930 гг. им написано 17 книг и 7 статей в журналах. Под его редакцией были выпущены 5 книг и 4 серии плакатов по тракторам. В своей области знаний он был несомненным лидером в указанные годы. Его печатные труды явились действенным вкладом в становлении *науки о тракторе.* Конструкторы, инженеры, учёные пользовались его книгами при создании новых тракторных конструкций.

Высокий авторитет П. М. Белянчикова, позволил ему стать в 1927 году председателем жюри Всесоюзного конкурса испытаний тракторов, именно там определялась марка трактора для налаживания массового производства в СССР.

Значительным вкладом П. М. Белянчикова, как одного из участников «горячкинской» школы в развитие *науки о тракторе* является педагогическая деятельность. Разработанная им в 1918 году методика преподавания курса «Автотракторное дело» и написанные учебники в 1919-1921 гг. для студентов ВУЗов, заложили основу дисциплины «*Тракторы и автомобили*». Содержательные лекции и практические занятия П. М. Белянчикова будили интерес у студентов к тракторной тематике, а опыт педагога выявлял среди них талантливых инженеров, которые привлекались к совместной работе и впоследствии становились участниками и продолжателями «горячкинской» школы в тракторостроении.

В работе «горячкинской» школы по созданию основ *науки о тракторе* участвовал и Д. К. Карельских (1888-1953 гг.). Будучи руководителем Тракторного отдела НАМИ, он постоянно сотрудничал с МИС Тимирязевской академии при испытаниях тракторов. С образованием на базе МИС Института сельскохозяйственной механики (ИСХМ), он с сентября 1928 года перешёл на работу к В. П. Горячкину. Будучи опытным учёным в области тракторостроения Д. К. Карельских существенно усилил испытательный потенциал нового института. Его трудами были созданы специальные испытательные стенды и

разработаны теоретические основы проведения испытаний сложной самоходной техники, что явилось существенным вкладом в *науку о тракторе*.

С образованием в 1930 году Московского института механизации и электрификации сельского хозяйства (МИМЭСХ) Д. К. Карельских назначили заведующим кафедрой «Тракторы и автомобили». Он организовывал учебный процесс и комплектовал сотрудниками учебное подразделение. Успешно решая эти вопросы, он способствовал значительному расширению учебного курса по тракторному делу за счёт включения в учебную программу новой уже сформировавшейся к тому времени дисциплины – *«Теория и расчёт тракторов»*. Сотрудником новой кафедры был и известный учёный профессор Е. Д. Львов. Через обучение студентов инженерному делу, в том числе *науке о тракторе* всемерно развивало и усиливало научную «горячкинскую» школу в тракторостроении. Подготовленные теоретически и имея навыки практической работы, молодые инженеры выпускники МИМЭСХ создавали новые тракторные конструкции, налаживали массовое производство тракторов, проводили тракторизацию страны и механизацию сельского хозяйства [5-7].

Проведённые исследования показали, что уже в ранних письменных трудах В. П. Горячкина разрабатывались теоретические вопросы, связанные с *наукой о тракторе*. На МИС возглавляемой В. П. Горячкиным разрабатывались методики испытаний, приборное оборудование для проведения исследований тракторов, непрерывно формировался банк экспериментальных данных.

Соратники и коллеги В. П. Горячкина – А. Н. Судаков, П. М. Белянчиков, Д. К. Карельских и др. обобщали опыт использования тракторов, анализировали их конструкции, совершенствовали оборудование для испытаний. Разрабатывали учебные планы, писали учебники, обучали и воспитывали инженеров для дальнейшего развития *науки о тракторе*. Их последователи Н. Д. Лучинский, Д. А. Чудаков, В. Н. Болтинский, В. И. Анохин, Е. М. Харитончик и др. продолжили дело своих учителей, существенно развив и обогатив *науку о тракторе*.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаров, В. В. Аспекты наследия академика В. П. Горячкина / В. В. Шаров // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 3. – С. 65-71. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-3-65-71.

2. Автомобилист. – 1911. – № 2. – С. 33.

3. Шаров, В. В. Вклад профессора П. М. Белянчикова в тракторостроение СССР / В. В. Шаров // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, № 4. – С. 35-43. – DOI 10.26897/2687-1149-2024-4-35-43.

4. Справка Учёного Совета Наркомпроса № 616. – ГАРФ, Ф. А-463, О.3, Д. 130.

5. Академик ВАСХНИЛ Василий Николаевич Болтинский / Г. М. Кутьков, М. Н. Ерохин, О. Н. Дидманидзе, А. Ю. Алипичев // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный

агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2019. – № 1(89). – С. 66-72.

6. Трухачев, В. И. Перспективы тракторостроения в России / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин // Чтения академика В. Н. Болтинского : Сборник статей, Москва, 17-18 января 2024 года. – М. : Российский государственный аграрный университет, ООО «Сам Полиграфист», 2024. – С. 43-53.

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.

Об авторе:

Шаров Владимир Васильевич, методист, Музей памяти Лопасненского края (142306, Российская Федерация, Московская обл., Чехов, ул. Чехова, д. 28), кандидат технических наук, sharov_vv56@mail.ru.

About the author:

Vladimir V. Sharov, Methodist, Museum of Memory of the Lopasnensky Territory (142306, Russian Federation, Moscow Region, Chekhov, Chekhov St., 28), Candidate of Technical Sciences, sharov_vv56@mail.ru.

УДК 378.663:001:631.372(092)

НАЧАЛЬНЫЕ ШАГИ В ТРАКТОРНОЙ НАУКЕ АКАДЕМИКА В. Н. БОЛТИНСКОГО

В. В. Шаров
Музей памяти Лопасненского края, г. Чехов, Российская Федерация

***Аннотация**. В статье отражено участие профессоров ТСХА в становлении В. Н. Болтинского, как учёного и педагога. Приведены первые научные работы будущего академика и отражён его профессиональный рост с 1927 по 1933 гг.*
***Ключевые слова**: тракторы, В. П. Горячкин, П. М. Белянчиков, В. Н. Болтинский.*

THE FIRST STEPS IN TRACTOR SCIENCE BY ACADEMICIAN V. N. BOLTINSKY

V. V. Sharov
Museum of Memory of the Lopasny region, Chekhov, Russian Federation

***Abstract.** The article reflects the participation of TLCA Professors in the development of V. N. Boltinsky as a scientist and teacher. The first scientific works of the future academician are given and his professional growth from 1927 to 1933 is reflected.*
***Keywords:** tractors, V. P. Goryachkin, P. M. Belyanchikov, V. N. Boltinsky.*

В период Гражданской войны (1918-1922 гг.) многие организации, в том числе образовательные, не функционировали в нашей стране, однако Петровская сельскохозяйственная академия (ПСХА) продолжала вести обучение немногочисленных студентов. Одним из них был и Василий Болтинский, который из Астраханского университета был переведён в Москву и стал обучаться с 1922 года на инженерном факультете академии [1].

На факультете была кафедра «Мотокультуры», которую, по всей видимости, выбрал студент В. Н. Болтинский для специализации обучения. Под этим термином подразумевались машины, оснащённые двигателями (тракторы, автоплуги, локомобили и т.п.). На кафедре «Мотокультура» лекционные и практические занятия по курсам «Двигатели» и «Автотракторное дело» вёл профессор П. М. Белянчиков, известный специалист по тракторостроению [2].

Полученные знания в области земледельческой механики и тракторной техники, по всей видимости, увлекли В. Н. Болтинского, так как после окончания обучения в 1927 году он зачисляется практикантом в Тракторный отдел Машиноиспытательной станции (МИС) ТСХА. В этот период МИС была одной из ведущих организаций в нашей стране по испытаниям тракторной техники. Здесь сосредотачивалась и формировалась вся информационная база по тракторостроению что, несомненно, оказывало влияние на В. Н. Болтинского.

Постоянный рост исследований на МИС побудил учёных ТСХА выступить

с инициативой о создании новой научной организации призванной развивать сельскохозяйственное машиностроение страны. Уже в 1928 году на базе МИС был сформирован Институт сельскохозяйственной механики (ИСХМ), во главе с В. П. Горячкиным. Сотрудниками нового института в основном стали преподаватели и выпускники ТСХА в их числе был и В. Н. Болтинский зачисленный в Тракторный отдел стажёром. В штате был и Д. К. Карельских, известный специалист, занимающийся тракторной тематикой в НАТИ.

Рисунок 1 – В. Н. Болтинский за рулём трактора «Фордзон», 1928 г.

Совместной деятельностью МИС и ИСХМа в 1928 году стала работа по испытанию газогенераторных установок на тракторе «Фордзон» [3]. В. Н. Болтинский был непосредственным исполнителем данной работы, что подтверждает известная фотография, где он позирует, находясь за рулём трактора «Фордзон» оснащённого газогенераторной установкой системы «Барбье».

Актуальность этой работы заключалась в том, что дефицитное нефтяное топливо можно было заменить древесным углём. Для выявления особенностей работы таких систем испытаниям были подвергнуты французские газогенераторные установки «Автогаз» (Autogaz) и «Барбье» (Barbier). Они монтировались на тракторе «Фордзон», который работал как на керосине, так и на газовой смеси, которая вырабатывалась при беспламенном горении древесного угля.

Испытатели, в числе которых был и В. Н. Болтинский установили, что мощность трактора «Фордзон» при работе на газе меньше, чем при работе на керосине. С установкой системы «Автогаз» она уменьшалась на 34…38 %, с установкой «Барбье» – на 46…57 %. Расход угля колебался в зависимости от нагрузки и типа газогенератора в пределах 608…770 г/л.с. ч.

Такая работа выполнялась одной из первых в СССР и, несомненно, оказала воздействие на последующие исследования, которые привели к серийному производству тракторов с газогенераторными установками. В Челябинске выпускался трактор С-65Г с 1936 г., а в Харькове – трактор ХТЗ-Т2Г с 1938 г.

Испытывая тракторную технику, В. Н. Болтинский мог видеть, что тракторы «Фордзон» и «Фордзон-Путиловец» при работе с двухкорпусным плугом были «недогружены», а для работы с трёхкорпусным плугом мощности

им не хватало. Это обстоятельство определило, скорее всего, не без подсказки научного руководителя тему его дипломного проекта: создание трактора для работы с трёхкорпусным плугом. Интересным решением в этой работе был выбор типа двигателя для проектируемого трактора. В. Н. Болтинский заложил в дипломный проект 2-х тактный нефтяной двигатель системы Юнкерса, который работал на сырой нефти и был оригинальным по конструктивному исполнению [4]. В каждом цилиндре имелось два встречно направленных поршня, из которых нижний соединялся с коленчатым валом шатуном обычного типа, а верхний – специальными удлинёнными двумя шатунами, которые проходили с внешних боков цилиндра. Двигатель работал по принципу дизеля и не нуждался ни в магнето, ни в карбюраторе, расход топлива составлял 175…180 г/л.с.ч. Мощность двухцилиндрового двигателя равнялась 45 л.с. при 1200 об/мин.

Работая в 1928-1929 гг. над проектом трактора, В. Н. Болтинский показал себя квалифицированным конструктором и грамотным исследователем. Проводя необходимые расчёты, он должен был применить все знания, полученные в академии. Дипломный проект на тему «Конструкция трактора с бескомпрессорным дизель-мотором по типу «Юнкерса» для работы с 3 х 14" плугом» был защищён В. Н. Болтинским в декабре 1929 года [1]. Руководителем проекта, скорее всего, был профессор П. М. Белянчиков.

В 1929 году В. Н. Болтинского назначают руководителем Группы испытаний тракторов в ВИСХОМе. В этом же году, возможно по рекомендации П. М. Белянчикова он начинает вести преподавательскую работу на кафедре «Тракторы» в ММЭИ им. М. В. Ломоносова, где заведующим кафедрой был профессор Е. Д. Львов, там же по совместительству работал профессор П. М. Белянчиков.

Авторитет, квалификация и знания В. Н. Болтинского непрестанно возрастали. В 1930 году в ВИСХОМе он становится заместителем заведующего Тракторным отделом и участвует в испытаниях тракторов различных моделей, поступивших из зарубежных стран: Виккерс, Штумпф, Бульдог НК-4, Ланд-Бульдог Н 5, Шкода-модель 105 х 140 и Шток [1].

В 1930 году по инициативе В. П. Горячкина образуется новый учебный институт МИМЭСХ, куда переводятся инженерные кафедры из ТСХА. Кафедра «Мотокультура», которой руководил П. М. Белянчиков, трансформируется в кафедру «Тракторы и автомобили» с более углублённым изучением теоретических аспектов тракторной и автомобильной науки. Естественным было ожидать, что новую кафедру возглавит профессор П. М. Белянчиков, много сделавший на педагогическом поприще в ТСХА и ММЭИ. Однако происходит непредвиденное событие, он подвергается аресту по политическим мотивам в феврале 1930 года. В этой ситуации кафедру в МИМЭСХе возглавил Д. К. Карельских опытный педагог и известный учёный в тракторостроении.

В. Н. Болтинский, уже с приобретённым опытом преподавательской работы в ММЭИ им. М. В. Ломоносова с 1930 года продолжил заниматься этой деятельностью в новом ВУЗе, ведя курс «Тракторы» на должности доцента кафедры «Тракторы и автомобили» по совместительству. Основная его работа

была в ВИСХОМе, где проходили интенсивные испытания тракторной техники.

В 1933 году, согласно принятому ещё в 1930 году решению, вся научная деятельность по тракторной тематике из ВИСХОМа, передается в профильный институт НАТИ, в этой связи В. Н. Болтинский целиком переходит на преподавательскую работу в МИМЭСХ. В этом же году Д. К. Карельских переводится на работу в Московский автомеханический институт (МАМИ), на его место заведующего кафедрой «Тракторы и автомобили» МИМЭСХ был назначен молодой учёный В. Н. Болтинский [5-8].

Из приведённого выше видно, как формировался учёный-тракторостроитель, устремлённый на решение не простых задач в деле создания тракторной техники. Благодаря своему таланту и необычайной трудоспособности В. Н. Болтинский за шесть лет прошёл путь от выпускника ТСХА до заведующего кафедрой МИМЭСХ. Занимаясь испытаниями тракторной техники, исследуя влияние её параметров на качественные показатели работы и делясь своими, постоянно пополняющимися знаниями со студенческой аудиторией он рос, как учёный-педагог, повторяя путь своих учителей.

Его наставники – профессора В. П. Горячкин, П. М. Белянчиков, Е. Д. Львов, доцент Д. К. Карельских смогли передать свои знания и устремления молодому учёному-педагогу В. Н. Болтинскому, который с честью продолжил дело своих учителей, существенно развив науку о тракторе, создав собственную научную школу в отечественном тракторостроении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оришев, А. Б. В. Н. Болтинский и становление отечественного тракторостроения : монография // А. Б. Оришев, А. Б. Грачев. – М. : Издательские решения, 2022. – 172 с. – ISBN 978-5-0056-8994-8.

2. Шаров, В. В. Вклад профессора П. М. Белянчикова в тракторостроение СССР / В. В. Шаров // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, № 4. – С. 35-43. – DOI 10.26897/2687-1149-2024 -4-35-43.

3. Белянчиков, П. М. Газогенераторы для автотяги: (Для автомобилей и тракторов): Описание конструкций и результаты их испытаний / П. М. Белянчиков. – М. : Книгосоюз, 1929. – 94 с.

4. Фаусек, Н. Автомобильные дизель-моторы / Н. Фаусек // За рулём. – 1929. – № 6. – С. 18.

5. Академик ВАСХНИЛ Василий Николаевич Болтинский / Г. М. Кутьков, М. Н. Ерохин, О. Н. Дидманидзе, А. Ю. Алипичев // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2019. – № 1(89). – С. 66-72.

6. Трухачев, В. И. Перспективы тракторостроения в России / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин // Чтения академика В. Н. Болтинского : Сборник статей, Москва, 17-18 января 2024 года. – М. : Российский

государственный аграрный университет, ООО «Сам Полиграфист», 2024. – С. 43-53.

7. 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.

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 авторе:

Шаров Владимир Васильевич, методист, Музей памяти Лопасненского края (142306, Российская Федерация, Московская обл., Чехов, ул. Чехова, д. 28), кандидат технических наук, sharov_vv56@mail.ru.

About the author:

Vladimir V. Sharov, Methodist, Museum of Memory of the Lopasnensky Territory (142306, Russian Federation, Moscow Region, Chekhov, Chekhov St., 28), Candidate of Technical Sciences, sharov_vv56@mail.ru.

УДК 377

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Г. Е. Митягин[1], М. К. Бисенов[2], Г. Ж. Айдарбеков[2]
[1]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация
[2]УО «Кызылординский открытый университет», г. Кызылорда, Республика Казахстан

Аннотация. *Настоящая статья посвящена разработке многоуровневой системы подготовки специалистов, ориентированной на обслуживание и ремонт электрифицированных транспортно-технологических машин и, на данном этапе, как правило, преимущественно электромобилей. Актуальность исследования обусловлена активным проникновение электрифицированных транспортно-технологических машин во все сферы транспорта и производства при этом недостаточная квалификация кадров предприятий технического сервиса не способствует эффективному и безопасному обслуживанию таких машин. Представленная методика направлена на повышение уровня квалификации инженеров путем внедрения инновационных подходов в образовательный процесс, направленных на интеграцию теории и практики. Основной вклад заключается в создании комплексного подхода к обучению, включающего использование специализированных тренажеров и интерактивных методов обучения, что позволяет обучающимся приобретать практические навыки, необходимые для успешного выполнения ремонтных и сервисных операций.*

Ключевые слова*: электромобиль, техническая эксплуатация электромобилей, система подготовки специалистов, модульное обучение, профессиональные компетенции.*

INNOVATIVE APPROACHES TO TRAINING SPECIALISTS IN TECHNICAL OPERATION OF ELECTRIFIED TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES

G. E. Mityagin[a], M. K. Bisenov[b], G. Zh. Aidarbekov[b]
[a]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation
[b]Kyzylorda Open University, Kyzylorda, Republic of Kazakhstan

Abstract. *This article is devoted to the development of a multi-level system of training specialists focused on the maintenance and repair of electrified transport and technological machines and, at this stage, as a rule, mainly electric vehicles. The relevance of the study is due to the active penetration of electrified transport and technological machines into all areas of transport and production, while the insufficient qualifications of personnel at technical service enterprises do not contribute to the effective and safe maintenance of such machines. The presented methodology is aimed at improving the qualifications of engineers by introducing innovative approaches to the educational process that integrate theory and practice. The main contribution is to create a comprehensive approach to training, which includes the use of specialized simulators and interactive teaching methods, allowing students to acquire the practical skills necessary for successful repair and service operations.*
Keywords: *electric vehicle, technical operation of electric vehicles, training system for specialists, modular training, professional competencies.*

Введение

Электромобильная отрасль стремительно развивается во всем мире, и Российская Федерация не остается в стороне от этого тренда, даже несмотря на небольшую долю электромобилей и в продажах, и в парке транспортных средств (Рисунки 1, 2) [1-3]. Электрифицированные транспортно-технологические машины и вовсе пока единичны. Однако, несмотря на это, необходимость изменения парадигмы подготовки специалистов в сфере технического обслуживания и ремонта современных транспортных средств и транспортно-технологических машин становится более явственной.

Рисунок 1 – Динамика продаж электромобилей, шт. [1]

Современные электромобили, гибридные автомобили, а также электрифицированные транспортно-технологические машины, содержащие комбинированные энергоустановки, например, как разрабатываемые на кафедре тракторов и автомобилей в РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева

характеризуются сложной конструкцией, высоким уровнем интеграции электронных компонентов и высокими рисками как в производственной, так и в технической эксплуатации.

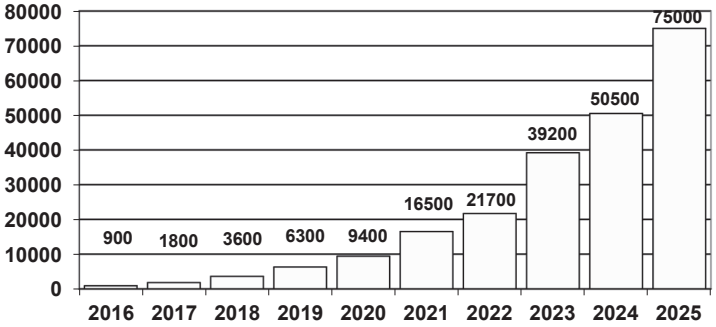


Рисунок 2 – Парк электромобилей в России на конец года, шт. [2, 3]

Согласно данным Международной ассоциации производителей электромобилей, количество электромобилей ежегодно увеличивается примерно на 20 %, даже несмотря на некоторое снижение темпов продаж в 2025 году [4, 5], что существенно увеличивает спрос на квалифицированных специалистов [6, 7]. Вместе с тем, уровень компетенции специалистов, работающих в автосервисах, остается низким, поскольку существующие образовательные программы недостаточны для удовлетворения потребностей индустрии, а проблему обслуживания электрифицированных транспортно-технологических машин и электромобилей предприятия технического сервиса стараются вообще не затрагивать, несмотря на растущий спрос [6].

Важно отметить, что электромобили, гибридные автомобили и перспективные электрифицированные транспортно-технологические машины требуют от специалистов предприятий способности удовлетворять запросы на совершенно новые виды работ, не характерных для конструкции доминирующих в парках транспортных и транспортно-технологических машин. Традиционные программы подготовки автомехаников, ориентированные на двигатели внутреннего сгорания (ДВС), не отвечают требованиям к работе с высоковольтными системами, силовой электроникой, бортовой диагностикой и программным обеспечением современных электромобилей и гибридных автомобилей [8]. Это обуславливает необходимость разработки и внедрения структурированных многоуровневых образовательных систем, способных гибко адаптироваться к динамично развивающимся технологиям.

Зарождение систематической подготовки специалистов по электромобилям за рубежом относится к началу XXI века, когда первые локальные инициативы производителей и профессиональных училищ начали трансформироваться в ответ на рост рынка. К концу 2010-х годов совместная работа автопроизводителей,

образовательных учреждений и государственных органов привела к выработке первых стандартизированных учебных программ [9, 8].

Как указано в исследовании «Рынок программ обучения специалистов по ремонту электромобилей», проведенном аналитическим агентством «DataIntelo» (Индия) [9], объем мирового рынка программ обучения техников по ремонту электромобилей в 2024 году достиг 1,42 миллиарда долларов США, что свидетельствует о значительном росте сектора, обусловленном быстрой электрификацией автомобильной промышленности. По мнению составителей, рынок будет расти со среднегодовым темпом роста в 13,6 % в период с 2025 по 2033 год, достигнув прогнозируемого объема в 4,18 миллиарда долларов США к 2033 году [9]. Эта динамика обусловлена в первую очередь растущим спросом на квалифицированных техников по ремонту электромобилей, во-вторых, распространением моделей электромобилей и, в-третьих, постоянным вниманием к перспективным энергоэффективным транспортным решениям во всем мире.

Ускоренное внедрение электромобилей как в развитых, так и в развивающихся странах является основным фактором роста рынка программ обучения специалистов по ремонту и обслуживанию электромобилей. Автопроизводители и правительства активно инвестируют в инфраструктуру и программы стимулирования развития электромобилей, что приводит к значительному увеличению продаж. Это, в свою очередь, создает существенную потребность в хорошо подготовленных кадрах, способных обслуживать, диагностировать и ремонтировать сложные системы электромобилей. Постоянное совершенствование и одновременное усложнение силовых агрегатов электромобилей, систем управления батареями и программной диагностики требует специализированных программ обучения, что побуждает образовательные учреждения и заинтересованные стороны отрасли расширять и внедрять инновации в программы обучения. Кроме того, переход от автомобилей с двигателями внутреннего сгорания к электромобилям стимулирует поставщиков услуг по обслуживанию автомобилей повышать квалификацию своих сотрудников, что еще больше подпитывает спрос на комплексные программы обучения.

Главной особенностью автосервисной отрасли в России и в прошедшие годы, и в начавшемся 2026 году является наличие постоянного кадрового дефицита даже по традиционным транспортным средствам с ДВС. По оценкам рынка, не хватает 150 тыс. квалифицированных специалистов – до 30 % от потребности. В Москве и Санкт-Петербурге разрыв достигает 40 %, в регионах – в среднем 10…20 %. С января по ноябрь 2025 года число вакансий в автосервисах выросло на 11 % год к году, по данным «Авито Работа». Наиболее дефицитные профессии – автомаляры (+70 %), автожестянщики (+37 %), автоэлектрики (+16 %). Готовность к обслуживанию перспективной техники в данном случае даже не анализировалась. Основной причиной кадрового голода принято считать разрыв между системой подготовки и реальными требованиями бизнеса, старение кадров и высокая текучка. Большинство действующих специалистов старше 45 лет, а команды на станциях технического обслуживания обновляются в среднем до 2 раз в год. Молодые сотрудники уходят в сегменты с

более быстрым доходом и меньшим порогом входа. В такой кадровой ситуации работодатели вынуждены пересматривать подходы. Ставка смещается на ранний подбор персонала через производственную практику, партнерства с колледжами, повышение зарплат и улучшение условий труда. Там, где бизнес вовлечен в обучение, 10…15 % практикантов остаются в штате.

Целью исследования, основанного на компетентностном подходе, является определение инновационных подходов к подготовке специалистов по технической эксплуатации электрифицированных транспортно-технологических машин, результатом реализации которых станет подготовка профессионалов, обладающих необходимым набором знаний и навыков для успешной карьеры в сервисной отрасли. Подготовка специалиста должна включать как фундаментальные знания по электронике и механике, так и глубокие профессиональные умения, позволяющие быстро адаптироваться к новым технологиям и требованиям производства. Именно этот аспект определяет структуру предлагаемой многоуровневой системы подготовки специалистов.

Материалы и методы

Исследование проведено методом системного анализа и синтеза информации из открытых научных публикаций, открытых интернет-ресурсов образовательных организаций, бесплатных отраслевых отчётов (включая данные по рынку ученических программ для техников по технической эксплуатации электромобилей [9]), учебных программ технических колледжей и университетов, а также материалов профильных организаций по стандартизации (общество инженеров автомобильной промышленности (SAE International), ассоциация научного образования (Association for Science Education, ASE), национальная ассоциация противопожарной защиты (National Fire Protection Association, NFPA) и других. Особое внимание уделялось структурированию данных по уровням подготовки, методикам обучения и институциональному взаимодействию.

Результаты

Современная система подготовки специалистов по технической эксплуатации электромобилей, имеет трехуровневую структуру, включающую входной, промежуточный и продвинутый уровни.

Входной уровень предполагает программы для новичков, дающие фундаментальные знания по компонентам электромобиля, основам электротехники и, прежде всего, технике безопасности при работе с высоким напряжением. Промежуточный уровень предполагает подготовку техников, имеющих базовую подготовку и опыт, с углублением в изучение управлением батареями, силовой электроники и программной диагностики. Акцент на этом уровне делается на системном мышлении и соответствии отраслевыми стандартами [8, 9]. Продвинутый уровень построен на дальнейшей специализации для опытных техников в области сложной диагностики высоковольтных систем, часто с фокусом на конкретных брендах или направлениях исследований и разработки, предполагающих повышение конкурентоспособности компаний, разработку новых товаров и услуг, а также оптимизацию производственных процессов. Такие программы готовят кадры для

руководящих ролей и работы с инновационными технологиями, включая интеграцию с искусственным интеллектом [9].

Трехуровневой системе подготовки соответствуют три варианта методологии обучения и три варианта организации практических занятий.

Наиболее простым вариантом является онлайн-обучение. Оно обеспечивает гибкость и доступность, используя симуляторы и виртуальные лаборатории. Однако его эффективность ограничена без доступа к физическому оборудованию [9, 10].

Гибридные программы в настоящее время приняты в качестве эталона массовой подготовки, комбинируя онлайн-теорию, очные мастер-классы и обучение на рабочем месте. Данная модель демонстрирует наиболее высокие показатели уровня успешного завершения программ и трудоустройства [9, 10].

Наиболее сложным является очное обучение в аудиториях, однако оно остаётся критически важным для глубокого освоения теории, нормативов и протоколов безопасности. Недостаток практики компенсируется лабораторными работами и последующим обучением на производстве под руководством наставников.

Для подготовки специалистов по технической эксплуатации электромобилей практическая составляющая занятий имеет очень высокое значение, так как она включает работу с реальными компонентами (батареи, инверторы), диагностику с использованием OBD-II сканеров и мультиметров, а также отработку действий в смоделированных аварийных ситуациях. При этом безопасность работы с высоким напряжением пронизывает все уровни и форматы обучения.

Успех системы подготовки специалистов по технической эксплуатации электромобилей зависит от кооперации множества участников. Так, например, образовательные учреждения (колледжи, университеты, частные образовательные центры) разрабатывают и предоставляют актуальные учебные курсы [11]. Отраслевые партнёры (за рубежом это наиболее значимые производители, например, Tesla, Toyota, GM, Volkswagen и др., в России «Эволют», «Москвич», «Амберавто») обеспечивают связь с практикой, предоставляют оборудование и формируют требования к навыкам [9, 12, 13]. Органы по стандартизации и сертификации (ASE, IMI, NFPA, SAE) играют ключевую роль в оценке компетенций, постоянно обновляя требования в соответствии с изменением конструкции и элементной базы электромобилей [9, 14]. Сертификации (например, Certified EV Technician) становятся значимым индикатором квалификации для работодателей.

Обсуждение

Результатом проведенного исследования стала разработка модели многоуровневой системы подготовки специалистов, состоящей из трех уровней квалификации. Анализируя рынок труда, можно выделить три уровня компетенций, необходимых для специалистов по обслуживанию электромобилей разного уровня квалификации и допуска к технологическим процессам сервисного предприятия.

Уровень 1 «Основы электрики и электроники» – предназначен для техников начального уровня, чья задача состоит в базовом обслуживании и проведении простых технологических операций, чаще относящихся к плановому техническому обслуживанию. Программа включает изучение основ электричества, электроники и основы конструкции электромобилей, меры по обеспечению безопасной работы с высоковольтными системами. Специалисты первого уровня способны проводить первичную диагностику и замену отдельных элементов обслуживаемого или ремонтируемого транспортного средства. Обучение на этом уровне можно осуществлять преимущественно в онлайн-формате, а очные занятия, при их наличии не требуют сложного оснащения учебных аудиторий. В рамках пробной реализации этого уровня, на кафедре тракторов и автомобилей был подготовлен бесплатный онлайн-курс на платформе «Stepik» «ElectroDrive: Твой путь в мир электромобилей» (начальный уровень) на котором в 2025 году обучились почти 400 человек.

Уровень 2 «Специализация по основным узлам» предполагает, что специалисты, достигшие его, обладают знаниями и навыками в ремонте отдельных узлов электромобиля, таких как тяговая батарея, электродвигатель и зарядные устройства. Они умеют проводить более детальную диагностику и устранять неисправности средней степени сложности. Ключевые задачи в ремонте электромобилей на этом уровне предполагают более пристальное внимание к трём зонам: высоковольтная цепь и изоляция; High Voltage Interlock Loop (HVIL) («Петля блокировки высокого напряжения») система безопасности, применяемая в электромобилях и гибридных автомобилях, оснащенных высоковольтными системами электропитания; зарядка и бортовое зарядное устройство.

Базовым минимумом на этом уровне считается понимание цепочки: высоковольтная тяговая батарея → контакторы → инвертор → электромотор; умение читать схемы высоковольтной цепи; навык работы с мегомметром, оценивая сопротивление изоляции; умение по схеме с использованием сканера находить сбой в HVIL, уметь отличать проблемы электромобиля от проблем зарядной инфраструктуры; понимать схему бортовых зарядных устройств и знать их слабые места (силовая часть, охлаждение, конденсаторы); читать ошибки по коммуникации между электромобилем и зарядной станцией. Типовыми проблемами, которые необходимо решать на этом уровне, считаются попадание охлаждающей жидкости в высоковольтную тяговую батарею, повреждения высоковольтных жгутов, коррозия высоковольтных и низковольтных разъёмов, неплотно вставленные высоковольтные коннекторы, треснувшие корпуса разъёмов, обрывы в низковольтной и высоковольтной проводке после разборочно-сборочных или кузовных работ.

На этом уровне предпочтение следует отдавать практическим занятиям, соответственно, возрастают требования к оснащению учебных аудиторий. Однако набор оборудования и учебных пособий может быть ограниченным, соответственно, капиталовложения в оснащение учебного процесса могут быть не очень большими. Базовым оборудованием для осуществления занятий на этом уровне, например, можно принять автосканер Launch SmartSafe P01 EV, тестер сопротивления изоляции Launch ES200 EV, двухканальный осциллограф с

функцией мультиметра Launch EM101N, токовые клещи Launch EG100EV с возможностью интеграции со сканером, подъемник ножничный мобильный Launch LT150EV и инструментальную тележку Launch TT76EV [15]. Дополнять серийное оборудование могут оригинальные стенды реализующие на своей элементной базе определенные траектории подготовки [16, 17].

Уровень 3 «Экспертиза в полной диагностике и восстановлении» в дополнение к знаниям и навыкам в ремонте отдельных узлов электромобиля, полученным на втором уровне, предусматривает наличие глубокого понимания всех технических особенностей и процессов, происходящих внутри электромобиля. Эксперты третьего уровня проводят полную диагностику и восстановление электромобиля и его аккумуляторной батареи после серьезных повреждений и поломок. Набор необходимого технологического оборудования, с которым обучающиеся знакомятся в рамках учебного процесса, дополняется диагностическим устройством аккумуляторной батареи электромобиля Launch ELT500, высоковольтным эквалайзером Launch ELB300, устройством для выравнивания степени заряда ячеек тяговой батареи Launch EVB624, детектор герметичности системы жидкостного охлаждения тяговой батареи и других контуров охлаждения Launch EVT511 [15].

Предлагаемый подход направлен на последовательное обучение, начиная с базовых навыков и заканчивая высшим уровнем мастерства. Каждая ступень сертификации должна сопровождаться обязательным стажировочным периодом, в течение которого специалист проходит практику в реальных условиях автосервиса. Также такой подход предполагает последовательное дооснащение учебного центра необходимым технологическим оборудованием, сокращая величину единовременных вложений.

Заключение

Многоуровневая система подготовки специалистов по обслуживанию и ремонту электромобилей представляет собой динамичный и комплексный ответ на вызовы технологической трансформации автотранспорта. Её эффективность основывается на чёткой уровневой структуре, сочетании современных гибридных методик обучения, мощном практическом компоненте с акцентом на безопасность и, что наиболее важно, на устойчивом партнёрстве между образовательными учреждениями, отраслью и регулирующими органами. Ключевыми факторами успешной эволюции системы станут её способность к опережающему обновлению контента, преодоление кадрового дефицита в преподавательском составе и активная интеграция в учебные планы навыков для завтрашнего дня, таких как работа с интеллектуальными системами и зарядной инфраструктурой. Дальнейшие исследования целесообразно направить на количественную оценку эффективности различных моделей обучения и анализ региональных особенностей внедрения таких систем. Предложенная система обладает значительным потенциалом для широкого распространения среди образовательных учреждений и автосервисов, заинтересованных в повышении качества подготовки специалистов по обслуживанию и ремонту электромобилей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Продажи новых электромобилей в 2025 году упали на 30 % [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://www.autostat.ru/news/61623/ (дата обращения: 19 января 2026 года).

2. Какие электромобили и гибриды самые распространенные в России? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.autostat.ru/news/60895/ (дата обращения: 15 декабря 2025 года).

2. В России числится порядка 140 тысяч электрокаров и гибридов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.autostat.ru/news/60792/ (дата обращения: 15 декабря 2025 года).

3. Семикашев, В. Развитие рынков электромобилей, батарей и литиевого сырья в мире и в России / В. Семикашев, Й. К. Ростовский, А. Рейнер // Энергетическая политика. – 2025. – № 12(215). – С. 70-87.

4. 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.

5. Юстратова, И. Л. Современный рынок труда и его особенности на автомобильном транспорте / И. Л. Юстратова // Национальные и международные финансово-экономические проблемы автомобильного транспорта. Выпуск 3. – М. : ООО «Издательство «Экон-Информ», 2018. – С. 63-70.

6. Манюшис, А. Ю. Россия на пути трансформаций: отвечая на вызовы XXI столетия. Пространственная организация. Мегаполисы. Образование. Кадры / А. Ю. Манюшис. – М. : Издательский дом «НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА», 2025. – 628 с. – ISBN 978-5-908031-05-9. – DOI 10.36871/978-5-908031-05-9.

7. Employer Insights: The Real Skills Auto Mechanics Need for EV and Hybrid Vehicle Repair in 2025 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://meenz.co.uk/blog/employer-insights-the-real-skills-auto-mechanics-need-for-ev-and-hybrid-vehicle-repair-in-2025/ (дата обращения: 15 декабря 2025 года).

8. Дидманидзе, О. Н. Пути развития транспортных энергоустановок / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов. – М. : ООО «Триада», 2006. – 64 с. – ISBN 5-9546-0035-X.

9. Ахметзянова, Г. Н. Педагогическая система формирования профессиональной компетентности специалистов автомобильного профиля в условиях непрерывного образования : автореферат дис. … д-ра пед. наук : 13.00.08 / Ахметзянова Гулия Наильевна. – Казань, 2011. – 47 с.

10. Формирование университетов как центров технологического лидерства : Результаты мониторинга информации о тенденциях развития высшего образования в мире и в России. / Л. В. Константинова, Е. В. Шубенкова, Д. А. Штыхно [и др.]. – М. : Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, 2025. – 179 с. – ISBN 978-5-7307-2434-1.

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

12. Automotive Electric Vehicle Technician (Программы и степени Школы бизнеса и промышленности «Техник по ремонту электромобилей», Садельбек-колледж) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.saddleback.edu/programs-degrees/school-business-and-industry-programs-and-degrees/automotive-electric-vehicle-technician (дата обращения: 15 декабря 2025 года).

13. State & Local Electric Vehicle Workfofce Resource Hub [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.nlc.org/initiative/state-local-electric-vehicle-workforce-resource-hub/ (дата обращения: 15 декабря 2025 года).

14. Оборудование для диагностики электромобилей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://launch-shop.ru/diagnostika/dlya-elektromobilej.

15. Патент № 2838715 C1 Российская Федерация, МПК G09B 9/00. Комплект учебных стендов-тренажеров для изучения конструкции агрегатов и узлов электромобиля : заявл. 22.10.2024 : опубл. 22.04.2025 / Г. Е. Митягин, Н. Н. Пуляев, М. К. Бисенов [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

16. Учебный стенд для углубленного изучения конструкции современных электрифицированных наземных транспортно-технологических средств / О. Н. Дидманидзе, Г. Е. Митягин, Н. Н. Пуляев [и др.] // Вестник Кызылординского университета имени Коркит-Аты. Сельскохозяйственные науки. – 2025. – № 4 (75). – С. 172-182. – DOI https://doi.org/10.52081/bkaku.2025.v75.i4.295.

Об авторах:

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.

Бисенов Мурат Кылышбаевич, старший преподаватель, ОУ «Кызылординский открытый университет» (120014, Республика Казахстан, Кызылорда, ул. Г. Муратбаева, 72), кандидат технических наук, bufernaya2022@mail.ru.

Айдарбеков Галымжан Жалгасбаевич, старший преподаватель, ОУ «Кызылординский открытый университет» (120014, Республика Казахстан, Кызылорда, ул. Г. Муратбаева, 72).

About the authors:

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.

Murat K. Bisenov, Senior Lecturer, Kyzylorda Open University (120014, Republic of Kazakhstan, Kyzylorda, G. Muratbayeva str., 72), Candidate of Technical Sciences, bufernaya2022@mail.ru.

Galymzhan Zh. Aidarbekov, Senior Lecturer, Kyzylorda Open University (120014, Republic of Kazakhstan, Kyzylorda, G. Muratbayeva str., 72).

УДК 631.372

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

А. Б. Мустаяпова[1], Г. Е. Митягин[2], Е. П. Парлюк[3]
[1]УО «Кызылординский открытый университет», г. Кызылорда, Республика Казахстан
[2]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация
[3]ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Переход на электропривод в сельскохозяйственной технике представляет собой ключевое направление для развития аграрного сектора в ближайшей перспективе. В данной статье рассматриваются основные технологические и операционные методы повышения энергоэффективности тракторных агрегатов с электроприводом. Проведен анализ преимуществ электрических систем, включая нулевые выбросы, снижение шума и эксплуатационных затрат. Подробно описаны такие технологические инновации, как интегрированные электромосты, системы рекуперации энергии и двухдвигательные приводы. Операционные методы охватывают оптимизацию энергопотребления, стратегии управления приводом, улучшение аэродинамики, регулярный аудит и интеграцию возобновляемых источников энергии. Проиллюстрирована практическая реализация и эффективность данных решений. Статья также затрагивает будущие тенденции, такие как широкое внедрение цифровых технологий (IoT, AI), и обсуждает основные вызовы, связанные с переходом на электрическую технику, включая потребность в квалифицированных кадрах и адаптацию нормативной базы.*
Ключевые слова*: электрический трактор, энергоэффективность, электропривод, рекуперация энергии, сельское хозяйство, цифровизация.*

THE MAIN METHODS OF IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF A TRACTOR UNIT WITH AN ELECTRIC DRIVE

A. B. Mustaipova[a], G. E. Mityagin[b], E. P. Parlyuk[c]
[a]Kyzylorda Open University, Kyzylorda, Republic of Kazakhstan
[b]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation
[c]Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The transition to electric drive in agricultural machinery is a key area for the development of the agricultural sector in the near future. This article discusses the main technological and operational methods for improving the energy efficiency of electric tractor units. It analyzes the advantages of electric systems, including zero emissions, reduced noise levels, and lower operating costs. The article also provides detailed descriptions of technological innovations such as integrated electric drives, energy recovery systems, and dual-engine drives. Operational methods include energy consumption optimization, drive control strategies, aerodynamics improvement, regular audits, and the integration of renewable energy sources. The practical implementation and effectiveness of these solutions are illustrated. The article also addresses future trends, such as the widespread adoption of digital technologies (IoT, AI), and discusses the main challenges associated with the transition to electric technology, including the need for skilled personnel and the adaptation of the regulatory framework.*
Keywords: *electric tractor, energy efficiency, electric drive, energy recovery, agriculture, digitalization.*

Введение

Повышение энергоэффективности сельскохозяйственной техники является критически важной задачей в условиях роста требований к экологической безопасности и экономической эффективности предприятий агропромышленного комплекса [1-3]. Традиционные тракторы с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) характеризуются значительным углеродным следом, высоким уровнем шума и существенными эксплуатационными расходами на топливо и техническое обслуживание [4].

Электрические тракторные агрегаты представляют собой прорывную технологию, предлагающую принципиально иной подход. Они обеспечивают нулевые выбросы на месте эксплуатации, что особенно важно для работы в закрытых помещениях (например, складах, теплицах и животноводческих комплексах) и на территориях с чувствительной экологией [5, 6]. Кроме того, электроприводы отличаются высоким крутящим моментом на низких оборотах, повышенной надежностью благодаря уменьшенному количеству движущихся частей, и кардинально более низким уровнем шума [7].

Несмотря на очевидные преимущества, массовому внедрению электрических тракторов препятствуют такие факторы, как высокая начальная стоимость, ограниченный запас хода и необходимость развития зарядной инфраструктуры [8, 9]. В этой связи, оптимизация энергоэффективности становится ключевым рычагом для повышения экономической целесообразности и конкурентоспособности данной технологии.

Целью данной статьи является систематизация и анализ основных методов повышения энергоэффективности тракторных агрегатов с электроприводом, охватывающих как технологические инновации, так и передовые операционные практики.

Методы

Для достижения поставленной цели в работе применен метод системного анализа научно-технической литературы, патентных источников и данных открытых отчетов ведущих производителей сельскохозяйственной техники (ZF, Monarch, New Holland). Исследование базируется на материалах, представленных в общем доступе на информационных цифровых ресурсах, с привлечением дополнительных данных из рецензируемых научных публикаций и аналитических обзоров в области эксплуатации электромобилей и агроинженерии.

Анализ проводился по следующим основным категориям методов повышения энергоэффективности:

- технологические методы, включающие модернизацию силовой установки и трансмиссии;
- конструктивно-аэродинамические методы, включающие оптимизацию конструкции для снижения энергопотерь;
- операционные (эксплуатационные) методы, включающие стратегии управления и подходы к организации использования техники;
- инфраструктурно-управленческие методы, включающие интеграцию в энергосистему хозяйства и управление парком.

Результаты и обсуждение

Ключевым элементом технологических методов повышения энергоэффективности является совершенствование электропривода. Например, внедрение полностью электрифицированных трансмиссий, таких как eTERRAMATIC от ZF, позволяет отказаться от механических узлов, снижая потери на трение и повышая общий КПД системы [2, 3, 5]. Интегрированные электромосты (e-Axles), объединяющие двигатель, редуктор и элементы управления в единый компактный модуль, способствуют снижению массы агрегата и повышению компактности [1, 10].

Системы рекуперации энергии (рекуперативного торможения) являются отличительной чертой электрических машин. При торможении или движении под уклон электродвигатель переходит в режим генератора, преобразуя кинетическую энергию в электрическую и заряжая тяговую батарею. Это позволяет повысить общую энергоэффективность на 15…25 % в циклах с частыми изменениями скорости [11, 12].

Для адаптации к переменным нагрузочным режимам в сельском хозяйстве перспективны двухдвигательные системы (Dual-Motor Systems), которые в настоящее время чаще встречаются в конструкции легковых электромобилей. Они позволяют оптимально распределять мощность между осями или агрегатами в зависимости от условий, избегая работы двигателей в неэффективных зонах [13, 14].

Конструктивно-аэродинамические методы повышения энергоэффективности предполагают, прежде всего, снижение сопротивления воздуха, которое является значительным фактором в первую очередь для транспортных средств, но не исключая тракторы с прицепами. Аэродинамическая оптимизация кузова и уменьшение зазора между тягачом и прицепом с помощью автоматических аэродинамических элементов способны снизить расход энергии на 5…10 % [15]. Использование легких материалов

(алюминиевые сплавы, композиты) снижает массу агрегата, что прямо влияет на энергопотребление, особенно при работе на мягких грунтах [16].

Операционные методы повышения энергоэффективности включают три основных составляющих: оптимизацию энергопотребления путем управления тяговой батареей, совершенствование управления режимами работы электропривода и обеспечение работоспособности всех элементов посредством постоянного мониторинга ключевых технических параметров.

Оптимизация энергопотребления через современные системы управления батареей (BMS) и силовой установкой позволяет согласовать работу генератора (при его наличии) и аккумуляторной батареи для работы в наиболее эффективных точках. Это может снизить эквивалентный расход топлива на 20…30 %. Стратегии управления приводом, основанные на идентификации параметров местности (уклон, сопротивление качению), позволяют адаптировать алгоритмы управления для минимизации энергозатрат. Внедрение приемов экологичного вождения (Eco-driving) – плавные разгоны и торможения, поддержание постоянной скорости – критически важно для максимизации запаса хода [17, 18].

Регулярная диагностика, а предпочтительнее постоянный мониторинг технического состояния агрегатов и узлов, и строгое выполнение регламента технического обслуживания остаются определяющими в обеспечении энергоэффективности. Например, контроль давления в шинах (снижение сопротивления качению), своевременная диагностика узлов ходовой части и электропривода предотвращают дополнительные потери энергии [19].

Реализация инфраструктурно-управленческих методов повышения энергоэффективности требуют интеграции возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в производственную и техническую инфраструктуру эксплуатирующего предприятия, создавая таким образом синергетический эффект. Например, установка солнечных панелей на крышах ангаров для подзарядки тракторов позволяет снизить нагрузку на сеть и перейти к практически нулевым выбросам на протяжении всего жизненного цикла тракторных агрегатов.

Управление парком и логистикой с использованием данных телематики помогает оптимизировать маршруты, планировать зарядку в периоды низкого тарифа на электроэнергию и эффективно распределять технику по задачам, избегая холостой работы [20].

Практическое воплощение методов обеспечения энергоэффективности тракторных агрегатов частично продемонстрировано американским стартапом «Monarch Tractor» [21]. В рамках этого проекта была осуществлена интеграцию электропривода, автономной системы управления и системы сбора и анализа данных. Теоретически, его система рекуперации энергии и алгоритмы оптимизации маршрута показывают значительное снижение энергопотребления на гектар по сравнению с традиционными аналогами [21]. Всего было выпущено около 500 тракторов модели MK-V и в настоящее время предприятие испытывает трудности в том числе и из-за претензий к возможностям автономной работы.

Трактор «New Holland T4 Electric Power» с батареей 110 кВт·ч подтверждает практическую пригодность для многих сельскохозяйственных

операций средней интенсивности, обеспечивая полный рабочий день без подзарядки, что доказывает достигнутый уровень энергоэффективности [7].

Основными проблемами при попытках более широкого применения тракторных агрегатов с электроприводом являются высокая стоимость батарей, необходимость развития зарядной инфраструктуры в удаленных районах, в том числе в местах непосредственной работы машин, а также дефицит квалифицированных специалистов для обслуживания высокотехнологичной техники [2, 3, 5].

Будущее развитие связано с дальнейшей интеграцией цифровых технологий: интернета вещей (IoT) для мониторинга состояния техники и почвы, и искусственного интеллекта (AI) для предиктивной аналитики и полностью автономного управления. Это позволит перейти от точечной оптимизации агрегата к оптимизации всей агротехнологической цепочки. Прогнозируется, что к 2030 году доля электрических машин в парке специализированной сельскохозяйственной техники в развитых странах может превысить 30 %.

Заключение

Повышение энергоэффективности тракторных агрегатов с электроприводом представляет собой комплексную задачу, требующую одновременного прогресса в нескольких областях. Технологические инновации в области силовых установок создают основу для высокого КПД. Конструктивные улучшения и аэродинамика снижают паразитные потери. Однако, максимальный эффект достигается только при грамотной эксплуатации, включающей экологичное энергоэффективное вождение машины, применение систем и алгоритмов управления энергией, а также более полную интеграцию с ВИЭ при наличии возможности их использования.

Современные электрические тракторы уже сегодня являются не экспериментальными, а коммерчески жизнеспособными решениями для ряда технологических операций возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивая существенную экономию средств и снижение экологической нагрузки. Дальнейшее внедрение технологий электропривода, автономности и цифровизации определит новый стандарт эффективности в сельском хозяйстве. Для ускорения перехода необходима скоординированная работа производителей техники, аграриев, научного сообщества и органов власти по созданию стимулирующей нормативной базы и программ переподготовки кадров.

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. Электротракторы сельскохозяйственного назначения: проблемы и перспективы развития / И. В. Фадеев, И. А. Успенский, С. Д. Фомин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2025. – № 4(82). – С. 492-502. – DOI 10.32786/2071-9485-2025-04-52.

3. Электрическая мобильная техника в сельском хозяйстве: проблемы и перспективы / И. В. Фадеев, И. А. Успенский, С. Д. Фомин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2024. – № 3(75). – С. 366-376. – DOI 10.32786/2071-9485-2024-03-42.

4. 2021. Spatial and Temporal Analysis of the Total Cost of Ownership for Class 8 Tractors and Class 4 Parcel Delivery Trucks [Электронный ресурс] / Hunter, Chad, M. Penev [et al.] // Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. – Режим доступа: https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/71796.pdf.

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. Пути развития транспортных энергоустановок / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов. – М. : ООО «Триада», 2006. – 64 с. – ISBN 5-9546-0035-X.

7. ТОП-5 новых электротракторов, уже доступных на рынке // Наше сельское хозяйство. – 2023. – № 1(297). – С. 42-47.

8. 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.

9. Energy-saving drive control strategy for electric tractors based on terrain parameter identification / L. Zhen-hao, X. Bin, T. Yi-kun [et al.] // Applied Energy. – 2024. – Vol. 376, Part A. – Pp. 124230. – DOI 10.1016/j.apenergy.2024.124230.

10. Митягин, Г. Е. Теоретические основы модернизации транспортно-технологических машин установкой электропривода / Г. Е. Митягин, М. К. Бисенов // Международный технический журнал. – 2024. – № 6(94). – С. 61-79. – DOI 10.34286/2949-4176-2024-94-6-61-79.

11. Медалисты Agritechnica Innovation Awards // Наше сельское хозяйство. – 2023. – № 19(315). – С. 56-65.

12. Марков, Ю. А. Перспектива использования трактора с электроприводом / Ю. А. Марков, Е. Э. Карелова, А. В. Бижаев // Промышленность и сельское хозяйство. – 2023. – № 10(63). – С. 23-26.

13. Design and verification innovative approach of dual-motor power coupling drive systems for electric tractors / Ch. K. Wen, Sh. Li. Zhang, B. Xie [et al.] // Energy. – 2022. – Vol. 247. – P. 123538. – DOI 10.1016/j.energy.2022.123538.

14. Efficiency Analysis of Electric Vehicles with AMT and Dual-Motor Systems / Zh. Wang, X. Qu, Q. Cai [et al.] // World Electric Vehicle Journal. – 2024. – Vol. 15, № 5. – P. 182. – DOI 10.3390/wevj15050182.

15. Wood R., Bauer S. Simple and low-cost aerodynamic drag reduction devices for tractor-trailer trucks. // SAE Transactions. – 2003. – Vol. 112, No. 2. – Pp. 143-160. – DOI 10.4271/2003-01-3535.

16. Quality and Efficiency of a Brain-Smart Electric Tractor Unit Operation Control Mechanism: Instant Information Interaction and Collaborative Task Management / Z. Luo, Q. Zhu, M. Liu [et al.] // Engineering. – 2025. – Vol. 52. – Pp. 217-228. – DOI 10.1016/j.eng.2025.02.019.

17. Charging Needs for Electric Semi-Trailer Trucks / B. Borlaug, M. Moniot, A. Birky, M. Alexander, M. Muratori // Renewable and Sustainable Energy Transition. – 2022. – Vol. 2. – Art. no. 100038. – DOI 10.1016/j.rset.2022.100038.

18. 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.

19. Агравал, Ш. Информационный бюллетень «Будущее грузоперевозок: электрические грузовики (2023)» [Электронный ресурс] / Ш. Агравал. – Режим доступа: https://www.eesi.org/papers/view/fact-sheet-the-future-of-the-trucking-industry-electric-semi-trucks-2023.

20. Темченко, Г. А. Анализ затрат на грузоперевозки: как снизить расходы / Г. А. Темченко, Г. Е. Митягин // 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. 364-365.

21. Electric Tractors in China: Current Situation, Trends, and Potential / H. Yang, F. Wu, F. Gu [et al.] // World Electr. Veh. J. – 2025. – No. 16. – DOI org/10.3390/wevj16090486.

Об авторах:

Мустаяпова Асем Бауыржановна, магистр сельскохозяйственных наук, ОУ «Кызылординский открытый университет» (120014, Республика Казахстан, Кызылорда, ул. Г. Муратбаева, 72).

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.

Парлюк Екатерина Петровна, профессор, ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (105005, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Басманный, ул. 2-я Бауманская, д. 5, с. 1), доктор технических наук, профессор.

About the authors:

Asem B. Mustayapova, Master of Agricultural Sciences, Kyzylorda Open University (120014, Republic of Kazakhstan, Kyzylorda, G. Muratbayeva str., 72).

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.

Ekaterina P. Parlyuk, Professor, Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya Street, 5, Building 1), Doctor of Technical Sciences, Professor.

УДК 004.932.2

УМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЦИФРОВИЗАЦИИ НЕФТЕСКЛАДОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

С. А. Нагорнов[1], С. Ю. Левин[2], В. Ф. Калинин[3], Ю. В. Мещерякова[1,3]

[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов, Российская Федерация

[2]ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», г. Липецк, Российская Федерация

[3]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Российская Федерация

Аннотация. *Представлены результаты цифровизации в агропромышленном комплексе, которая решает задачи по повышению экономической эффективности и стабильности функционирования всех уровней его иерархии за счет трансформации и оцифровки управленческих решений для технологических процессов и систем принятия решений сельскохозяйственных нефтескладов.*

Ключевые слова: *цифровизация, АПК, умный нефтесклад, хранение топлива.*

SMART TECHNOLOGIES FOR MODELING AND DIGITALIZATION OF OIL STORAGE FACILITIES IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

S. A. Nagornov[a], S. Yu. Levin[b], V. F. Kalinin[c], Yu. V. Meshcheryakova[a,c]

[a]All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation

[b]Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russian Federation

[c]Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation

Abstract. *The results of digitalization in the agro-industrial complex are presented, which solves the problems of increasing the economic efficiency and stability of functioning of all levels of its hierarchy by transforming and digitizing management decisions for technological processes and decision-making systems of agricultural oil depots.*

Keywords: *digitalization, agro-industrial complex, smart oil depot, fuel storage.*

Анализ научных исследований позволил определить основные цифровые технологии в сельском хозяйстве, среди которых современные геоинформационные системы (ГИС), датчики, Интернет вещей, облачные сервисы, роботизированная техника, аддитивные технологии, дистанционный мониторинг, машинное обучение (искусственный интеллект), технология точного земледелия и другие [1]. Однако существующие публикации посвящены отдельным технологиям и исследуют цифровую трансформацию АПК на уровне отдельных компаний. Отсутствие полной картины препятствует принятию взвешенных решений о целесообразности проведения цифровой трансформации и выбора ее направлений. В отличие от других отраслей экономики, для АПК пока не было предложено комплексной картины тех последствий, к которым приведет его цифровая трансформация [2]. Развитие агропромышленного производства существенно ограничено влиянием климатических, географических и природных условий, в связи с чем возникают значительные риски и уязвимости. В отличие от других областей промышленного производства, где существует возможность своевременно предусмотреть возможные варианты развития и внести изменения в стратегию, в аграрном секторе такие возможности есть не всегда [3]. Поэтому цифровизация российского АПК идет очень медленно: по разным оценкам, не более чем в 10 % хозяйств внедрены цифровые технологии, в то время как в США и странах Европы показатель составляет 60…80 % [4]. При этом в АПК есть и асимметрия цифрового развития: крупные агрохолдинги инициируют программы комплексной цифровизации, в то время как средний и малый бизнес либо внедряет технологии точечно, либо полностью выпадает из цифровой повестки.

Доказано, что в ближайшем будущем создание новых методов, технологических процессов и устройств, с использованием цифровых технологий для контроля качества и снижения потерь топлива при его хранении на сельских нефтескладах будет иметь доминирующую роль [5]. Нефтесклад – один из самых дорогостоящих объектов, включающий инженерные сооружения, резервуарный парк, оборудование и технические средства для приема, хранения и отпуска нефтепродуктов. В середине XX века на 35,5 тысяч нефтескладов, эксплуатируемых в сельском хозяйстве нашей страны, приходилось более 450 тысяч резервуаров. В начале XXI века количество нефтескладов в АПК России снизилось до 20 000 [6]. По данным из различных источников, сельское хозяйство потребляет порядка 2 млн т бензина и около 5 млн т дизельного топлива ежегодно, что составляет примерно 6 % и 16 % от общего количества топлива, предназначенного для внутреннего рынка, соответственно [7]. Недооценка роли организации нефтескладов и рационального хранения топлива приводит к нарушению агротехнических сроков выполнения работ, преждевременному выходу из строя автотракторной техники и сельскохозяйственных машин, перерасходу топлива и загрязнению окружающей среды, что приводит к подрыву экономики агропромышленного производства и уменьшает конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции. Из-за неправильной организации процесса хранения топлива предприятие несет убытки вследствие трансформации нефтепродуктов в некондиционный товар [5, 8].

Для существенного повышения эффективности применения топливо-смазочных материалов сельскохозяйственный нефтесклад должен трансформироваться в «умный» и «интеллектуальный» нефтесклад, т.е. получить возможность использования таких цифровых технологий как широкополосная, мобильная LPWAN-связь, Big Data, искусственный интеллект, платформы управления, радиочастотные метки, контроллеры, датчики, элементы управления отечественного приборостроения. Все эти компоненты помогут трансформировать резервуарные парки АПК, АТП, АЗС в «умный нефтесклад». Основными составляющими автоматизированных систем являются контроллеры, датчики (сенсоры), устройства ввода/вывода информации управляющих устройств (так называемых контроллеров).

«Умный нефтесклад», как метод цифровизации, включает в себя разработку и построение математических моделей, использование искусственных нейросетей для прогнозирования, программные продукты, которые способны классифицировать различные состояния системы и оцифровать процесс хранения моторного топлива в резервуаре. Полученные данные позволяют пользователю либо роботизированным системам совершить действия по предотвращению выбросов углеводородов в атмосферу [5, 7, 9, 10].

«Интеллектуальность» резервуаров на нефтескладе обеспечивается за счет применения виртуально облачной системы автоматизации, которая обеспечивает сбор и обработку требуемых параметров с применением BigData, искусственных нейронных сетей (виртуального датчика) и облачной технологии хранения и обработки данных. Цифровое решение «Умный нефтесклад» для АПК выполняет следующие задачи:

1. Управление роботизированными системами предотвращения потерь моторного топлива от испарения и обводнения.
2. Прогнозирование требуемых запасов моторного топлива с применением технологий Big-Data, облачных хранилищ данных и нейронных сетей.
3. Оценка рисков в работе сельхознефтесклада и прогнозирование возникновение аварий.
4. Мониторинг в режиме реального времени состояния резервуаров и нефтесклада при помощи мобильных данных и устройств.

Разработан алгоритм работы «умного нефтесклада» по управлению устройствами для снижения потерь топлива, ведущую роль в интеллектуализации которого занимают нейронные сети. «Умный нефтесклад» управляет контроллером включения системы защиты от обводнения и испарения топлива.

Построена архитектура искусственной нейронной сети, математическая модель которой рассчитывает испарение углеводородов при хранении моторного топлива от следующий параметров: температура окружающей среды, влажность, атмосферное давление, геометрические параметры резервуара, остаток топлива.

Доказано, что применение цифрового интеллектуального управления нефтескладом сельскохозяйственного назначения позволяет:

1. Сохранить количество и качество моторного топлива при хранении в резервуарах, за счет контроля процессов испарения и обводнения. Вследствие этого – снизить износ и поломку двигателей сельскохозяйственной техники.

2. Снизить загрязнение почвы, воды и воздуха за счет уменьшения выбросов в атмосферу углеводородов при хранении.

Продемонстрируем возможность применения нейронной сети для решения задачи прогнозирования потерь топлива от испарения, и как следствия возможности формирования сигналов управления, без подключения измерительных датчиков к резервуарам и измерения параметров окружающей среды. Все расчеты можно делать удаленно. Для этого потребуется применять облачные хранилища данных для описания требуемых переменных среды и нейронные сети с различной архитектурой для расчета контролируемых переменных объекта. При переходе к виртуально-облачной системе автоматизации для каждого контролируемого датчиком параметра резервуара возможно подобрать такую архитектуру нейронной сети, которая с высокой точностью сможет решить задачу определения требуемого физического измерения. Такая нейронная сеть будет служить виртуальным датчиком резервуара или любого другого объекта управления с такими возможностями виртуального объекта, как моделирование сценариев, прогнозирование, обучение и т.д.

Таким образом, при данном подходе будет выполнена виртуально-облачная схема автоматизации объекта управления. При данной схеме автоматизации весь процесс расчётов осуществляется интеллектуальной системой, что позволяет не применять датчики и другие устройства контроля (Рисунок 1).

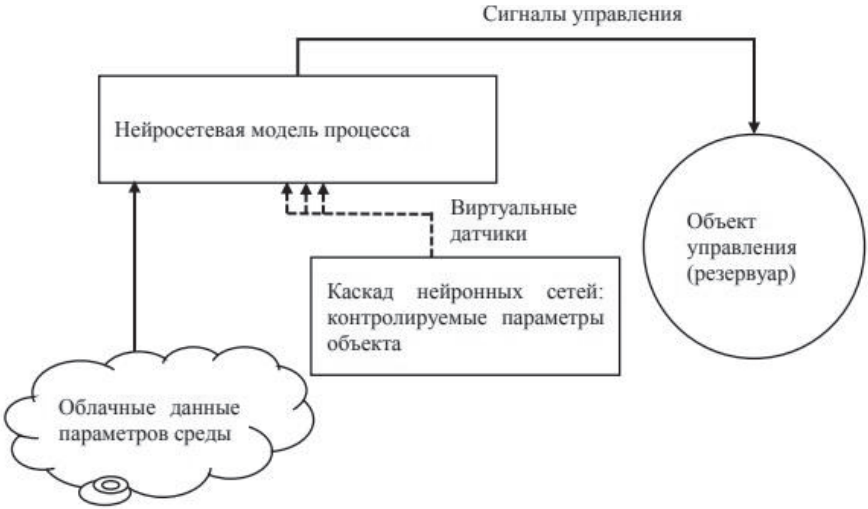


Рисунок 1 – Виртуально-облачная схема автоматизации объекта управления (резервуара) с применением нейронных сетей

Используя данную концепцию, можно автоматизировать существующие резервуары, к которым нет возможности подключить датчики для измерения параметров. В то же время виртуально облачная система автоматизации резервуара может реализовать различные сценарии по прогнозированию потерь качества и объема топлива, что позволит найти эффективные средства борьбы с ними.

Предлагаемая система трансформации и цифровизации нефтесклада в «умный нефтесклад» позволяет вывести сельское хозяйство на новый технологический уровень. Экономия энергетических ресурсов, сохранение качества ГСМ, снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу происходит за счет интеллектуального управления системами защиты топлива, точность которого достигает 95 %. Виртуально облачная система автоматизации позволяет достичь следующих результатов: гибкость системы автоматизации – возможность подключения дополнительных моделей, таких как факторы риска, прочих виртуальных и реальных датчиков не нарушая целостности модели; отсутствие контроллеров и датчиков, экономия средств на их покупку и обслуживание; возможность автоматизации устаревших объектов, не нарушается целостность объекта автоматизации.

Таким образом, выполнено совершенствование технологии хранения светлых нефтепродуктов с использованием интеллектуального нефтесклада. Разработана концепция умного нефтесклада для сохранения качества топлива при хранении, благодаря которой нефтесклад обеспечен предиктивным анализом по предупреждению аварии на резервуаре, управлением рисками работы нефтесклада, безошибочной работой средств сохранения качества топлива. Показано, что совокупность разработанных программ и методов позволяет сохранять до 98 % качества и количества топлива без участия человека вне зависимости от расстояния до сельскохозяйственного нефтесклада и от их количества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каманина, А. Н. Современные тренды цифровой трансформации экономической деятельности сельского хозяйства: анализ отечественной и мировой практики / А. Н. Каманина, Б. Б. Славин // Вестник Евразийской науки. – 2023. – Том 15, № s3. – 13 с.

2. Стельмашонок, Е. В. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса: анализ перспектив / Е. В. Стельмашонок, В. Л. Стельмашонок // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2021. – Т. 13, № 2. – С. 336-365.

3. Оборин, М. С. Цифровые инновационные технологии в сельском хозяйстве / М. С. Оборин // Аграрный вестник Урала. – 2022. – № 05 (220). – С. 82-92.

4. Кулистикова, Т. Цифровизация как неизбежность. Какие digital-решения использует агросектор / Т. Кулистикова // Агроинвестор. – 2021. – № 10.

5. Метод гибридизации искусственных нейронных сетей и нечеткой логики для цифровизации нефтесклада АПК / М. Ю. Левин, С. А. Нагорнов,

Е. Ю. Левина, Л. В Левина // В сборнике: Нано-био-технологии. Теплоэнергетика. Математическое моделирование. Сб. статей междунар. научно-практич. конф. – Липецк, 2023. – С. 210-214.

6. Повышение эффективности работы нефтехозяйств в АПК: Научное издание / С. А. Нагорнов, А. Н. Зазуля, С. В. Романцова, И. Г. Голубев. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 168 с.

7. Концепция «умного» нефтесклада на основе технологий машинного зрения / М.Ю. Левин, С.А. Нагорнов, Е.Ю. Левина, Л.В. Левина // Наука в центральной России. – 2022. – № 5(59). – С. 94-101.

8. Основы ресурсосбережения при эксплуатации полевых нефтебаз и нефтескладов / Т. К. Уразгалеев, Н. Н. Пуляев, Ю. С. Коротких, А. Н. Приваленко. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2015. – 174 с.

9. Левин, М. Ю. Умный нефтесклад как метод цифровизации в АПК / М. Ю. Левин, С. А. Нагорнов, Е. Ю. Левина // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. –№ 61. – С. 58-62.

10. Цифровые решения при повышении эффективности использования нефтепродуктов в АПК / С. А. Нагорнов, М. Ю. Левин, Е. Ю. Левина, В. Ф. Калинин // В сборнике: Цифровизация агропромышленного комплекса. Сборник научных статей III Международной научно-практической конференции. – 2022. – С. 235-238.

Об авторах:

Нагорнов Станислав Александрович, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» (392022, Российская Федерация, Тамбов, Ново-Рубежный пер., 28), доктор технических наук, профессор, snagornov@yandex.ru.

Левин Максим Юрьевич, профессор кафедры физики и биомедицинской техники, ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет» (398055, Российская Федерация, Липецк, ул. Московская, д. 30), доктор технических наук, lmu@list.ru.

Калинин Вячеслав Фёдорович, профессор, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» (392000, Российская Федерация, Тамбовская область, Тамбов, ул. Советская, д. 106/5), доктор технических наук, postmaster@nauka.tstu.ru.

Мещерякова Юлия Владимировна, заведующий лабораторией использования моторного топлива, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» (392022, Российская Федерация, Тамбов, Ново-Рубежный пер., 28), доцент кафедры «Природопользование и защита окружающей среды», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» (392000, Российская Федерация, Тамбовская область, Тамбов, ул. Советская, д. 106/5), кандидат технических наук, yulya-belova@yandex.ru.

About the authors:

Stanislav A. Nagornov, Chief Researcher, All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture (392022, Russian Federation, Tambov, Novo-Rubezhny Lane, 28), Doctor of Technical Sciences, Professor, snagornov@yandex.ru.

Maxim Yu. Levin, Professor of the Department of Physics and Biomedical Engineering, Lipetsk State Technical University (398055, Russian Federation, Lipetsk, Moskovskaya Street, 30), Doctor of Technical Sciences, lmu@list.ru.

Vyacheslav F. Kalinin, Professor, Tambov State Technical University (392000, Russian Federation, Tambov, Sovetskaya St., 106/5), Doctor of Technical Sciences, postmaster@nauka.tstu.ru.

Yulia V. Meshcheryakova, Head of the Laboratory of Motor Fuel Use, All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture (392022, Russian Federation, Tambov, Novo-Rubezhny Lane, 28), Associate Professor of the Department of Environmental Management and Protection, Tambov State Technical University (392000, Russian Federation, Tambov, Sovetskaya St., 106/5), Candidate of Technical Sciences, yulya-belova@yandex.ru.

УДК 631.372.5

ПРИМЕНЕНИЕ КИБЕРФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ ТРАКТОРНОГО ПОЕЗДА

П. В. Сиротин[1], С. С. Носиков[2]

[1]Институт перспективного машиностроения «Ростсельмаш», г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

[2]ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова», г. Новочеркасск, Российская Федерация

Аннотация. *В работе обоснована актуальность проблемы исследования тормозной динамики тракторных поездов методами киберфизического моделирования. Для её решения разработан специализированный стенд, на котором проведены виртуальные испытания тракторного поезда на базе трактора «МТЗ-1523» с полуприцепом ПТС-12У при различной степени загрузки. Результаты моделирования показали высокую точность в определении продольных сил $R^2 = 0,84…0,86$. Однако было выявлено значительное расхождение между расчётными и экспериментальными нагрузками на задней оси тягача $R^2 = 0,19…0,40$, что объясняется неполным учётом в базовой расчётной схеме нестационарных ударных нагрузок в сцепном устройстве и демпфирующих свойств шин. Установлено, что для повышения точности прогнозирования математическую модель необходимо уточнить, а выявленные значительные колебательные процессы продолжительностью 4…6 с. учитывать при комплексной оценке устойчивости тракторного поезда.*
Ключевые слова: *тракторный поезд, киберфизическое моделирование, тормозная динамика, верификация модели, устойчивость.*

THE USE OF CYBERPHYSICAL MODELING TO ANALYZE THE DYNAMICS OF TRACTOR TRAIN MOVEMENT

P. V. Sirotin[a], S. S. Nosikov[b]

[a]Institute of Advanced Engineering «Rostselmash», Rostov-on-Don, Russian Federation

[b]South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov, Novocherkassk, Russian Federation

Abstract. *The paper substantiates the relevance of the problem of studying the braking dynamics of tractor trains using cyberphysical modeling methods. To solve this problem, a specialized stand has been developed, where virtual tests of a tractor train based on the MTZ-1523 tractor with a PTS-12U semi-trailer have been carried out at*

various loading levels. The simulation results showed high accuracy in determining the longitudinal forces R^2 = 0,84…0,86. However, a significant discrepancy was found between the calculated and experimental loads on the rear axle of the tractor R^2 = 0,19…0,40, which is explained by incomplete consideration of non-stationary shock loads in the coupling device and the damping properties of tires in the basic design scheme. It is established that in order to increase the accuracy of forecasting, the mathematical model needs to be refined, and the significant oscillatory processes with a duration of 4…6 s should be taken into account in a comprehensive assessment of the stability of a tractor train.
Keywords: *tractor train, cyberphysical modeling, braking dynamics, model verification, stability.*

Введение

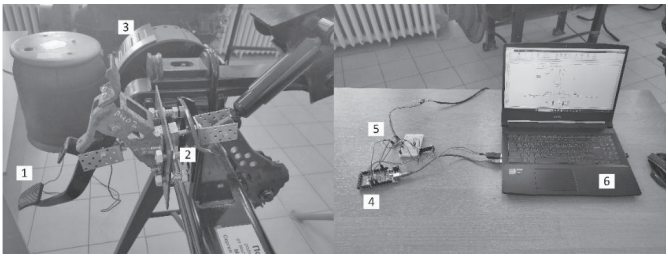
Эффективность и безопасность работы тракторных поездов, являющихся одним из ключевых звеньев логистики в сельском хозяйстве, во многом определяется их тяговыми и тормозными свойствами [1-3]. В процессе движения тракторных поездов возникают колебательные процессы, обусловленные неустойчивыми связями тягача и прицепа по различным степеням свободы [4,5]. Особую опасность представляет процесс торможения, при котором происходит динамическое перераспределение нагрузок по осям и возникает риск потери курсовой устойчивости. Проведение всесторонних дорожных испытаний для изучения режимов движения и торможения сопряжено с высокой стоимостью и ограниченной вариативностью условий их проведения [6]. Перспективным и актуальным решением является применение киберфизических систем, интегрирующих физическое воздействие оператора с работой высокоточных вычислительных моделей в реальном времени [7]. Цель работы заключается в разработке и верификации киберфизического стенда для моделирования и анализа режимов торможения тракторного поезда.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования был выбран широко используемый для сельскохозяйственной деятельности тракторный поезд на базе трактора 3-го тягового класса «МТЗ-1523». Моделирование проводилось для тракторного поезда с полуприцепом ПТС-12У с его номинальной загрузкой и в снаряженном состоянии. Первая конфигурация соответствовала работе с порожним полуприцепом, когда торможение осуществляется только силами трактора. Вторая конфигурация представляла максимально загруженный состав с рабочей тормозной системой на всех осях, что соответствует режимам, установленным в эксплуатационной документации [8].

Для проведения виртуальных испытаний был разработан киберфизический стенд (Рисунок 1), принцип работы которого заключается в параллельной реализации физического процесса и его цифрового отражения. Воздействие оператора через педальный узел 1 создает усилие в реальном барабанном тормозном механизме 3. Одновременно тензодатчик 2 измеряет это усилие и оцифровывает его через аналого-цифровой преобразователь 5 и микроконтроллер 4 передает в вычислительный комплекс 6. В нем на основе этих

данных одномерная гидравлическая модель рассчитывает тормозной момент, прикладываемый к виртуальному прототипу механизма в рамках многотельной модели динамики тракторного поезда.



а) *б)*

Рисунок 1 – Киберфизический стенд:
а – физическая часть; б – электронная часть

Для анализа динамики и последующей верификации результатов использовали математический аппарат, основанный на уравнениях тягового баланса и расчёте нормальных реакций согласно расчётной схеме сил [1]. Для корректного сравнения результатов испытаний условия моделирования включали постоянное усилие на педали тормоза 600 Н; начальная скорость движения 40 км/ч (11,1 м/с), что соответствует нормативно установленным значениям для данных испытаний [9, 10] и предельно допустимому транспортному режиму колесных тракторов.

Верификацию работы всего киберфизического комплекса осуществляли путём сопоставления двух видов данных, полученных по результатам аналитического расчёта и результатам имитационно-экспериментального моделирования. В качестве количественной меры адекватности модели использовали коэффициент детерминации R^2, полученный при сравнении расчётных и имитационных значений сил отдельно для передней и задней оси тягача, а также для осей полуприцепа.

Результаты и обсуждение

В результате моделирования на киберфизическом стенде были получены количественные данные, характеризующие тормозную динамику тракторного поезда в двух конфигурациях.

Для состава с порожним полуприцепом массой 2800 кг и без тормозной системы на прицепе экспериментальное значение силы тяги на тормозной оси составило 12,5 кН. Эта величина не превышала предельного значения по сцеплению, равного 24,5 кН, что исключало блокировку колёс. Зафиксированное замедление в этом режиме составило 1,54 м/с^2, что указывает на его ограниченную эффективность. Для конфигурации с полностью груженым полуприцепом массой 12000 кг и с рабочей тормозной системой на всех осях наблюдалось значительное динамическое перераспределение нормальных реакций (Рисунок 2 а–г). Пиковая нагрузка на заднюю ось тягача достигала 65 кН, в то время как на передней оси происходило снижение нагрузки от

исходного уровня. Замедление гружёного состава составило 1,31 м/с^2.

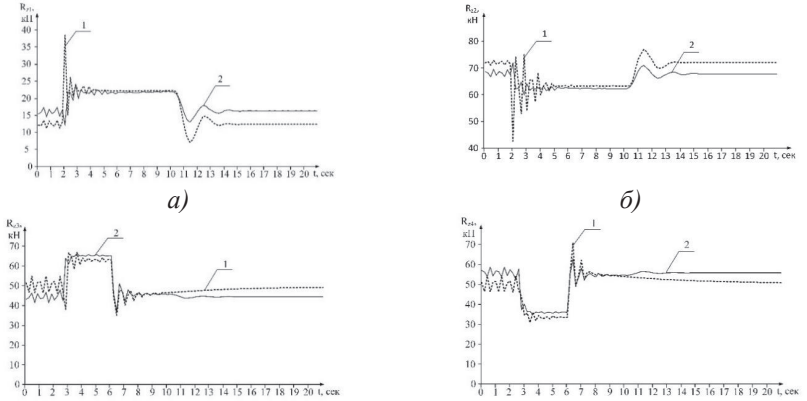


Рисунок 2 – Осциллограммы изменения нормальных реакций:
на передней (*а*) и задней (*б*) оси тягача и на передней (*в*) и задней (*г*) оси полуприцепа при торможении тракторного поезда с груженым полуприцепом массой 12 000 кг: 1 – экспериментальные данные; 2 – расчетные данные

Результаты моделирования показывают высокую точность в прогнозировании силовых параметров: коэффициент детерминации R^2 для продольной силы тяги находился в диапазоне от 0,84 до 0,86. Анализ точности модели по нормальным реакциям на осях выявил неоднородность. Для осей полуприцепа соответствие было высоким с коэффициентом детерминации от 0,70 до 0,82. В то же время для задней оси тягача точность модели оказалась недостаточной с коэффициентом детерминации в интервале от 0,19 до 0,40. Основной причиной выявленного расхождения, по-видимому, является неполный учёт в базовой расчётной схеме нестационарных ударных нагрузок в сцепном устройстве и демпфирующих свойств шин.

Выводы

1. Киберфизический стенд доказал свою адекватность для исследования тормозной динамики: модель точно описывает продольные силы $R^2 = 0{,}84…0{,}86$ и нагрузки на полуприцеп $R^2 = 0{,}70…0{,}82$. Анализ точности моделирования выявил ограничения в описании динамики сцепного устройства с коэффициентами детерминации нормальных реакций на задней оси трактора $R^2 = 0{,}19…0{,}40$. Повышение точности прогнозирования требует совершенствование математического аппарата модели с учетом нелинейных характеристик демпфирования шин, величин зазоров в соединительных элементах и уточнением модели динамических процессов в переходных режимах торможения.

2. На основе анализа нормальных реакций установлена ключевая особенность динамики гружёного тракторного поезда – возникновение

выраженных продольно-угловых колебаний остова трактора, продолжительностью переходных процессов в течение 4…6 с. на его осях с амплитудой до 65 кН, обусловленных инерционным воздействием полуприцепа на конструкцию без демпфирующей подвески. Выявленные процессы требуют учета при комплексной оценке устойчивости тракторного поезда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ларин, В. В. Теория движения полноприводных колёсных машин / В. В. Ларин. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 392 с.

2. 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.

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 имени К. А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.

4. Общая модель гидродинамической подвески заднего навесного устройства трактора / П. В. Сиротин, Н. Н. Пуляев, М. А. Лесик, Д. А. Федорова // Чтения академика В. Н. Болтинского : Сборник статей, Москва, 17-18 января 2024 года. – М. : Российский государственный аграрный университет, ООО «Сам Полиграфист», 2024. – С. 54-69.

5. Метод выявления потери устойчивости движения тракторов при реализации тягового усилия на прицеп или сцепной агрегат / М. М. Жилейкин, П. В. Сиротин, С. С. Носиков, Н. Н. Пуляев // Тракторы и сельхозмашины. – 2023. – № 1. – С. 39-47.

6. Разоренов, Н. А. Методика экспериментального исследования динамики движения тракторного поезда / Н. А. Разоренов, В. А. Ким, Н. В. Богдан // Автомобиле- и тракторостроение: республиканский межведомственный сборник. – Минск : Вышэйшая школа, 1975. – Вып. 7. – С. 134-139.

7. Прохоров, А. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт / А. Прохоров, М. Лысачев. – М. : АльянсПринт, 2020. – 401 с.

8. Руководство по эксплуатации трактора БЕЛАРУС 1523.5: 1523.5-0000010 РЭ / РУП «Минский тракторный завод» (МТЗ); сост. А. В. Рунов; ред. А. Г. Стасилевич; гл. ред. И. Н. Усс. – 2013.

9. 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.

10. ГОСТ 34431-2018. Системы тормозные колесных сельскохозяйственных тракторов. Требования безопасности и методы контроля. – Введ. 2019-01-01. – М. : Стандартинформ, 2018. – 24 с.

Об авторах:

Сиротин Павел Владимирович, заместитель директора по научно-образовательной работе, Институт перспективного машиностроения «Ростсельмаш» (344003, Российская Федерация, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доктор технических наук, доцент, spv_61@mail.ru.

Носиков Сергей Сергеевич, ассистент кафедры Автомобили и транспортно-технологические комплексы, ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова» (346428, Российская Федерация, Ростовская область, Новочеркасск, ул. Просвещения, д. 132), nosikov1997@mail.ru.

About the authors:

Pavel V. Sirotin, Deputy Director for Scientific and Educational Work, Institute of Advanced Engineering «Rostselmash» (344003, Russian Federation, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, spv_61@mail.ru.

Sergei S. Nosikov, Assistant, Department of Automobiles and Transport and Technological Complexes, South Russian State Polytechnic University named after M. I. Platov (346428, Russian Federation, Rostov Region, Novocherkassk, Prosveshcheniya Street, 132), nosikov1997@mail.ru.

УДК 631.354.2.076

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ШУМА В КАБИННОМ МОДУЛЕ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

П. В. Сиротин, М. В. Перушкин
Институт перспективного машиностроения «Ростсельмаш», г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. *В статье представлены результаты экспериментальной оценки шума в кабине зерноуборочного комбайна. Методом поэтапного включения основных агрегатов и систем доказано, что молотильно-сепарирующее устройство является основным источником, обеспечивая основной прирост уровня звука с характерным пиком в низкочастотной области 100…150 Гц. Спектральный анализ выявил различие в характере шумового воздействия, генерируемого молотильным блоком, по сравнению с вкладом двигателя и жатки. Полученные данные служат основой для разработки целевых решений по повышению акустического комфорта за счет совершенствования элементов молотильно-сепарирующего устройства.*
Ключевые слова: *молотильный блок, зерноуборочный комбайн, структурный шум, воздушный шум, спектральный анализ.*

THE MECHANISM OF NOISE GENERATION IN THE CABIN MODULE

P. V. Sirotin, M. V. Perushkin
Institute of Advanced Engineering «Rostselmash», Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. *The article presents the results of an experimental evaluation of noise in the cabin of a combine harvester. By the method of step-by-step switching on of the main units and systems, it is proved that the threshing-separating device is the main source, providing the main increase in sound level with a characteristic peak in the low-frequency range of 100…150 Hz. Spectral analysis revealed a difference in the nature of the noise impact generated by the threshing block, compared with the contribution of the engine and the header. The data obtained serve as the basis for the development of targeted solutions to increase acoustic comfort by improving the elements of the threshing and separating device.*
Keywords: *threshing block, combine harvester, structural noise, air noise, spectral analysis.*

Проблема обеспечения акустического комфорта в кабинах сельскохозяйственных машин, в частности зерноуборочных комбайнов, сохраняет свою актуальность в связи с требованиями уровня

конкурентоспособности, охраны труда и необходимости поддержания высокой работоспособности оператора [1-3]. Уровень звукового давления в рабочей зоне оператора является комплексным результатом воздействия технологических механизмов, генерирующих как воздушный, так и структурный шум. Наиболее активными источниками шума являются силовая установка, элементы ходовой части, система очистки, выгрузки, кондиционирования, а также измельчитель-разбрасыватель. Однако для зерноуборочного комбайна основным и наиболее специфичным источником интенсивного шумового воздействия является молотильный аппарат (МА), а именно молотильный барабан [4-6].

Формирование акустического поля от молотильного барабана определяется двумя сопряженными процессами, обусловленные различными физическими механизмами генерации и путями передачи. Воздушная составляющая формируется из-за пульсаций давления в турбулентном потоке от вращающихся элементов молотильно-сепарирующего устройства (МСУ) и распространяется в виде звуковых волн через воздушную среду, проникая в кабину преимущественно через остекление, вентиляционные каналы и неплотности уплотнений [7]. При этом спектр шума определяется частотой вращения барабана, числом бичей, геометрией рабочего зазора и режимом обмолота. Структурная составляющая возникает в результате динамических нагрузок от ударов бичей. Эти вибрации распространяются через подшипниковые узлы, пространственную конструкцию несущей системы и систему подрессоривания кабины и наводят на ее панели вынужденные колебания вибрации и шума [8].

Экспериментальное подтверждение доминирующей роли молотильного аппарата было получено в ходе экспериментальных замеров шума зерноуборочного комбайна «*RSM Acros* 530» с использованием метода пошагового включения источников. Измерения уровня звукового давления в кабине оператора проводили последовательно: 1) работа только двигателя при 2000 об/мин; 2) работа двигателя с включенным молотильным аппаратом; 3) работа двигателя с молотильным аппаратом и включенной жаткой [9-11]. Контроль частотного состава генерируемого шума проводили с помощью сертифицированного и поверенного шумомера «ОКТАВА-110А-ЭКО» [12]. Анализ спектров позволяет выявить ключевые особенности акустического воздействия каждого конструктивного модуля ЗУК (Рисунок 1).

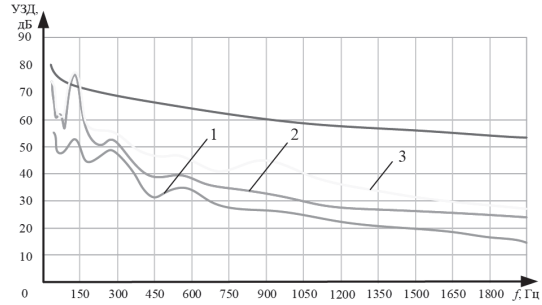


Рисунок 1 – Уровни шума в кабине от источников с требованиями ГОСТ: 1 – двигатель; 2 – молотильный аппарат; 3 – жатвенная часть

Наиболее существенный прирост общего уровня звукового давления, превышающий 20 дБ, отмечен при включении МА. Резкое увеличение шума носит выраженный характер с доминирующим пиком в диапазоне 100…150 Гц, что соответствует низкочастотным структурным и воздушным составляющим, генерируемым вращающимся молотильным барабаном. Включение жатки приводит к дальнейшему росту общего уровня звукового давления, однако спектральный характер этого вклада не отличается от воздействия молотильного аппарата и не оказывает существенного влияния на его доминирующую структуру в диапазоне 100…150 Гц. Таким образом, полученные спектры однозначно подтверждают, что именно молотильный аппарат является определяющим источником формирования шумового фона в кабине, задавая его низкочастотную составляющую, в то время как вклад жатки носит второстепенный и спектрально-локальный характер.

На основе натурного эксперимента проведена оценка шума на рабочем месте от основных источников. Установлено, что наиболее существенный прирост общего уровня звукового давления, превышающий 20 дБ, отмечен при включении молотильного аппарата. При этом резкое увеличение шума носит выраженный характер с основным пиком в диапазоне 100…150 Гц, что позволило выявить для данного источника характерную низкочастотную область. Полученные результаты служат экспериментальной базой для углублённого изучения механизмов генерации шума МСУ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Распоряжение Правительства РФ от 07.07.2017 № 1455-р «Об утверждении Стратегии развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года».

2. Обоснование технического облика агротехники и стратегических подходов ее проектирования / Г. Я. Красников, О. Н. Дидманидзе, П. В. Сиротин, Е. П. Парлюк / Чтения академика В. Н. Болтинского : Сборник статей, Москва, 25-26 января 2023 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2023. – С. 10-32.

3. Бурак, П. И. Сравнительные испытания сельскохозяйственной техники : науч. издание / П. И. Бурак. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 416 с.

4. Бондаренко, В. Е. Снижение вибрации и шума на зерноуборочном комбайне : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Бондаренко Владимир Егорович; Саратов. ин-т механизации сел. хоз-ва им. М. И. Калинина. – Саратов, 1988. – 183 с.

5. Гайда, А. С. Разработка системы оперативного акустического контроля рабочих мест операторов зерноуборочных комбайнов : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Гайда Анна Станиславовна ; Азово-Черноморский инженерный ин-т – фил. ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный ун-т». – Зерноград, 2020. – 174 с.

6. Analysis of noise sources in the acoustic field of a combine harvester's rotating thresher drum / V. Stepanov, O. Polushkin, S. Kireev, M. Korchagina // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 918. – Pp.

012146. – DOI 10.1088/1757-899X/918/1/012146.

7. Сиротин, П. В. Исследование и анализ шума молотильного блока зерноуборочного комбайна / П. В. Сиротин, В. Н. Коханенко, М. В. Перушкин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 179. – С. 232-245.

8. Sirotin, P. V. An analytical method for calculating the natural frequencies of the cab carrier systems vibrations of transport and technological machines / P. V. Sirotin, I. Yu. Lebedinskii, M. V. Perushkin // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2022. – № 8110. – Pp. 473-481.

9. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. – М. : Стандартинформ, 2019. – 24 с.

10. ГОСТ ISO 9612:2016. Акустика. Определение эквивалентных уровней звукового давления на рабочих местах, полученных методом искусственного ухудшения слуха. – М. : Стандартинформ, 2016.

11. 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.

12. Шумомер-виброметр, анализатор спектра ЭКОФИЗИКА-110А. Паспорт ПКДУ.411000.001.02 ПС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ekosf.ru/wp-content/uploads/2020/10/ecofizika-110a-pasport.pdf.

Об авторах:

Сиротин Павел Владимирович, заместитель директора по научно-образовательной работе, Институт перспективного машиностроения «Ростсельмаш» (344003, Российская Федерация, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доктор технических наук, доцент, spv_61@mail.ru.

Перушкин Максим Викторович, ассистент, Институт перспективного машиностроения «Ростсельмаш» (344003, Российская Федерация, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), maksimm.perushkin.99@mail.ru.

About the authors:

Pavel V. Sirotin, Deputy Director for Scientific and Educational Work, Institute of Advanced Engineering «Rostselmash» (344003, Russian Federation, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, spv_61@mail.ru.

Maxim V. Perushkin, Assistant, Institute of Advanced Engineering «Rostselmash» (344003, Russian Federation, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), maksimm.perushkin.99@mail.ru.

УДК 338.43

ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОЙ ПОДХОД К ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

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

Аннотация. *Статья посвящена анализу программно-целевого подхода к технической модернизации сельского хозяйства России. Рассматриваются ключевые проблемы обновления парка техники, меры государственной поддержки, включая льготный лизинг и кредитование, а также роль Минсельхоза и АО «Росагролизинг» в реализации этих программ. Подчеркивается важность комплексного развития сельских территорий и создания машинно-технологических компаний для повышения доступности современной техники для аграриев.*
Ключевые слова: *техническая модернизация, сельское хозяйство, программно-целевой подход, господдержка, обновление техники, Росагролизинг, льготный лизинг, кредитование, машинно-технологические компании.*

PROGRAM-TARGETED APPROACH TO STATE SUPPORT FOR TECHNICAL MODERNIZATION OF AGRICULTURE

A. S. Sopov
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 analyzes the program-targeted approach to the technical modernization of Russia's agricultural sector. It examines key challenges in updating the machinery fleet, government support measures, including preferential leasing and credit options, as well as the role of the Ministry of Agriculture and Rosagroleasing in implementing these programs. The importance of integrated rural development and the establishment of machine-technological companies to enhance access to modern equipment for agricultural producers is emphasized.*
Keywords: *technical modernization, agriculture, program-targeted approach, government support, machinery fleet renewal, Rosagroleasing, preferential leasing, credit, machine-technological companies.*

Техническая модернизация сельского хозяйства – ключевое условие повышения продуктивности и устойчивости аграрного сектора. Современные высокопроизводительные машины и оборудование позволяют увеличить урожайность, снизить трудозатраты и потери продукции. Однако в российском АПК накопились значительные проблемы с обновлением техники: Минсельхоз РФ оценивает дефицит тракторов и комбайнов более чем в 100 тыс. единиц, при этом свыше 50 % сельхозтехники эксплуатируется более 10 лет [5]. Износ парка остается высоким, а энерговооружённость на гектар пашни (около 1,5 л.с.) в несколько раз ниже, чем в ведущих аграрных странах Европы и Северной Америки. Это приводит к рискам снижения урожайности и замедления агротехнических процессов.

В таких условиях актуальность приобретает программно-целевой подход – реализация комплекса мер господдержки через государственные программы, нацеленные на техническое перевооружение аграрного сектора. Данный подход позволяет сосредоточить ресурсы бюджета на приоритетных направлениях модернизации, установить целевые показатели обновления парка техники и обеспечить контроль за их достижением. Ниже в статье рассмотрены динамика обеспеченности аграриев техникой в последние годы и основные действующие программы поддержки технической модернизации сельского хозяйства на федеральном и региональном уровнях, а также институты, через которые осуществляется эта поддержка.

Для оценки масштабов технической модернизации рассмотрим изменения парка основных видов сельскохозяйственной техники. В Таблице 1 приведена динамика количества тракторов и зерноуборочных комбайнов в сельском хозяйстве России. Эти виды техники определяют основную производственную мощность аграрного сектора, и их наличие отражает уровень оснащенности хозяйств. Данные свидетельствуют о сокращении парка машин за рассматриваемый период, несмотря на принимаемые меры поддержки.

Таблица 1 – Наличие основных видов сельскохозяйственной техники в хозяйствах РФ, 2020-2024 гг. [6]

Показатель	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Тракторы, тыс. ед.	222,6	217,0	214,9	213	210
Зерно- и кукурузоуборочные комбайны, тыс. ед.	54,5	53,2	53,0	52	51

Как видно из Таблицы 1, численность тракторов в сельском хозяйстве снизилась с 222,6 тыс. ед. в 2020 году до 214,9 тыс. ед. в 2022 году. Аналогично сокращается парк зерноуборочных комбайнов – с 54,5 тыс. до 53 тыс. ед. за тот же период. По оценкам, тенденция снижения продолжилась и в 2023-2024 гг. Уменьшение парка во многом связано с тем, что выбытие старой техники опережает темпы приобретения новой. Среднегодовой коэффициент обновления техники в последние годы составляет лишь 4…5 %, что эквивалентно 20-25-летнему циклу обновления [6]. Этого недостаточно, учитывая, что нормативный срок службы сельхозмашин часто не превышает 10-15 лет. В результате около

60 % тракторов и 45 % комбайнов к 2023 году отработали более десяти лет, что подтверждает масштаб проблемы [9].

Одновременно с сокращением общего количества техники происходит частичная структурная модернизация парка – менее мощные и морально устаревшие машины постепенно заменяются более производительными моделями. Статистика показывает рост производства отечественной сельхозтехники до 2022 года: например, выпуск тракторов для сельского хозяйства в России увеличился с 7,1 тыс. в 2018 г. до 10,6 тыс. в 2022 г. (+49 %) [6]. Однако в 2023-2024 гг. отрасль столкнулась с ухудшением конъюнктуры: из-за снижения платежеспособности аграриев и удорожания кредитов спрос на новую технику упал, что привело к сокращению продаж почти на 18 % и снижению объемов ее выпуска на 12,5 % в 2024 году по сравнению с 2023-м.

Таким образом, несмотря на отдельные успехи (наращивание производства отечественных машин, появление более мощной техники), задача технического перевооружения сельского хозяйства далека от решения. В этих условиях усиливается роль государственной поддержки, направленной на ускорение обновления машинно-тракторного парка. Рассмотрим основные программы и инструменты такой поддержки, реализованные в 2020-2025 гг.

На уровне федерального центра реализуется ряд программно-целевых мер, призванных стимулировать обновление техники в аграрном секторе. Ключевым документом является Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия (Госпрограмма развития АПК), продленная до 2025 года. В рамках этой Госпрограммы предусмотрено финансирование технической и технологической модернизации отрасли. Так, одним из направлений является федеральный проект «Развитие отраслей и техническая модернизация агропромышленного комплекса», на реализацию которого в 2025 году заложено 94,3 млрд руб. федеральных средств [5].

Помимо этого, значительные ресурсы направляются на поддержку инвестиционной активности аграриев. В частности, через механизм льготного кредитования ежегодно субсидируются процентные ставки по кредитам на покупку техники и оборудования. Объем бюджетных ассигнований на льготные инвестиционные кредиты в 2024 году достигал рекордных 219 млрд руб., после чего планируется его корректировка до 94 млрд руб. в 2025 году [5]. Льготные кредиты позволяют хозяйствам привлекать средства под низкие проценты (как правило, 1…5 % годовых) на приобретение новой техники, тем самым делая модернизацию доступнее даже в условиях роста цен.

Важной мерой прямой поддержки является субсидирование приобретения сельхозтехники отечественного производства. Данная мера реализуется в соответствии с постановлением Правительства РФ № 1432 от 27.12.2012 г. (ред. от 04.11.2023), устанавливающим правила предоставления скидок при покупке российской техники. В рамках этой программы аграрии фактически получают компенсацию из бюджета, что позволяет возмещать до 40 % стоимости сельскохозяйственных машин и оборудования. Такая скидка стимулирует спрос на новую технику, одновременно поддерживая отечественных производителей.

Одним из приоритетных направлений, заложенных в федеральных документах, является комплексное развитие сельских территорий. Одноименная госпрограмма «Комплексное развитие сельских территорий» (КРСТ), реализуемая в 2020-2025 гг., хоть и нацелена прежде всего на улучшение условий жизни на селе (развитие инфраструктуры, жилья, соцобъектов), косвенно способствует и технической модернизации АПК. Улучшение социальной среды и условий труда повышает привлекательность работы в агросекторе и создает предпосылки для эффективного использования современной техники. Финансирование программы КРСТ в 2025 году запланировано в размере 108,7 млрд руб. (для сравнения – 70,1 млрд руб. в 2024 г.) [5], что отражает высокую значимость развития сельских территорий для государства.

Кроме перечисленных, действуют и специальные грантовые программы, нацеленные на поддержку малых форм хозяйств. Например, гранты «Агростартап» и другие позволяют начинающим фермерам получить до нескольких миллионов рублей на развитие хозяйства, значительную часть которых можно направить на покупку техники. Хотя эти меры адресованы в целом развитию фермерства, они также вносят вклад в обновление технической оснащенности небольших хозяйств.

Таким образом, на федеральном уровне сформирован многоуровневый комплекс мер: от прямых субсидий и льготных займов до масштабных целевых проектов и программ, интегрирующих поддержку технического перевооружения в общий контекст развития села. Все они выступают элементами программно-целевого подхода, задающего конкретные цели (повышение обеспеченности техникой, рост производства отечественных машин, снижение финансовой нагрузки на аграриев) и предусматривающего ресурсы для их достижения.

Помимо федеральных инициатив, значимую роль играют региональные программы поддержки технического перевооружения. Органы власти субъектов РФ разрабатывают собственные меры, дополняющие федеральные. Как правило, региональная поддержка выражается в софинансировании покупки техники (компенсация части затрат из бюджета региона) либо в организации инфраструктуры технического сервиса. Размер и формы поддержки различаются по регионам: где-то фермерам компенсируют 20…30 % стоимости приобретенной техники, где-то предоставляют субсидии на авансовый платеж при лизинге или на уплату процентной ставки по кредитам.

Отдельное направление – создание в регионах машинно-технологических станций (МТС) или компаний (МТК), которые предоставляют технику и технические услуги аграриям на условиях аренды или аутсорсинга. Возрождение практики МТС обусловлено тем, что не все хозяйства, особенно небольшие, могут самостоятельно обновлять дорогостоящий парк машин. Региональные власти совместно с АО «Росагролизинг» реализуют проекты по формированию таких компаний. Яркий пример – Рязанская область, где при поддержке правительства региона и Росагролизинга создано уже 10 машинно-технологических компаний, оснащенных новой техникой. В 2017-2023 гг. для этих МТК было поставлено свыше 800 единиц современной сельхозтехники на общую сумму 3,4 млрд руб. Вся техника отечественного производства: трактора,

зерноуборочные комбайны, погрузчики, сеялки и пр. [9]. Деятельность таких МТК обеспечивает аграриям доступ к современной энергонасыщенной технике и снижает финансовую нагрузку на малые и средние хозяйства, которым нет необходимости вкладываться в покупку собственных машин.

Другие регионы также используют механизм поддержки через МТС/МТК или схожие структуры. В частности, в ряде южных областей и республик (Ростовская обл., Татарстан, Башкортостан и др.) функционируют региональные лизинговые фонды или госкомпании, предоставляющие технику в лизинг на льготных условиях. Например, Татарстан традиционно лидирует по темпам обновления парка: по данным Росагролизинга, в 2024 году аграрии Татарстана получили по лизинговым схемам 1281 единицу техники, что в 1,6 раза больше, чем годом ранее [9]. Высокие показатели обновления также демонстрируют Ростовская и Саратовская области – это во многом результат как федеральной поддержки, так и дополнительного финансирования из региональных бюджетов. Таким образом, региональные программы, хотя и различаются по объему финансирования, повсеместно направлены на повышение доступности техники для аграриев на местах – будь то через прямые субсидии или создание условий для совместного использования крупных машин. Программно-целевой подход на региональном уровне проявляется в принятии государственных программ субъекта РФ (например, подпрограмм в составе региональных программ развития АПК), устанавливающих конкретные показатели обновления материально-технической базы агросектора в регионе.

В системе программно-целевой поддержки технической модернизации АПК лизинг выступает одним из ключевых инвестиционных механизмов обновления парка машин: он снижает единовременную финансовую нагрузку на сельхозтоваропроизводителей и повышает доступность современных энергонасыщенных машин, обеспечивая более стабильные темпы обновления техники в условиях ограниченности собственных средств хозяйств [3].

Результативность программно-целевого подхода во многом обеспечивается работой специальных институтов и механизмов, через которые доводится поддержка до конечных получателей – сельхозпроизводителей. Основными агентами технической модернизации в АПК являются: Минсельхоз России, АО «Росагролизинг», региональные министерства сельского хозяйства, а также отраслевые фонды и организации.

Дополняющим направлением программно-целевого подхода выступает развитие инфраструктурных форм технического сервиса, в том числе машинно-технологических компаний (МТК), которые обеспечивают коллективный доступ к высокопроизводительной технике и услугам механизированных работ. Такой формат особенно значим для малых и средних хозяйств, для которых приобретение полного набора техники экономически затруднено, а использование МТК повышает доступность модернизации и технологической дисциплины производственных процессов [2].

Минсельхоз РФ выступает координатором реализации государственных программ: именно министерство разрабатывает госпрограммы, распределяет субсидии между регионами, устанавливает правила предоставления поддержки

(совместно с Минфином и правительством). Через Минсельхоз проходят, к примеру, средства на льготное кредитование и гранты фермерам, он же контролирует достижение целевых показателей (в том числе показателей обновления техники) в рамках Госпрограммы развития АПК.

Ключевым инструментом государства в сфере обновления техники является АО «Росагролизинг» – государственная лизинговая компания, созданная еще в 2001 году специально для технической и технологической модернизации отечественного АПК [8]. Росагролизинг закупает у заводов сельскохозяйственные машины и оборудование и передает их аграриям по договорам лизинга на льготных условиях (с пониженной ставкой, длительной рассрочкой платежа, авансом от 0 % и гибким графиком). За последние годы масштаб деятельности Росагролизинга существенно вырос. Так, в 2023 году компания поставила в аграрный сектор рекордные 15 тыс. единиц техники на сумму 94,5 млрд руб., что значительно выше показателя предыдущего года (в 2022 г. – 12,7 тыс. ед. техники на 71,5 млрд руб.). А по итогам 2024 года объем поставок превысил 18 тыс. единиц (+25 % за год), при инвестициях в материально-техническую базу отрасли порядка 115 млрд руб. В числе отгруженной техники – тысячи тракторов (2,2 тыс. ед. в 2024 г.), комбайнов (2,3 тыс.), автомобилей и прочего оборудования [8].

Таким образом, через Росагролизинг реализуется значительная часть программ поддержки: более 60 % всей сельхозтехники, приобретенной аграриями в 2024 году, было поставлено именно по линии Росагролизинга (по его данным). Компания стала эффективным проводником средств федерального бюджета на цели модернизации, позволяя фермерам обновлять парк при минимальной единовременной нагрузке на бюджет хозяйства. В 2020-2025 гг. Росагролизинг также запустил ряд специальных акций (например, программы обновления парка «120 ударных дней», скидки на отечественные модели техники, приуроченные к выставкам), что дополнительно стимулировало спрос на новую технику.

Современная модернизация материально-технической базы сельского хозяйства все в большей степени определяется не только экономическими, но и требованиями устойчивого развития (энергоэффективность, экологические ограничения, ресурсосбережение). В этой связи воспроизводство машинно-тракторного парка требует согласования инвестиционных решений с критериями устойчивости, что усиливает значимость государственных программ и институтов поддержки, обеспечивающих доступ к обновлению техники и технологическим решениям [1].

Для организационного сопровождения программ технического перевооружения в регионах действуют региональные операторы – профильные министерства или департаменты, курирующие освоение субсидий и работу с получателями. Они проводят конкурсы на получение грантов, заключают соглашения с производителями и лизинговыми компаниями, контролируют целевое использование средств. Налаженное взаимодействие федерального центра с регионами позволяет реализовать программно-целевые мероприятия более адресно, учитывая специфику местного АПК.

Кроме того, в механизмы поддержки вовлечены отраслевые союзы и объединения. Например, Ассоциация «Росспецмаш» (объединяющая российских производителей сельхозтехники) взаимодействует с правительством по вопросам субсидирования производства и локализации техники. Через диалог с такими объединениями корректируются программы поддержки с целью стимулировать выпуск современной техники в стране (в условиях санкций и импортных ограничений этот аспект получил особое значение). В последние годы при участии Минпромторга и Росспецмаша введены требования по локализации, благодаря чему уровень локализации производства сельхозтехники в России достиг 83 % к 2023 году и ожидается рост до 95 % к 2030 году [4]. Это пример того, как программно-целевые инструменты (субсидии по постановлению № 1432, требования к получателям поддержки) используются для развития отечественного машиностроения, что в перспективе обеспечивает аграриев техникой и снижает зависимость от импорта.

Таким образом, сформированная система институтов реализует единый программно-целевой механизм поддержки. Каждый элемент дополняет друг друга, работая на общую цель: ускорение технического перевооружения сельского хозяйства.

Программно-целевой подход подтвердил эффективность как инструмент государственной поддержки технической модернизации АПК. Он обеспечил концентрацию ресурсов на обновлении парка сельхозтехники и развитии материально-технической базы, а также повысил доступность современных машин за счёт сочетания госпрограмм, субсидий и льготных финансовых инструментов, включая лизинговые механизмы. Несмотря на сокращение численности техники, темпы обновления в целом удерживались на уровне 4…5 % в год, а в 2021-2022 гг. фиксировался всплеск закупок в ответ на внешние вызовы.

Одновременно сохраняются системные ограничения: высокий износ парка (более половины машин старше 10 лет) и недостаточная энерговооружённость снижают технологическую конкурентоспособность аграрного производства. В этих условиях приоритетом становится развитие и адаптация программно-целевых мер, включая запуск нацпроекта «Технологическое обеспечение продовольственной безопасности», а также усиление комплексности и адресности поддержки: синхронизация стимулирования производства и спроса на технику, расширение практик МТС/МТК в регионах и совершенствование льготного лизинга и кредитования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.

2. 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.

3. 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: сборник статей, Москва, 25-26 января 2022 года. Ч. 1. – М. : Сам Полиграфист, 2022. – С. 10-18.

4. Отгрузки российской сельхозтехники за 11 месяцев 2024 года сократились на 17 % [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosspetsmash.ru/novosti-assotsiatsii-rosspetsmash/5692-otgruzki-rossijskoj-selkhoztekhniki-za-11-mesyatsev-2024-goda-sokratilis-na-17 (дата обращения: 12.01.2026).

5. Государственная программа развития сельского хозяйства: показатели и финансовое обеспечение (в т.ч. федеральный проект «Развитие отраслей и техническая модернизация агропромышленного комплекса», 2025 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mcx.gov.ru/upload/iblock/c19/c2tnt9fbm34py70in9a0bdyfgm7kyayl.pdf (дата обращения: 12.01.2026).

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. Паспорт национального проекта «Технологическое обеспечение продовольственной безопасности»: офиц. документ (2025) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.stavregion.ru/_/cms_page_media/11369/Pasport%20natsionalnogo%20proekta%20_Tekhnologicheskoe%20obespechenie%20prodov.bez.pdf (дата обращения: 12.01.2026).

8. Росагролизинг подвел итоги 2024 года: рекорд по поставкам – более 18 тыс. единиц техники, инвестиции 115 млрд руб. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rosagroleasing.ru/company/ smi/news/4716/ (дата обращения: 12.01.2026).

9. 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 авторе:

Сопов Александр Сергеевич, аспирант, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (141261, Московская область, г.о. Пушкинский, р.п. Правдинский, ул Лесная, д. 60).

About the author:

Alexander S. Sopov, 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).

УДК 631

МНОГОФАКТОРНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К НОРМИРОВАНИЮ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

С. О. Шульгин, А. С. Шкель
ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *В статье рассматривается многофакторный статистический подход к нормированию условий эксплуатации мобильных энергетических средств сельскохозяйственного назначения с учётом климатической неоднородности территории. Показано, что действующие нормативные и регламентные документы, как правило, ориентированы на укрупнённое климатическое районирование и не в полной мере отражают влияние совокупности климатических факторов на показатели надёжности и ресурса сельскохозяйственной техники. Предлагается использовать методы кластерного анализа для формирования однородных климато-эксплуатационных зон на основе климатических и эксплуатационных параметров. Вводится формализованное описание признакового пространства, меры сходства и критериев качества кластеризации. Работа носит постановочный характер и направлена на формирование научно-методической основы для адаптивного нормирования условий эксплуатации мобильных энергетических средств.*

Ключевые слова: *мобильные энергетические средства, сельскохозяйственная техника, условия эксплуатации, климатические факторы, надёжность, ресурс, кластерный анализ.*

MULTIFACETOR STATISTICAL APPROACH TO NORMALIZATION OF OPERATION CONDITIONS OF MOBILE ENERGY MEANS BASED ON CLUSTERING OF CLIMATIC CONDITIONS

S. O. Shulgin, A. S. Shkel
25th State Research Institute of Chemmotology of the Ministry of Defense of Russia", Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article discusses a multifactorial statistical approach to the regulation of the operating conditions of mobile agricultural energy means, taking into account the climatic heterogeneity of the territory. It is shown that the current regulatory and procedural documents are generally focused on a coarse-grained climatic zoning and*

do not fully reflect the impact of a set of climatic factors on the reliability and resource of agricultural machinery. It is proposed to use cluster analysis methods to form homogeneous climatic and operational zones based on climatic and operational parameters. A formalized description of the feature space, similarity measures, and clustering quality criteria is introduced. The work is of a production nature and is aimed at forming a scientific and methodological basis for the adaptive regulation of the conditions of operation of mobile energy means.
Keywords: *mobile energy means, agricultural machinery, operating conditions, climatic factors, reliability, resource, cluster analysis.*

Введение

Мобильные энергетические средства (МЭС), включающие тракторы, самоходные сельскохозяйственные машины и энергетические агрегаты, являются ключевым элементом технического обеспечения агропромышленного комплекса [1]. Их надёжность и ресурс безаварийной работы в значительной степени определяются условиями эксплуатации, среди которых климатические факторы играют определяющую роль [2].

Эксплуатация сельскохозяйственной техники осуществляется в условиях открытой среды при воздействии широкого спектра климатических нагрузок. Температурные колебания, повышенная или пониженная влажность, солнечная радиация, атмосферные осадки, ветровая нагрузка и сезонные факторы оказывают прямое влияние на тепловые режимы работы двигателей, процессы износа узлов и агрегатов, деградацию эксплуатационных материалов и частоту отказов [3].

В действующей практике нормирования климатические условия учитываются, как правило, в укрупнённом виде – через деление территории на природно-климатические зоны. Такой подход удобен для нормативного применения, однако не позволяет в полной мере учитывать реальную неоднородность климатических воздействий. Эксплуатационные данные показывают, что показатели надёжности и ресурса однотипных машин, работающих в формально одинаковых климатических зонах, могут существенно различаться, что указывает на необходимость уточнения климато-эксплуатационного районирования.

Анализ существующих подходов к нормированию условий эксплуатации

В практике эксплуатации мобильных энергетических средств можно выделить несколько основных подходов к учёту климатических условий.

Нормативно-зональный подход основан на использовании укрупнённых климатических районов и типовых рекомендаций по эксплуатации и техническому обслуживанию. Его основным преимуществом является простота применения, однако укрупнение климатических условий неизбежно приводит к сглаживанию различий между реальными режимами эксплуатации техники.

Эмпирико-статистический подход опирается на анализ эксплуатационных данных, включая показатели отказов и наработки на отказ, полученные в конкретных регионах. Такой подход позволяет выявлять

региональные особенности эксплуатации, однако, как правило, не формализует связь между климатическими параметрами и эксплуатационными последствиями.

Физико-механистические модели ориентированы на описание отдельных процессов износа и деградации под воздействием климатических факторов. Несмотря на высокую точность, подобные модели требуют значительного объёма исходной информации и слабо адаптированы для использования в нормативной практике.

Таким образом, существующие подходы либо избыточно упрощают климатические условия, либо оказываются чрезмерно сложными для массового применения, что обосновывает целесообразность многофакторного статистического подхода.

Методологические основы многофакторного статистического подхода

Современные методы анализа данных позволяют выявлять закономерности в многомерных наборах климатической и эксплуатационной информации без жёсткого задания априорных зависимостей. Одним из таких методов является *кластерный анализ*, предназначенный для группировки объектов по степени их сходства.

В рамках настоящей работы объектами кластеризации являются территориальные зоны эксплуатации мобильных энергетических средств, а целью кластеризации является формирование однородных *климато-эксплуатационных зон*, характеризующихся близкими условиями работы техники и сходными эксплуатационными показателями.

Принципиальной особенностью предлагаемого подхода является ориентация кластеризации не только на климатические параметры, но и на эксплуатационные показатели, отражающие реакцию техники на климатические воздействия.

Формализация задачи кластеризации условий эксплуатации

Вектор признаков условий эксплуатации

Каждой зоне эксплуатации сопоставляется вектор признаков:

$$X = (x_1, x_2, \ldots, x_m),$$

где x_i – количественные характеристики климатических и эксплуатационных условий.

Для удобства интерпретации вектор признаков может быть представлен в виде объединения двух подмножеств:

$$X = (X_{clim}, X_{exp}),$$

где X_{clim} включает климатические параметры (температурный режим, влажность, осадки, солнечную радиацию, ветровую нагрузку и продолжительность морозных периодов и т.п.), а X_{exp} – эксплуатационные показатели (наработка на отказ, интенсивность отказов, фактический ресурс безаварийной работы, периодичность технического обслуживания и т.п.).

Такое представление подчёркивает, что климатические условия рассматриваются в неразрывной связи с их эксплуатационными последствиями.

Поскольку компоненты вектора измеряются в различных физических единицах, для обеспечения их сопоставимости выполняется нормализация

признаков. В простейшем случае используется линейное преобразование:

$$x_i^* = (x_i - x_{i_min}) / (x_{i_max} - x_{i_min}),$$

где x_{i_min} и x_{i_max} – минимальное и максимальное значения соответствующего признака в анализируемой выборке. Применение нормализации позволяет исключить доминирование отдельных параметров при вычислении мер сходства.

Мера сходства и алгоритмы кластеризации

Сходство между объектами кластеризации определяется на основе расстояния в пространстве признаков. В качестве базовой меры используется евклидово расстояние:

$$d(X_i, X_j) = \sqrt{\Sigma_k (x_{ik} - x_{jk})^2},$$

где X_i и X_j – векторы признаков двух зон эксплуатации, x_{ik} – значение k-го признака.

Данная мера отличается простотой и наглядной интерпретацией и широко применяется в задачах кластерного анализа. При необходимости допускается введение весовых коэффициентов для отдельных групп признаков, отражающих их относительную значимость для условий эксплуатации мобильных энергетических средств.

Для формирования кластеров могут использоваться алгоритмы k-средних и иерархической кластеризации. Применение нескольких алгоритмов позволяет оценивать устойчивость получаемой кластерной структуры [4].

Критерии качества кластеризации

Качество кластеризации оценивается с использованием стандартных статистических показателей. Одним из базовых критериев является *внутрикластерная дисперсия*:

$$W = \Sigma_r \Sigma_{\{X_i \in C_r\}} \|X_i - \mu_r\|^2,$$

где C_r – r-й кластер, μ_r – центр соответствующего кластера.

Минимизация данного показателя соответствует формированию максимально однородных кластеров условий эксплуатации. Дополнительно могут использоваться *коэффициент силуэта* и анализ стабильности кластеров при изменении параметров алгоритмов и состава признаков.

Формирование и интерпретация климато-эксплуатационных кластеров

Сущность предлагаемого многофакторного статистического подхода к нормированию условий эксплуатации мобильных энергетических средств на основе кластеризации климатических условий наглядно представлена на Рисунке 1.

На данной схеме показано, что в качестве исходной информации используются климатические параметры и эксплуатационные показатели, формирующие общее признаковое пространство. В результате кластерного анализа выделяются климато-эксплуатационные кластеры, представляющие собой однородные зоны условий эксплуатации.

Рисунок 1 – Схема формирования климато-эксплуатационных кластеров условий эксплуатации мобильных энергетических средств

В статистическом смысле каждый кластер может рассматриваться как область пространства признаков:

$$C_r = \{ X : d(X, \mu_r) \le \varepsilon_r \},$$

где C_r – r-й климато-эксплуатационный кластер; X – вектор признаков, характеризующий климатические и эксплуатационные условия в рассматриваемой зоне; μ_r – центр r-го кластера, определяемый как среднее значение векторов признаков объектов, входящих в данный кластер; $d(X, \mu_r)$ – расстояние между вектором признаков X и центром кластера, вычисляемое в соответствии с выбранной метрикой; ε_r – характерный радиус кластера, определяющий допустимую степень отклонения условий эксплуатации от типовых значений для данного кластера.

Такое представление позволяет интерпретировать кластер как однородную зону условий эксплуатации мобильных энергетических средств с близкими климатическими условиями и сходными эксплуатационными показателями. Эти зоны могут использоваться в качестве основы для дифференцированного нормирования условий эксплуатации мобильных энергетических средств без перехода к индивидуальному расчёту для каждой единицы техники.

Заключение

В статье предложен многофакторный статистический подход к нормированию условий эксплуатации мобильных энергетических средств, основанный на кластеризации климатических условий с учётом эксплуатационных показателей. Введён формализованный аппарат описания признакового пространства, меры сходства и критериев качества кластеризации, при этом математический аппарат не перегружает изложение и сохраняет

прикладную направленность работы.

Предлагаемый подход формирует методологическую основу для разработки адаптивных нормативов эксплуатации сельскохозяйственной техники и может быть использован в дальнейших исследованиях, направленных на оценку надёжности и остаточного ресурса мобильных энергетических средств в различных климатических условиях.

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. 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.

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. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. – С. 88-94.

4. Гитис, Л. Статистическая классификация и кластерный анализ / Л. Гитис. – М. : МГГУ, 2003. – 151 с.

Об авторах:

Шульгин Сергей Олегович, старший научный сотрудник, ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России» (121467, Российская Федерация, Москва, ул. Молодогвардейская, д. 10), кандидат технических наук.

Шкель Андрей Сергеевич, старший научный сотрудник, ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России» (121467, Российская Федерация, Москва, ул. Молодогвардейская, д. 10), кандидат технических наук, shkel-as@yandex.ru.

About the authors:

Sergey O. Shulgin, Senior Research Scientist, FAU «25 State Research Institute of Chemical Pathology of the Ministry of Defense of the Russian Federation» (121467, Russian Federation, Moscow, Molodogvardeyskaya str., 10), Candidate of Technical Sciences.

Andrey S. Shkel, Senior Research Scientist, FAU «25 State Research Institute of Chemical Pathology of the Ministry of Defense of the Russian Federation» (121467, Russian Federation, Moscow, Molodogvardeyskaya str., 10), Candidate of Technical Sciences, shkel-as@yandex.ru.

УДК 656.073.436

ДЕРЕВО ЦЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ: СТРУКТУРА И ИЕРАРХИЯ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

О. П. Андреев, В. Л. Пильщиков
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Транспортировка опасных грузов представляет собой сложную логистическую задачу, сопряженную с высокими техногенными, экологическими и социальными рисками. В условиях роста химического производства и ужесточения требований безопасности возникает необходимость в систематизации целей управления. Цель работы – разработка иерархической структуры (дерева целей) транспортной логистики опасных грузов, обеспечивающей декомпозицию стратегической задачи безопасности на операционные и тактические уровни. Сформулирована глобальная цель системы как «Обеспечение безопасности и минимизация ущерба». Построено многоуровневое дерево целей, включающее блоки технического оснащения, кадрового обеспечения, документационного сопровождения и маршрутизации. Выявлена взаимосвязь между целями нижнего уровня и вероятностью реализации стратегических рисков. Результаты могут быть использованы логистическими компаниями для построения систем менеджмента качества и безопасности, а также надзорными органами для оценки зрелости процессов перевозчика.*
Ключевые слова: *опасные грузы, дерево целей, транспортная логистика, управление рисками, ДОПОГ, безопасность перевозок, иерархия, декомпозиция.*

TARGET TREE OF HAZARDOUS GOODS TRANSPORT LOGISTICS: RISK MANAGEMENT STRUCTURE AND HIERARCHY

O. P. Andreev, V. L. Pilshchikov
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The transportation of hazardous materials represents a complex logistics challenge, associated with high anthropogenic, environmental, and social risks. In the context of growing chemical production and stricter safety requirements, there arises a need to systematize management objectives. The aim of the work is to develop a hierarchical structure (goal tree) for the transport logistics of hazardous materials, ensuring the decomposition of the strategic safety task into operational and tactical levels. The global goal of the system is formulated as «Ensuring safety and minimizing*

damage». A multi-level goal tree has been constructed, including blocks for technical equipment, personnel provision, documentation support, and routing. An interrelation has been identified between lower-level goals and the probability of strategic risk realization. The results can be utilized by logistics companies for building quality and safety management systems, as well as by regulatory authorities for assessing the maturity of carrier processes.
Keywords: *dangerous goods, goal tree, transport logistics, risk management, ADR, transport safety, hierarchy, decomposition.*

1. Введение

В современной экономике транспортировка опасных грузов (ОГ) занимает значительную долю грузооборота. По данным Лежнёва и соавторов, в России общая доля перевозок ОГ составляет около 20 % от общего объема, при этом 65 % из них приходится на автомобильный транспорт [1, 2]. Перечень таких веществ насчитывает более трех тысяч наименований, включая взрывчатые вещества, легковоспламеняющиеся жидкости и газы, что делает логистику этих грузов зоной повышенного внимания. Ошибки в организации перевозок ОГ могут привести не только к экономическим потерям, но и к катастрофическим последствиям для жизни, здоровья людей и окружающей среды. В этой связи рынок логистики химических грузов в 2025 году оперирует по принципу «нулевой толерантности» к просчетам. Одним из эффективных инструментов системного подхода к управлению в сложных организационных системах является метод «дерева целей» [3-5]. Как отмечается в Большой российской энциклопедии, концепция дерева целей, впервые предложенная Ч. Черчменом и Р. Акоффом в 1957 году, позволяет распределить сложные задачи по их важности, используя иерархическую структуру, где каждая ветвь представляет собой подцель, поддерживающую достижение цели более высокого уровня. Применение данного метода в транспортных организационных системах обосновывается необходимостью анализа и выбора эффективных мероприятий по повышению безопасности [5]. Однако, несмотря на наличие общих подходов к построению деревьев целей для предприятий транспортной логистики, специфика перевозки опасных грузов требует разработки специализированной иерархии, учитывающей жесткие нормативные требования и многокомпонентность рисков.

Целью данной работы является построение и обоснование иерархической структуры целей транспортной логистики опасных грузов, обеспечивающей декомпозицию стратегической задачи обеспечения безопасности на тактические и операционные уровни управления.

2. Методы и материалы. Теоретико-методологическую основу исследования составили труды в области управления рисками транспортной логистики, системного анализа и целеполагания [6].

В работе использованы методы декомпозиции, классификации и системного моделирования.

Информационную базу составили нормативно-правовые акты и международные соглашения: Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ/ADR), Кодекс РФ об

административных правонарушениях, Типовые правила ООН, научные публикации, индексируемые в РИНЦ и открытых базах данных, экспертные оценки и отраслевая аналитика в сфере перевозок химических грузов.

Процесс построения дерева целей включал три этапа:

1. **Формулировка глобальной (стратегической) цели.** Определение миссии системы транспортировки ОГ.

2. **Анализ условий и факторов.** Выявление ключевых областей, влияющих на достижение глобальной цели (нормативные требования, технические средства, персонал, инфраструктура).

3. **Декомпозиция.** Последовательное разбиение целей верхнего уровня на подцели и задачи вплоть до уровня элементарных операций, следуя принципам полноты, совместимости и конкретности.

3. Результаты и обсуждение

3.1. Глобальная цель и ее специфика

В результате анализа нормативных требований и современных тенденций логистики ОГ сформулирована глобальная (стратегическая) цель системы: «Обеспечение безопасности перевозки опасных грузов и минимизация потенциального ущерба для человека, имущества и окружающей среды при безусловном выполнении договорных обязательств».

Специфика данной цели заключается в ее дуальной природе. С одной стороны, это сервисная функция (доставка груза), с другой – функция обеспечения безопасности, которая имеет приоритет над экономической эффективностью в случае конфликта интересов.

3.2. Декомпозиция целей: построение иерархической структуры

Глобальная цель была декомпозирована на четыре основные подцели первого уровня, соответствующие ключевым функциональным областям логистики ОГ. Каждая подцель, в свою очередь, разбита на задачи второго и третьего уровней.

Подцель 1: Нормативно-правовое и документационное обеспечение перевозок. Данная цель является фундаментальной, так как нарушение законодательства автоматически повышает риски и влечет административную ответственность.

Задачи:

Идентификация груза и присвоение корректного номера ООН (UN) с указанием правильного отгрузочного наименования, класса опасности и группы упаковки согласно Типовым правилам ООН.

Оформление специального разрешения на перевозку в Ространснадзоре.

Подготовка полного комплекта транспортно-сопроводительных документов, включая аварийную карточку системы информации об опасности.

Обеспечение корректной маркировки груза и транспортного средства знаками «Опасный груз».

Подцель 2: Техническое и технологическое обеспечение безопасности.

Включает в себя выбор и подготовку материально-технической базы. Как отмечают эксперты, малейшая ошибка в подборе тары или транспортного средства может привести к серьезной химической реакции или утечке [1, 7].

Задачи:

Выбор подвижного состава: использование специализированных автоцистерн из химически стойких материалов (нержавеющая сталь, полимеры) или танк-контейнеров, соответствующих требованиям ДОПОГ.

Подбор сертифицированной тары (бочки, барабаны, канистры), устойчивой к транспортируемому продукту и прошедшей необходимые испытания.

Обеспечение совместимости грузов при сборных перевозках (недопустимость совместной транспортировки кислот и щелочей, мыльных растворов с водой и т.д.).

Контроль технического состояния систем безопасности транспортного средства (герметичность, давление, обогрев, система пожаротушения).

Подцель 3: Кадровое обеспечение и человеческий фактор.

Водители и персонал, задействованный в операциях с ОГ, должны обладать специальными компетенциями.

В эргатических системах «Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда» человеческий фактор остается ключевым звеном риска [4, 8-12].

Задачи:

Обучение водителей и получение свидетельства ДОПОГ с указанием конкретных классов опасности, которые водитель вправе перевозить.

Обучение складского персонала на местах погрузки и разгрузки правилам работы с химически опасными веществами и использованию средств индивидуальной защиты.

Проведение регулярных тренировок и инструктажей по действиям в нештатных ситуациях.

Подцель 4: Маршрутизация и оперативное управление перевозками.

Оптимизация маршрута для ОГ преследует цель не только экономии, но и максимального избегания зон потенциальной опасности (крупные города, природоохранные зоны).

Задачи:

Разработка маршрута перевозки с учетом ограничений для транспорта с ОГ.

Учет сезонных и климатических факторов (например, закрытие навигации по Северному морскому пути в апреле для доставки в Норильск).

Обеспечение мониторинга движения транспорта в режиме реального времени.

3.3. Взаимосвязь дерева целей и управления рисками

Предложенное дерево целей коррелирует с моделями управления рисками в транспортной логистике. Согласно подходу Бондаревой и соавторов [6], недостижение любой цели нижнего уровня может рассматриваться как рисковая ситуация, которая через каскадную логико-вероятностную модель способна привести к недостижению стратегической цели.

Например, если не выполнена задача «Подбор совместимой тары» (Подцель 2), возникает риск химической реакции. Это событие влечет за собой риск утечки, который переходит в риск возгорания/отравления и, как итог, – к срыву перевозки и катастрофическим последствиям. Таким образом, дерево

целей одновременно является и картой источников риска, где каждая вершина нижнего уровня – это потенциальная точка приложения превентивных мер.

3.4. Обсуждение результатов

Построенная иерархия позволяет перейти от абстрактного требования «безопасность» к конкретным контролируемым показателям. Например, показатель «Наличие свидетельства ДОПОГ у водителя» (Подцель 3) является измеримым и напрямую влияет на выполнение глобальной цели.

Важно отметить, что современные реалии 2025 года, такие как дефицит сертифицированной тары или сложности мультимодальных перевозок на Крайний Север, требуют внесения корректив в цели нижних уровней. Это подтверждает тезис о том, что дерево целей не является статичной структурой и должно адаптироваться к изменениям внешней среды.

Недостатком метода является его трудоемкость при необходимости учета всех возможных классов опасности и видов грузов, однако он обеспечивает необходимую полноту контроля.

4. Заключение

В ходе исследования разработано дерево целей транспортной логистики опасных грузов, которое представляет собой иерархическую систему, включающую четыре ключевых направления: нормативное, техническое, кадровое и маршрутное обеспечение.

Предложенная структура позволяет:

1. Систематизировать требования к организации перевозок ОГ, связывая стратегические приоритеты безопасности с конкретными действиями исполнителей.
2. Обеспечить комплексный подход к управлению рисками, идентифицируя критические точки на каждом уровне управления.
3. Создать основу для разработки стандартов качества и чек-листов для надзорных органов и самих перевозчиков.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку количественных показателей (KPI) для каждой из выделенных целей и интеграцию дерева целей с имитационными моделями транспортных процессов для оценки вероятности достижения стратегической цели в различных сценариях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Транспорт в агропромышленном комплексе : учебник / О. Н. Дидманидзе, Н. Н. Пуляев, А. А. Солнцев [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет, 2024. – 474 с.

2. Лежнёв, А. И. Транспортировка опасных грузов / А. И. Лежнёв, Л. М. Забытова, А. Н. Луцюк // International Journal of Advanced Studies. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 158-168. – DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-158.

3. Дерево целей: суть методики, алгоритм построения, плюсы и минусы, примеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://practicum.ru/ derevo-czelej-chto-eto-takoe-zachem-nuzhno-i-kak-postroit (дата обращения: 19.02.2026).

4. Системный подход при решении задач в обеспечении безопасности дорожного движения на основе использования деревьев цели и систем в

транспортных организационных системах / С. Н. Катаргин, Ю. Ф. Кайзер, А. В. Кузнецов, И. М. Меликов // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России. – 2024. – С. 76-80.

5. Дерево целей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://bigenc.ru/c/derevo-tselei-b7d4e2 (дата обращения: 19.02.2026).

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

7. Усиление контроля за перевозками опасных грузов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rostransnadzor.gov.ru/news/19369 (дата обращения: 19.02.2026).

8. Троицкая, Н. А. Организация перевозок специфических видов грузов : учебное пособие / Н. А. Троицкая, М. В. Шилимов. – М. : КноРус, 2022. – 240 с.

9. Логистика при перевозке химически опасных грузов в реалиях 2025 года: Интервью с В. Угрюмовым [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rzd-partner.ru/logistics/interview/logistika-pri-perevozke-khimicheski-opasnykh-gruzov-v-realiyakh-2025-goda/ (дата обращения: 19.02.2026).

10. Дидманидзе, О. Н. Специализированный подвижной состав автомобилей агропромышленного комплекса / О. Н. Дидманидзе, Ю. К. Есеновский-Лашков, В. Л. Пильщиков. – М. : УМЦ «Триада», 2005. – 230 с.

11. Автомобильные перевозки / О. Н. Дидманидзе [и др.]. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 564 с. – ISBN 978-5-7367-14 27-8.

12. Работоспособность технических систем / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. – М. : РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2022. – 379 с.

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.

УДК 621.317.7:681.518

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ДАТЧИКА КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ГАЗА ГАЗОБАЛЛОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

А. С. Абильдинов[1], А. А. Ленок[2], А. В. Гаевский[2], Р. Т. Хакимов[1]
[1]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
[2]ООО НПО «Динамика», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. *В статье представлены результаты разработки и электрических испытаний платы защиты CAN-адаптера для счётчика газа. Описана многоуровневая система защиты от перенапряжений, обратной полярности, помех и коротких замыканий. Испытания подтвердили соответствие платы требованиям ISO 16750-2:2006 и ТТ 37.104.412-2017, высокий запас прочности и автоматическое восстановление функций после воздействий. Результаты обосновывают надёжность применения платы в системах учёта газа.*
Ключевые слова: *CAN-адаптер, защита электроники, ISO 16750-2, электромагнитная совместимость, испытания на перенапряжение.*

METHODOLOGY AND RESULTS OF LABORATORY TESTS OF AN ELECTRONIC SENSOR FOR MONITORING AND METERING GAS IN VEHICLE GAS CYLINDER EQUIPMENT

A. S. Abildinov[a], A. A. Lenok[b], A. V. Gaevsky[b], R. T. Khakimov[a]
[a]Saint-Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russian Federation
[b]LLC NPO «Dynamics», Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. *The article presents the results of the development and electrical testing of a protection board for a CAN-adapter for a gas meter. A multi-level protection system against overvoltage, reverse polarity, interference, and short circuits is described. The tests confirmed the board's compliance with the requirements of ISO 16750-2:2006 and TT 37.104.412-2017, a high safety margin, and automatic function recovery after electrical impacts. The results substantiate the reliability of using the board in gas metering systems.*
Keywords: *CAN-adapter, electronic protection, ISO 16750-2, electromagnetic compatibility, overvoltage testing.*

Введение. Современные системы учета газа требуют надежной защиты электронных компонентов от электрических нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации. CAN-адаптер, предназначенный для передачи данных со счетчика

газа, должен соответствовать строгим требованиям по электромагнитной совместимости и стойкости к электрическим воздействиям. В условиях промышленной эксплуатации и использования на автотракторной технике электронные узлы подвергаются воздействию широкого спектра возмущений: скачков напряжения в бортовой сети, наложения переменных составляющих, обратных полярностей и коротких замыканий.

Разработанная плата защиты включает в себя каскад элементов, обеспечивающих многоуровневую безопасность:

1. Защиту от перенапряжения (TVS-диоды SMAJ33A, SMBJ5.0CA), ограничивающие пиковые выбросы.
2. Защиту от обратной полярности (диоды Шоттки MBR0580), предотвращающие выход из строя при неправильном подключении питания.
3. Фильтрацию высокочастотных помех (дроссели BLM18HG102SN1D), обеспечивающие целостность сигнала в шине CAN.
4. Гальваническую развязку каналов связи, исключающую передачу потенциала земли между устройствами.

Актуальность работы обусловлена необходимостью подтверждения надежности данных технических решений методами стандартизированного контроля.

Цель исследования – разработать и верифицировать методику электрических испытаний платы защиты CAN-адаптера, подтвердив ее соответствие требованиям стандарта ISO 16750-2:2006 и технического регламента ТТ 37.104.412-2017.

Материалы, методы и объекты исследования. В основе данной работы лежат нормативные документы, регламентирующие стойкость электронного оборудования к электрическим нагрузкам. Согласно ТТ 37.104.412-2017, компоненты классифицируются по рабочему напряжению и функциональным классам устойчивости.

Для компонентов Типа E установлены следующие границы рабочего напряжения:

$$U_{smin} = 10 \text{ В}, U_{smax} = 32 \text{ В}, \quad (1)$$

Для компонентов Типа F диапазон сужается по нижней границе:

$$U_{smin} = 16 \text{ В}, U_{smax} = 32 \text{ В}, \quad (2)$$

Функциональная устойчивость оценивается по пяти-классовой шкале. Класс A подразумевает выполнение всех функций в соответствии со спецификацией во время и после испытания. Класс B допускает выход параметров за пределы допуска с автоматическим восстановлением. Класс C означает временную неработоспособность во время воздействия с автоматическим восстановлением после. Класс D требует вмешательства оператора (перезагрузки), а Класс E свидетельствует о необратимом повреждении, требующем ремонта или замены.

Объектом исследования выступила опытный образец платы защиты CAN-адаптера. Испытания проводились на специализированном стенде, имитирующем условия эксплуатации бортовой сети транспортного средства.

Первым этапом стало испытание на подачу постоянного тока. Целью являлась проверка функциональных возможностей при минимальном и максимальном напряжении питания. Диапазон напряжений рассчитывался по формуле:

$$U_{test} = U_{nom} \pm \Delta U, \quad (3)$$

где $U_{nom} = 24$ В – номинальное напряжение бортовой сети; $\Delta U = \pm 0{,}2$ В – допуск измерительного оборудования.

Режимы испытаний для различных типов компонентов приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Режимы испытаний постоянным током

Тип компонента	$Umin$, В	$Umax$, В	Время, мин
E	10	32	60
F	16	32	60

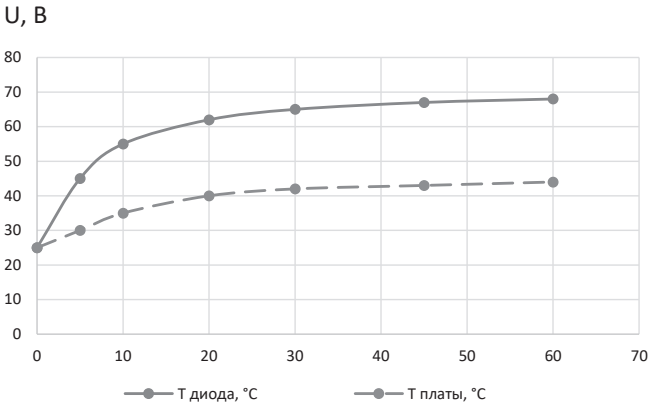


Рисунок 1 – Зависимость рабочего напряжения от температуры в электрической схеме

Вторым этапом проводилось испытание на перенапряжение, имитирующее состояние при поломке регулятора напряжения генератора. Параметры испытания включали напряжение $U_{test} = 36$ В при температуре $T = T_{\max} - 20$°C в течение 60 минут. Температура испытания рассчитывалась как:

$$T_{test} = T_{\max -20}\text{°C}, \quad (4)$$

где $T_{\max}$ – максимальная рабочая температура компонента согласно спецификации. Требуемый функциональный класс – C (автоматическое восстановление).

Испытание на наложенное переменное напряжение имитировало остаточный переменный ток при подаче постоянного напряжения (пульсации генератора). Полное напряжение описывалось выражением:

$$U_{total(t)} = U_{DC} + U_{pp} \cdot \sin(2\pi f(t) \cdot t), \quad (5)$$

где U_{DC} – постоянная составляющая (U_{smax}); $U_{pp} = 4$ В – размах переменного напряжения; $f(t)$ – изменяющаяся частота по логарифмическому закону в диапазоне 50 Гц…25 кГц. Внутреннее сопротивление источника составляло $R_{int} = 50 \ldots 100$ мОм.

Проверка стойкости к обратной полярности осуществлялась подачей напряжения $U_A = 28$ В обратной полярности в течение 60 секунд. Ток через защитный диод рассчитывался по закону Ома:

$$I_{rev} = \frac{(U_A - U_{drop})}{R_{limit}}, \quad (6)$$

где U_{drop} – падение напряжения на защитном диоде; R_{limit} – сопротивление ограничительного резистора.

Испытание на короткое замыкание симулировало аварийное соединение входов/выходов с питанием или землей. Ток короткого замыкания определялся как:

$$I_{SC} = \frac{U_{smax}}{(R_{internal} + R_{trace})}, \quad (7)$$

где R_{internal} – внутреннее сопротивление источника; R_{trace} – сопротивление дорожек платы.

Проверка электрической прочности изоляции проводилась для цепей с гальванической развязкой напряжением 500 В (AC) частотой 50 Гц в течение 1 минуты. Напряженность электрического поля оценивалась по формуле:

$$E = \frac{U_{test}}{d}, \quad (8)$$

где d – расстояние между изолированными цепями (воздушный зазор и путь по поверхности).

Завершающим этапом стало испытание на медленное снижение и увеличение напряжения, имитирующее разряд и заряд аккумуляторной батареи со скоростью $v = 0{,}5 \pm 0{,}1 \frac{\text{В}}{\text{мин}}$.

Результаты исследования. В ходе проведения серии экспериментов были получены данные, характеризующие устойчивость платы защиты к различным видам электрических воздействий. Сводные результаты испытаний представлены в Таблице 2.

Анализ результатов показал, что все проведенные испытания подтвердили соответствие платы защиты CAN-адаптера требованиям стандарта ISO 16750-2:2006 и технического регламента ТТ 37.104.412-2017. Запас прочности по большинству параметров превышает минимально необходимые значения.

В частности, защита от перенапряжения обеспечила работоспособность при 36 В без повреждений компонентов, что соответствует классу А вместо требуемого класса С. Это свидетельствует о высоком потенциале надежности TVS-диодов и правильной организации теплоотвода на плате.

Обратная полярность не вызвала необратимых изменений в схеме благодаря использованию диодов Шоттки с низким падением напряжения, что минимизирует тепловыделение в аварийном режиме.

Таблица 2 – Сводная таблица результатов электрических испытаний

Вид испытания	Параметр	Требование	Результат	Статус
Постоянный ток	U = 10…32 В	Класс A	Класс A	✓
Перенапряжение	U = 36 В, 60 мин	Класс C	Класс A	✓
Наложенное переменное напряжение	U_{pp} = 4 В, 50 Гц…25 кГц	Класс A	Класс A	✓
Обратное напряжение	U = -28 В, 60 с	Класс A*	Класс A	✓
Короткое замыкание	t = 60 с	Класс C/D	Класс C	✓
Изоляция	500 В, 1 мин	$R \geq 10R$ ≥ 10 МОм	$R > 100R$ > 100 МОм	✓
Медленное изменение	$v = 0{,}5v = 0{,}5\frac{\text{В}}{\text{мин}}$	Класс $\frac{A}{D}$	Класс A	✓

*После замены предохранителей

Сопротивление изоляции превысило минимальное требование в 10 раз ($R > 100$ МОм против требуемых 10 МОм), что подтверждает качество травления платы и отсутствие утечек между гальванически развязанными цепями.

Все функции устройства восстановились автоматически после снятия электрических воздействий, что критически важно для автономных систем учета газа, где доступ для перезагрузки может быть затруднен.

Выводы. Проведенные электрические испытания платы защиты CAN-адаптера для счетчика газа подтвердили ее соответствие международным стандартам и техническим регламентам. Разработанная схема защиты обеспечивает:

1. Надежную защиту от перенапряжений до 36 В с запасом по функциональному классу.
2. Защиту от обратной полярности без повреждения компонентов основной схемы.
3. Устойчивость к наложенным переменным напряжениям в широком частотном диапазоне (50 Гц … 25 кГц).
4. Высокое сопротивление изоляции (>100 МОм), гарантирующее безопасность персонала и оборудования.
5. Автоматическое восстановление после снятия электрических воздействий.

Применение данной платы в составе систем учета газа обеспечит надежную передачу данных по CAN-шине даже в условиях сложных электрических воздействий, характерных для промышленной эксплуатации и автотракторной техники. Дальнейшие исследования планируется направить на изучение температурной стабильности параметров защиты в диапазоне от -40°C до +85°C.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Didmanidze, O. N. Heat and mass transfer of multicomponent gas mixtures in cryogenic tank of automotive equipment / O. N. Didmanidze, A. S. Afanasyev, R. T. Khakimov // Journal of Physics: Conference Series, Novorossiysk, Virtual, 15-16 июня 2021 года. – Novorossiysk, Virtual, 2021. – P. 012024.

2. ISO 16750-1:2006. Дорожный транспорт. Условия окружающей среды и испытания для электрического и электронного оборудования. – Часть 1: Общие положения.

3. ISO 16750-2:2006. Дорожный транспорт. Условия окружающей среды и испытания для электрического и электронного оборудования. – Часть 2: Электрические нагрузки.

4. 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

5. Дидманидзе, О. Н. Метановое число природного газа и его влияние на эффективность рабочего процесса газового двигателя / О. Н. Дидманидзе, А. С. Афанасьев, Р. Т. Хакимов // Записки Горного института. – 2021. – Т. 251. – С. 730-737. – DOI 10.31897/PMI.2021.5.12.

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 имени К. А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.

7. Математическая модель процесса сгорания и тепловыделения в цилиндре газового двигателя / М. Н. Ерохин, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Р. Т. Хакимов // Чтения академика В.Н. Болтинского (115 лет со дня рождения) : Сборник статей семинара, Москва, 22-24 января 2019 года / Под редакцией М.Н. Ерохина. – М. : ООО «Мегаполис», 2019. – С. 19-28.

8. Петров, А. В. Электромагнитная совместимость в автомобильной электронике / А. В. Петров. – М. : Техносфера, 2018. – 350 с.

9. Пуляев, Н. Н. О перспективах применения газомоторного топлива в России / Н. Н. Пуляев, В. С. Богданов, А. И. Сучков // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. – С. 95-101.

10. ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств».

11. ТТ 37.104.412-2017. Технические требования к электрическим и электронным компонентам автомобилей КАМАЗ по стойкости к электрическим нагрузкам.

12. Хакимов, Р. Т. Влияние характеристик выгорания на показатели рабочего цикла газового двигателя при использовании электронной системы управления / Р. Т. Хакимов // Грузовик. – 2008. – № 4. – С. 27-29.

13. Хакимов, Р. Т. Математическое моделирование двухфазной среды элементов топливоподающей системы ГБО автотракторной техники / Р. Т. Хакимов // Вестник СПбГАУ. – 2020. – № 1. – С. 220-225.

14. Хакимов, Р. Т. Модель корреляции выбросов вредных веществ автомобиля с использованием динамометрического тестирования / Р. Т. Хакимов // Технико-технологические проблемы сервиса. – 2012. – № 2(20). – С. 15-19.

Об авторах:

Абильдинов Артур Серикович – студент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское шоссе 2).

Ленок Александр Александрович – инженер, НПО «Динамика» (196608, Санкт-Петербург, тер. Новая Деревня, 2-я Советская ул., д. 13).

Гаевский Антон Викторович – директор, НПО «Динамика» (196608, Санкт-Петербург, тер. Новая Деревня, 2-я Советская ул., д. 13).

Хакимов Рамиль Тагирович, заведующий кафедрой «Автомобили, тракторы и технический сервис», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское шоссе 2), доктор технических наук, доцент, e-mail: haki7@mail.ru.

About the authors:

Artur S. Abildinov, student, Saint-Petersburg State Agrarian University (196601, Russian Federation, Saint Petersburg, Pushkin, Petersburg Highway, 2).

Alexander A. Lenok, engineer, NPO «Dynamics» (196608, Russian Federation, Saint Petersburg, New Village Territory, 2nd Sovetskaya St., 13).

Anton V. Gaevsky, Director, NPO «Dynamics» (196608, Russian Federation, Saint Petersburg, New Village Territory, 2nd Sovetskaya St., 13).

Ramil T. Khakimov, Head of the Department of «Automobiles, Tractors and Technical Service», Saint-Petersburg State Agrarian University (196601, Russian Federation, Saint Petersburg, Pushkin, Petersburg Highway, 2), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, haki7@mail.ru.

УДК 631.3.076

РАЗРАБОТКА КИНОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БЕСПИЛОТНОЙ САМОХОДНОЙ МАШИНЫ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ПРИВОДОМ

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

Аннотация. *В работе получено кинематическое соотношение, связывающее положение и ориентацию беспилотной самоходной машины с её линейной и угловой скоростями. Далее используется термин «кинодинамическая модель», который вводится для одновременного решения задач учёта кинематических и динамических ограничений при управлении такими беспилотными самоходными машина.*
Ключевые слова: *уравнения кинодинамики, кинодинамическая модель, беспилотная самоходная машина, кинематические ограничения, линейная скорость, угловая скорость, дифференциальный привод.*

DEVELOPMENT OF A KINODYNAMIC MODEL FOR AN UNMANNED SELF-PROPELLED MACHINE WITH DIFFERENTIAL DRIVE

A. V. Melikov, O. N. Didmanidze
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The paper derives a kinematic relationship linking the position and orientation of an unmanned self-propelled machine with its linear and angular velocities. The term «kinodynamic model» is introduced to address the simultaneous consideration of kinematic and dynamic constraints in the control of such unmanned self-propelled machines.*
Keywords: *kinodynamic equations, kinodynamic model, unmanned self-propelled machine, kinematic constraints, linear velocity, angular velocity, differential drive.*

Кинодинамическая модель беспилотных самоходных машин (БПСХМ) носит нелинейный характер: платформа с дифференциальным приводом способна разворачиваться на месте вокруг собственного центра, не выполняя предварительных манёвров. Поэтому ниже уточняются основные характеристики БПСХМ такого типа, задаются переменные состояния и формируется набор управляющих воздействий [1].

На Рисунке 1 приведена схема БПСХМ с дифференциальным приводом,

принятая в качестве основы для построения физической модели автономной мобильной машины.

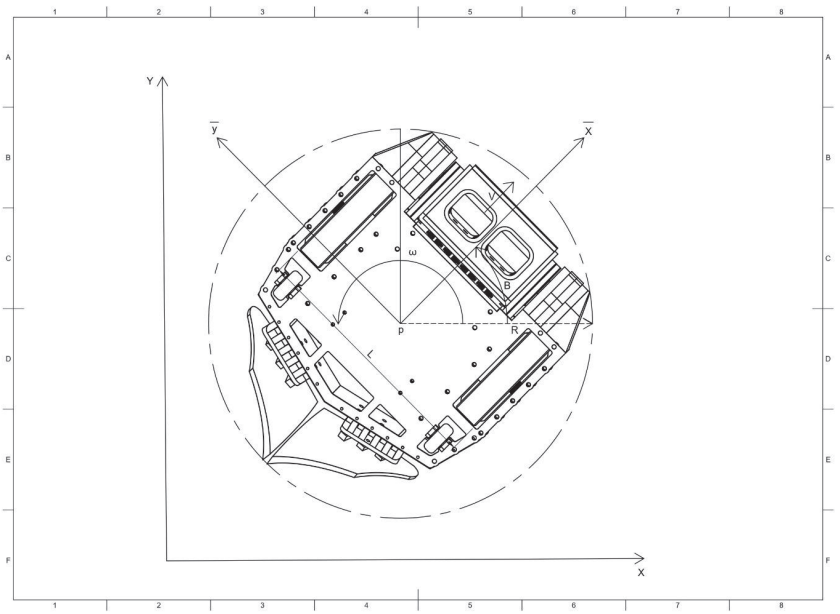


Рисунок 1 – Схематичное изображение БПСХМ с дифференциальным приводом:

$L \in \mathbb{R}_{>0}$ – расстояние от колеса до колеса,
$R \in \mathbb{R}_{>0}$ – радиус от центра вращения БПСХМ (p) до его окружности вращения, ω – угловая скорость БПСХМ, v – линейная скорость БПСХМ, θ – направленный угол на ориентированной плоскости с прямоугольной системой координат ($p\bar{x}\bar{y}$)

Согласно концептуальному варианту, показанному на Рисунках 1 и 2, движение обеспечивается двумя диаметрально расположенными ведущими колёсами, каждое из которых имеет собственный двигатель. Для устойчивости дополнительно используются пассивные опорные колёса: обычно два, а в отдельных компоновках – одно (в зависимости от размеров и развесовки). Эти опорные колёса могут располагаться как в передней, так и в задней части платформы. На Рисунках 1 и 2 приведён вариант, где пара дополнительных колёс установлена спереди – для уравновешивания машинно-тракторного агрегата (например, косилки).

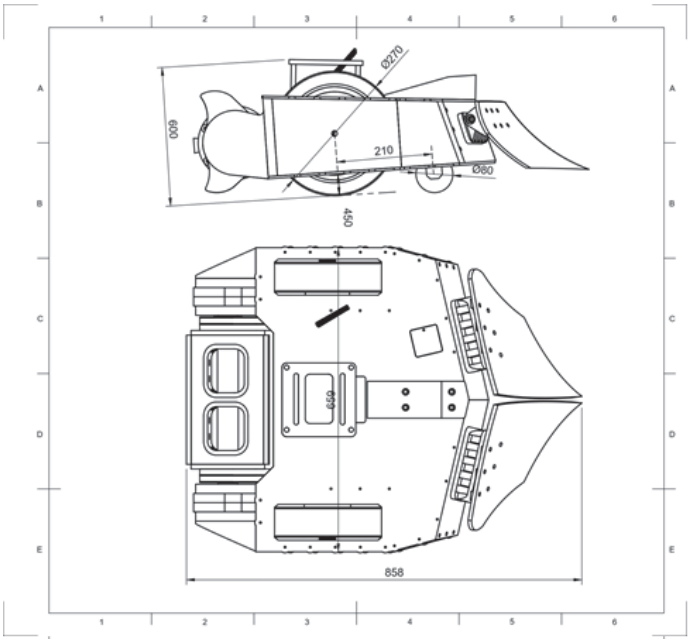


Рисунок 2 – Вид сбоку и сверху на БПСХМ

Важная особенность рассматриваемых БПСХМ (по сути – причина, почему такие платформы часто выбирают для исследований) состоит в том, что их удобно трактовать как неголономную систему [2]. Её движение описывается специализированными уравнениями (например, Чаплыгина, Аппеля) либо моделями, выводимыми из вариационных принципов. Возможность разворота на месте достигается тем, что двигатели ведущих колёс могут работать с одинаковыми по модулю скоростями, но в противоположных направлениях. Если же оба двигателя задаются одинаково по скорости и направлению, платформа перемещается поступательно без поворота. Отсюда следует практичный вывод: для таких БПСХМ можно непосредственно задавать линейную и угловую скорости, а также настраивать скорости каждого колеса. При этом система обладает не только геометрическими, но и кинематическими связями, которые нельзя свести к чисто геометрическим ограничениям.

Кинодинамическая модель такой платформы является нелинейной и управляется через ограничения, накладываемые на линейную и угловую скорости. Соотношения, связывающие координаты и ориентацию БПСХМ с её скоростями, можно записать в виде [3]:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{y}(t) \\ \dot{\theta}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta(t) & 0 \\ \sin\theta(t) & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где t – момент времени, $t \in \mathbb{R}_{>0}$;

$x(t), y(t)$ – координаты БПСХМ, $x(t), y(t) \in \mathbb{R}$;

$\theta(t)$ – положение БПСХМ, $\theta(t) \in \mathbb{R}$;

$v(t)$ – линейная скорость БПСХМ, $v(t) \in \mathbb{R}$;

$\omega(t)$ – угловая скорость БПСХМ, $\omega(t) \in \mathbb{R}$.

Кинематические ограничения для БПСХМ могут быть заданы следующими неравенствами:

$$\begin{gathered} v_{min} \le v(t) \le v_{max}, \\ |\omega(t)| \le \omega_{max}, \\ |a(t)| \le \begin{cases} a_{\text{у}}, \text{если } v(t) \cdot a(t) \ge 0 \\ a_{\text{з}}, \text{если } v(t) \cdot a(t) < 0 \end{cases}, \\ |\alpha(t)| \le \begin{cases} \alpha_{\text{у}}, \text{если } v(t) \cdot \alpha(t) \ge 0 \\ \alpha_{\text{з}}, \text{если } v(t) \cdot \alpha(t) < 0 \end{cases}, \end{gathered} \quad (2)$$

где v_{min} и v_{max} – минимальное и максимальное предельное значение (границы) линейной скорости БПСХМ, $v_{min} \in \mathbb{R}_{>0}$ и $v_{max} \in \mathbb{R}_{>0}$;

ω_{max} – предельное значение угловой скорости БПСХМ (другими словами, максимальная допустимая скорость его вращения), $\omega_{max} \in \mathbb{R}_{>0}$;

$a(t)$ – линейное ускорение БПСХМ, $a(t) \in \mathbb{R}$;

$\alpha(t)$ – угловое ускорение БПСХМ, $\alpha(t) \in \mathbb{R}$;

$a_{\text{у}}$ – предельное значение линейного ускорения БПСХМ, $a_{\text{у}} \in \mathbb{R}_{>0}$;

$a_{\text{з}}$ – предельное значение линейного замедления БПСХМ, $a_{\text{з}} \in \mathbb{R}_{>0}$;

$\alpha_{\text{у}}$ – предельное (допустимое) значение углового ускорения БПСХМ, $\alpha_{\text{у}} \in \mathbb{R}_{>0}$;

$\alpha_{\text{з}}$ – предельное угловое замедление. Практически это максимальная «скорость снижения» угловой скорости вращения до наступления риска потери сцепления; в терминах эксплуатации – предельное значение отрицательного углового ускорения, учитываемое антиблокировочной/противоюзной логикой управления, чтобы исключить переход в занос, $\alpha_{\text{з}} \in \mathbb{R}_{>0}$.

Дополнительно принимается, что геометрически платформа может быть аппроксимирована кругом радиуса $R \in \mathbb{R}_{>0}$, центр которого совпадает с центром вращения.

Помимо перечисленных ограничений, для дифференциального привода существует и связь между линейной и угловой скоростями (в русле традиционной школы ТММ, связанной с И. И. Артоболевским). Пусть $v_{\text{пр.}}$ и $v_{\text{лев.}}$ – скорости правого и левого колеса соответственно; тогда $v = \frac{(v_{\text{пр.}} + v_{\text{лев.}})}{2}$ и $\omega = \frac{(v_{\text{пр.}} - v_{\text{лев.}})}{L}$ при условии, что $v_{\text{пр.}} \in \mathbb{R}$, $v_{\text{лев.}} \in \mathbb{R}$, а $L \in \mathbb{R}_{>0}$. Из этого следует очевидная взаимосвязь: при достижении максимально возможной по модулю поступательной скорости вращение стремится к нулю, и наоборот – при максимальной угловой скорости поступательное движение уменьшается.

Введём обозначение $v_{\text{предел}}$ – максимальную скорость вращения колеса, ограниченную возможностями каждого двигателя; $v_{\text{предел}} \in \mathbb{R}_{>0}$. Тогда механический предел по линейной скорости равен $v_{\text{предел}}$, а по угловой – $\omega_{\text{предел}} = \frac{2 \cdot v_{\text{предел}}}{L}$, где $\omega_{\text{предел}}$ понимается как максимально допустимая скорость

вращения, при которой колесо не разрушается из-за центробежных нагрузок и не теряет сцепления.

Рассматривая диапазон референсной линейной скорости $v_{\text{реф.}} \in [-v_{\text{предел}}, v_{\text{предел}}]$, фактическое механическое ограничение для референсной угловой скорости удобно задавать зависимостью:

$$\omega_{\text{реф.}} = \omega_{\text{предел}} \cdot \left(1 - \frac{|v_{\text{реф.}}|}{v_{\text{предел}}}\right). \quad (3)$$

На практике кинематические ограничения обычно выбираются жёстче, чем механические, чтобы исключить сценарии, когда контроллер одновременно «просит» большие значения и линейной, и угловой скорости.

В качестве управляющих воздействий принимаются референсные (эталонные) значения линейной и угловой скорости БПСХМ – то есть команды, с которыми затем сравниваются фактические скорости. Несмотря на то, что управление наземными мобильными объектами часто удобно формулировать через ускорения, рассматриваемые БПСХМ поддерживают управление именно по скорости. Поэтому платформы, задействованные в эксперименте по распределённому управлению (результаты которого выносятся в отдельные публикации), оснащены внутренним контуром скорости для двигателей, который учитывает описанные ограничения и может быть представлен так:

$$\begin{bmatrix} v(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} = C_r \cdot \left(v_{\text{реф.}}(t), \omega_{\text{реф.}}(t)\right), \quad (4)$$

где $v_{\text{реф.}}(t), \omega_{\text{реф.}}(t) \in \mathbb{R}$;

C_r – матрица коэффициентов усиления по задающему воздействию. По смыслу она выступает масштабирующим множителем, который настраивает систему на точное следование заданным значениям скорости $r(t)$.

Иначе говоря, C_r обеспечивает передачу задания во внутреннюю систему управления приводом так, чтобы в установившемся режиме выход $y_{\text{вых.}}(t)$ совпадал с $r(t)$. В классическом подходе [5] (для исключения статической ошибки) матрицу усиления определяют из условия $C_r = -(C \cdot (A - B \cdot K)^{-1} \cdot B)^{-1}$, где A, B, C – матрица объекта управления; K – рассчитанная матрица обратной связи. Это условие гарантирует единичный коэффициент передачи замкнутой системы от входа к выходу.

Из (4) следует, что реальные управляющие команды формируются на основе эталонных скоростей $\left(v_{\text{реф.}}(t), \omega_{\text{реф.}}(t)\right)$ с учётом корректирующего преобразования. Такой подход естественен для дифференциальных платформ, где управление строится по кинематической схеме. При этом матрица C_r позволяет учитывать динамические свойства (масса, инерция) БПСХМ: управление становится не просто «следящим», а динамически согласованным, что даёт более плавное поведение на повышенных скоростях (актуально для стандартов автономной мобильной логистики 2026 года).

Чтобы корректно формировать референсные значения линейной и угловой скорости, необходимо знать фактические скорости, поэтому они включаются в вектор состояния системы в момент времени t, который можно записать следующим образом [4]:

$$x(t) = \begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \\ \theta(t) \\ v(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Использование (5) удобно для оценки состояния системы управления движением БПСХМ, поскольку процессы описываются нелинейными зависимостями. Такая запись облегчает решение задач предсказания и коррекции движения, особенно при выполнении поворотов.

БПСХМ рассматривается как дискретная система автоматического управления, поскольку присутствует как минимум одно преобразование непрерывного сигнала в дискретный (цифровой) за счёт квантования по времени (см. (5)). Поскольку внутренний контур управления работает с достаточно высокой частотой, его детальное исследование в рамках данного рассмотрения не является приоритетным. Далее целесообразно сосредоточиться на построении и анализе внешнего контроллера движения.

Пусть $T_{\text{внеш.к.}}$ – шаг дискретизации внешнего контроллера, $T_{\text{внеш.к.}} \in \mathbb{R}_{>0}$. Тогда управление и оценка состояния выполняются в моменты времени $t_k = kT_{\text{внеш.к.}}$, где k – номер итерации внешнего контроллера, $k \in \mathbb{N}$. Для удобства k трактуется как дискретный момент времени, а индекс k у переменных подчёркивает их принадлежность текущему шагу t_k (при очевидной зависимости индекс может опускаться). Тогда состояние БПСХМ в дискретном времени:

$$x = \begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ \theta_k \\ v_k \\ \omega_k \end{bmatrix}, \quad (6)$$

а его автономное положение –

$$p_k = \begin{bmatrix} x_k \\ y_k \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Отметим, что в современной робототехнике (по состоянию на 2025 год) термин «автономное положение» используется в широком смысле. В настоящей работе под ним понимается способность БПСХМ самостоятельно вычислять и поддерживать собственные координаты для выполнения задач в реальной среде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новый метод определения траектории движения беспилотной самоходной машины сельскохозяйственного назначения / О. Н. Дидманидзе, И. М. Ажмухамедов, А. В. Меликов, О. Г. Билич // Техника и оборудование для села. – 2024. – № 7(325). – С. 18-22. – DOI 10.33267/2072-9642-2024-7-18-22.

2. Румянцев, В. В. О принципе Гамильтона для неголономных систем / В. В. Румянцев // Прикладная математика и механика. – 1978. – Том. 42. – Вып. 3. – С. 387-399.

3. Klančar, G. Mobile Robot Control on a Reference Path / G. Klančar, D. Matko, S. Blazic // Intelligent Control. Proceedings of the 2005 IEEE International Symposium on, Mediterrean Conference on Control and Automation. – Limassol, Cyprus, June 27-29, 2005. – 2005. – Pp. 1343-1348.

4. Alhammadi, H. Y. Process design and operation: Incorporating environmental, profitability, heat integration and controllability considerations / H. Y. Alhammadi, J. A. Romagnoli // Computer Aided Chemical Engineering. – 2004. – Vol. 17. – Pp. 264-305.

5. Distributed state estimation in large-scale processes decomposed into observable subsystems using community detection / L. S. Masooleh, J. E. Arbogast, W. D. Seider, U. Oktem, M. Soroush // Computers and Chemical Engineering. – 2022. – Vol. 156, Art. 107544.

Об авторе:

Меликов Алексей Владимирович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент.

Дидманидзе Отари Назирович, Академик РАН, Заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева», (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор, didmanidze@rgau-msha.ru.

About the author:

Alexey V. Melikov, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Otari N. Didmanidze, Academician of RAS, Head of the department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, Professor, didmanidze@rgau-msha.ru.

УДК 621

СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ В ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Р. Т. Хакимов, И. Ю. Якименко
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. *В статье представлен комплексный анализ ключевых факторов, определяющих работоспособность и долговечность двигателей внутреннего сгорания сельскохозяйственной техники, переведённой на газомоторное топливо – компримированный и сжиженный природный газ. Основное внимание уделено исследованию специфических условий работы силовых агрегатов на обеднённых газовоздушных смесях, которые запускают процессы деградации моторного масла: термическое окисление, нитрование, обводнение и ускоренное образование зольных отложений. На основе анализа этих процессов научно обоснован расширенный перечень требований к физико-химическим и эксплуатационным свойствам моторных масел, включая необходимость применения составов с низкой сульфатной зольностью, повышенной стойкостью к гидролизу и нитрованию, а также масел с оптимизированным щелочным числом. Рассмотрены практические аспекты организации системы смазки в условиях сельскохозяйственной эксплуатации: методика выбора масел по международным и заводским допускам, стратегии контроля их состояния посредством химико-аналитических методов и корректировка межсервисных интервалов. Показано, что применение специализированных смазочных материалов является критическим условием для реализации экономических и экологических преимуществ ГМТ, обеспечения надёжности и увеличения ресурса дорогостоящих энергетических средств агропромышленного комплекса.*

Ключевые слова: *газомоторное топливо, компримированный природный газ, сжиженный природный газ, моторное масло, сульфатная зола, нитрование, обводнение, газодизельный двигатель, анализ отработанного масла, сельскохозяйственная техника.*

SPECIFICITY OF MOTOR OIL USAGE IN GAS ENGINES OF AGRICULTURAL MACHINERY

R. T. Khakimov, I. Yu. Yakimenko
Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. *The article presents a comprehensive analysis of the key factors determining the performance and durability of internal combustion engines in agricultural*

machinery converted to gas motor fuel – compressed and liquefied natural gas. The main focus is on the specific operating conditions of power units running on lean gas-air mixtures, which initiate motor oil degradation processes: thermal oxidation, nitration, water contamination, and accelerated ash deposit formation. Based on the analysis of these processes, an extended list of requirements for the physicochemical and operational properties of motor oils is scientifically substantiated, including the necessity of using formulations with low sulfated ash content, increased resistance to hydrolysis and nitration, as well as oils with optimized base number. Practical aspects of organizing lubrication systems under agricultural operating conditions are considered: oil selection methodology according to international and factory approvals, strategies for monitoring oil condition using chemical-analytical methods, and adjustment of service intervals. It is shown that the use of specialized lubricants is a critical condition for realizing the economic and environmental advantages of gas motor fuels, ensuring reliability, and extending the service life of expensive power units in the agro-industrial complex.
Keywords: *gas motor fuel, compressed natural gas, liquefied natural gas, motor oil, sulfated ash, nitration, water contamination, gas-diesel engine, used oil analysis, agricultural machinery.*

Введение.

Актуальность перевода машинно-тракторного парка агропромышленного комплекса на альтернативные виды топлива обусловлена двумя фундаментальными вызовами: экономическим и экологическим. Доля затрат на горюче-смазочные материалы в себестоимости сельскохозяйственной продукции достигает 30…40 %, а многократный рост цен на дизельное топливо в последние годы лишь усугубляет финансовую нагрузку на производителей [1]. В этой связи природный газ, стоимость которого существенно ниже, представляет собой стратегически важную альтернативу. Параллельно ужесточаются экологические нормы для автотракторных дизельных двигателей. Природный газ способен удовлетворить их в силу своего химического состава – отработавшие газы содержат в 1,5…5 раз меньше вредных компонентов (CO, CHx, сажи) по сравнению с дизельным топливом [1, 2]. Однако переход на газомоторное топливо не является простой заменой одного энергоносителя другим. Он влечёт за собой глубокую трансформацию рабочего процесса, происходящего в рабочем цилиндре двигателя, что, в свою очередь, формирует другие, зачастую более жёсткие, условия работы двигателя. Высокая температура сгорания обеднённой газовоздушной смеси, повышенное содержание водяного пара и оксидов азота, образующиеся в продуктах сгорания создают комплекс факторов, отрицательно влияющих на процесс эксплуатации моторного масла. Использование стандартных смазочных материалов, разработанных для дизельных или бензиновых двигателей, в газовых силовых агрегатах может привести к быстрой потери свойств, повышенному износу деталей, образованию опасных отложений и, как следствие, к преждевременному выходу дорогостоящего оборудования из строя, нивелируя все потенциальные выгоды от перехода на газ [3, 4]. Таким образом, **целью**

настоящего исследования является системный анализ специфических требований к моторным маслам для газовых двигателей сельхозтехники, научное обоснование их состава и свойств, а также разработка практических рекомендаций по их эксплуатации и контролю в реальных условиях АПК.

Предметы и материалы.

Сельскохозяйственные тракторы и комбайны – основные потребители дизельного топлива парка агропромышленного комплекса. Технико-экономические расчёты, выполненные для широкого модельного ряда тракторов от МТЗ-82 до К-701, демонстрируют высокую инвестиционную привлекательность их переоборудования: срок окупаемости капитальных затрат варьируется от 5 до 19 месяцев при внутренней норме доходности 5,7…22,4 % [1]. Это делает перевод парка на газомоторное топливо (ГМТ) эффективным инструментом снижения себестоимости продукции. На практике применяются две основные технологии модификации дизельных двигателей [1]:

Газодизельный процесс. Двигатель работает на смеси газа (до 90…95 % по энергии) и запальной дозы дизельного топлива, необходимой для воспламенения (коэффициент замещения достигает 0,9). Основным преимуществом является сохранение возможности работы в дизельном режиме без использования смеси газа.

Монотопливный газовый процесс с искровым зажиганием. Полное замещение дизельного топлива. Требует кардинальной переделки: снижение степени сжатия (до $\varepsilon = 10…12$), увеличение камеры сгорания, установку системы зажигания и электронного управления подачей газа.

Выбор между компримированным и сжиженным природным газом определяется логистикой. КПГ обеспечивает меньшую полную стоимость единицы работы, согласно расчётам \$0,0459/кВт·ч против \$0,088/кВт·ч у СПГ, но требует массивной баллонной аппаратуры [1]. СПГ, несмотря на более высокую стоимость криогенного оборудования, предлагает в 2,8…3,5 раза меньший объём и в 2…5 раз меньшую массу топливных баков при значительно большем запасе хода: 7,3 ч против 4,3 ч для трактора К-700 [1].

Процессы старения моторного масла, характерные для газопоршневых двигателей. Особенности рабочего цикла двигателя на обеднённой газовой смеси инициируют процессы деградации масла. В первую очередь это нитрование и химическая коррозия, вызванные высокой температурой сгорания, которая способствует интенсивному образованию оксидов азота. В картере двигателя присутствуют пары воды, являющиеся продуктом сгорания метана. Оксиды азота взаимодействуют с парами воды с образованием азотной (HNO_3) и азотистой (HNO_2) кислот. Эти сильные окислители вступают в реакции нитрования с углеводородными цепями базового масла и компонентами пакета присадок [3, 5, 10, 11]. В результате чего процесс нитрования вызывает загущение масла образовавшимися полимерами, происходит резкий рост кислотного числа, вызывая коррозию двигателя и образование лаковых отложений. Стехиометрическое сгорание метана приводит к образованию значительно большего количества водяного пара по сравнению с углеводородными топливами. При неполном прогреве двигателя, работе на

малых нагрузках или в условиях неэффективной вентиляции картера происходит конденсация влаги, вызывая образование стойкой эмульсии. Это приводит к резкому ухудшению противоизносных свойств масла и его вспениванию в процессе эксплуатации. Для масел на основе сложных эфиров или содержащих эфирные компоненты в присадках актуальна опасность гидролитического расщепления с потерей рабочих характеристик и образованием коррозионно-активных продуктов [4]. Также для газопоршневых двигателей характерно образование зольных отложений. В газовом двигателе отсутствует эффект «смыва» масляного нагара топливом со стенок цилиндра, который в некоторой степени очищает камеру сгорания. В сочетании с повышенной температурой это приводит к тому, что все масляные составляющие, попадающие в зону сгорания через систему вентиляции картера или вследствие угара, подвергаются пиролизу и коксованию. Детергенты и депрессанты на основе солей кальция, магния, цинка при сгорании образуют твёрдые, непроводящие неорганические (зольные) отложения. Они накапливаются на выпускных клапанах и в камере сгорания, а также на днище. Эти отложения обладают высокой теплоизоляцией, что ведёт к перегреву деталей, а также могут стать источником калильного зажигания – неуправляемого воспламенения смеси от раскалённых частиц [3, 7, 8, 9].

Результаты исследований.

В результате проведённых исследований определены основные требования к моторным маслам для газопоршневых автотракторных двигателей. В первую очередь необходимо использовать моторные масла с низким содержанием сульфатной золы. Для газовых двигателей предпочтительны масла категорий Low SAPS (Sulphated Ash, Phosphorus, Sulphur – зольность ≤ 0,5 %) или Mid SAPS (зольность – 0,5…0,8 %) [3, 7]. Современные пакеты присадок для таких масел строятся на основе беззольных или малозольных компонентов. Следующее требование к моторному маслу – химическая стабильность и возможность нейтрализации агрессивных кислот. Для этого необходимо поддерживать достаточное щелочное число. Однако в газовых двигателях классические высокозольные детергенты на основе кальция для поддержания TBN нежелательны, следовательно, требуются составы с оптимизированным TBN, рекомендуемый диапазон 8…12 мг КОН/г, достигаемым за счёт беззольных или малозольных нейтрализующих агентов [3, 6]. Также моторное масло должно обладать превосходными деэмульгирующими свойствами, то есть способностью к быстрому и полному отделению воды от масла и высокой гидролитической стабильностью. Предпочтение отдаётся базовым маслам, инертным к воде, таким как полиальфаолефины и высококачественные гидроизомеризованные основы [4, 12, 13, 14].

Заключение.

Перевод сельскохозяйственной техники на газомоторное топливо является комплексной инженерной задачей, успех которой неразрывно связан с корректной организацией работы подбору и определению ресурсного потенциала эксплуатируемого моторного масла. Стандартные моторные масла не способны долговременно противостоять специфическим процессам

деградации, происходящим в процессе работы системы «моторное масло – двигатель».

Научно-техническим ответом на эти вызовы являются специализированные моторные масла с комплексом свойств:

- низкая сульфатная зольность (Low/Mid SAPS);
- повышенная стойкость к окислению и нитрованию;
- высокая гидролитическая стабильность;
- оптимизированное щелочное число.

Их выбор должен основываться на официальных допусках производителей двигателей и международных классификациях. Для обеспечения долговечности двигателей в условиях реальной сельскохозяйственной эксплуатации необходима адаптация сервисных стратегий: сокращение межсервисных интервалов и, что наиболее эффективно, внедрение системы регулярного лабораторного контроля состояния масла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эффективность применения ГМТ в сельском хозяйстве / Л. А. Гнедова, К. А. Гриценко, Н. А. Лапушкин, В. Б. Перетряхина // Труды ООО «Газпром ВНИИГАЗ». – 2015.

2. Дидманидзе, О. Н. Метановое число природного газа и его влияние на эффективность рабочего процесса газового двигателя / О. Н. Дидманидзе, А. С. Афанасьев, Р. Т. Хакимов // Записки Горного института. – 2021. – Т. 251. – С. 730-737. – DOI: 10.31897/PMI.2021.5.12.

3. Taylor, R. Engine Lubricants for Natural Gas Fuels / R. Taylor, M. Evans // SAE Technical Paper Series. – 2002. – № 2002-01-2875.

4. Толмачев, Д. И. Требования к моторным маслам для газовых двигателей внутреннего сгорания / Д. И. Толмачев, Н. В. Голубенко // Научный форум. – 2016.

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. : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2022. – С. 15-21.

6. Малёнкина, И. Ф. Система обеспечения эффективного развития и эксплуатации сети метановых автозаправочных станций / И. Ф. Малёнкина, Г. М. Ровнер, Я. С. Мкртчан. – М. : «Нефть и газ» РГУ им. И.М. Губкина, 2005. – 272 с.

7. Хакимов, Р. Т. Математическое моделирование двухфазной среды элементов топливоподающей системы ГБО автотракторной техники / Р. Т. Хакимов // Вестник СПбГАУ. – 2020. – № 1. – С. 220-225.

8. Хакимов, Р. Т. Модель корреляции выбросов вредных веществ автомобиля с использованием динамометрического тестирования / Р. Т. Хакимов // Технико-технологические проблемы сервиса. – 2012. – № 2(20). – С. 15-19.

9. Хакимов, Р. Т. Влияние характеристик выгорания на показатели рабочего цикла газового двигателя при использовании электронной системы управления / Р. Т. Хакимов // Грузовик. – 2008. – № 4. – С. 27-29.

10. Didmanidze, O. N. Heat and mass transfer of multicomponent gas mixtures in cryogenic tank of automotive equipment / O. N. Didmanidze, A. S. Afanasyev, R. T. Khakimov // Journal of Physics: Conference Series, Novorossiysk, Virtual, 15-16 июня 2021 года. – Novorossiysk, Virtual, 2021. – P. 012024.

11. Официальный сайт Liqui Moly [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.liqui-moly.com/en/products.html.

12. Официальный сайт FUCHS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.fuchs.com/?ysclid=mkxxvgawic32541892.

13. 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.

14. Анализ масла для дизельного двигателя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.oillab.ru/uslugi/analiz-masel/analiz-masla-dlya-gazovogo-dvigatelya/?srsltid=AfmBOorpGiJfRbYXs2rd98kuDlxhLFMZtPD4AhdGDzmFb26Av-mMBl5y.

Об авторах:

Хакимов Рамиль Тагирович, заведующий кафедрой «Автомобили, тракторы и технический сервис», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (196601, Российская Федерация Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское шоссе, 2), доктор технических наук, доцент, haki7@mail.ru.

Якименко Илья Юрьевич, соискатель, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (196601, Российская Федерация Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское шоссе, 2), y@kimenko.ru.

About the authors:

Ramil T. Khakimov, Head of the Department of «Automobiles, Tractors and Technical Service», Saint-Petersburg State Agrarian University (196601, Russian Federation, Saint Petersburg, Pushkin, Petersburg Highway, 2), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, haki7@mail.ru.

Ilya Yu. Yakimenko, Applicant, Saint-Petersburg State Agrarian University (196601, Russian Federation, Saint Petersburg, Pushkin, Petersburg Highway, 2), y@kimenko.ru.

УДК 621.43.016

ПОВЫШЕНИЕ ПУСКОВЫХ КАЧЕСТВ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ЗА СЧЕТ КОМПЛЕКСНОГО ПОДОГРЕВА

М. А. Абраров, Ф. З. Габдрафиков
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, Российская Федерация

Аннотация. *Статья посвящена решению актуальной проблемы ненадежного пуска двигателей внутреннего сгорания в условиях отрицательных температур. Авторы констатируют фрагментарность существующих исследований и отсутствие комплексного подхода. На основе этого анализа разработана схема влияния управляемых факторов и сформулирована концепция комплексной тепловой подготовки силового агрегата.*
Ключевые слова: *холодный пуск двигателя, комплексная тепловая подготовка, распределение энергии.*

IMPROVING THE STARTING QUALITY OF AUTOTRACTOR DIESELS THROUGH COMPREHENSIVE HEATING

M. A. Abrarov, F. Z. Gabdraffikov
Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russian Federation

Abstract. *The article is devoted to solving the urgent problem of unreliable starting of internal combustion engines in conditions of negative temperatures. The authors note the fragmented nature of existing research and the lack of a comprehensive approach. Based on this analysis, a diagram of the influence of controlled factors has been developed and the concept of comprehensive thermal preparation of the power unit has been formulated.*
Keywords: *cold engine start, comprehensive thermal preparation, energy distribution.*

Эффективная эксплуатация в условиях отрицательных температур машинно-тракторных агрегатов (МТА), транспортных средств и энергетических установок, оснащенных дизельными двигателями внутреннего сгорания (ДВС) из-за трудностей запуска, остается и является весьма актуальной и недостаточно решенной научно-практической задачей [1, 2]. Несмотря на усилия многих исследователей, направленные на разработку систем и методик по улучшению пусковых характеристик, универсального и оптимального решения до сих пор не предложено.

Пуск дизельных двигателей при отрицательной температуре затруднен из-за крайней сложности обеспечения пусковой частоты вращения коленчатого вала, ухудшения условий смесеобразования и воспламенения горючей смеси. Это обусловлено низкой температурой моторного масла, воздушного заряда,

деталей механизмов, камеры сгорания и степенью заряженности аккумуляторной батареи (АКБ) [3, 4].

Известен широкий спектр технических средств и методов, позволяющих облегчить запуск холодного двигателя. Однако, комплексного научного подхода к их систематизации и сравнительному анализу эффективности нет.

Актуальность данной проблемы многократно возрастает в контексте глобальных экологических вопросов и постоянного удорожания топливно-смазочных материалов. В этих условиях научно обоснованный выбор технологий облегчения холодного пуска становится не просто технической, а стратегической задачей, от которой зависит эффективность эксплуатации всего парка автотракторной и специальной техники.

Процесс повышения надежности пуска дизельного двигателя можно представить в виде соответствующей модели, построенной по принципу «вход и выход». Запуск двигателя – это его реакция на входные воздействия, которые заданы многомерным фактором $X(t) = \{x_1(t); x_2(t); \ldots; x_i(t); \ldots; x_n(t)\}$. Результат его работы – выходной вектор – функция $Y(t)=\{y_1(t); y_2(t); \ldots; y_i(t); \ldots; y_m(t)\}$, характеризующий результат запуска холодного двигателя и его технологические способы управления $U(t) = \{u_1(t); u_2(t); \ldots; u_i(t); \ldots; u_k(t)\}$ и фиксированных значениях конструктивных параметров $K(t) = \{k_1(t); k_2(t); \ldots; k_i(t); \ldots; k_j(t)\}$.

На Рисунке 1 представлена информационная модель повышения надежности пуска двигателя МТА.

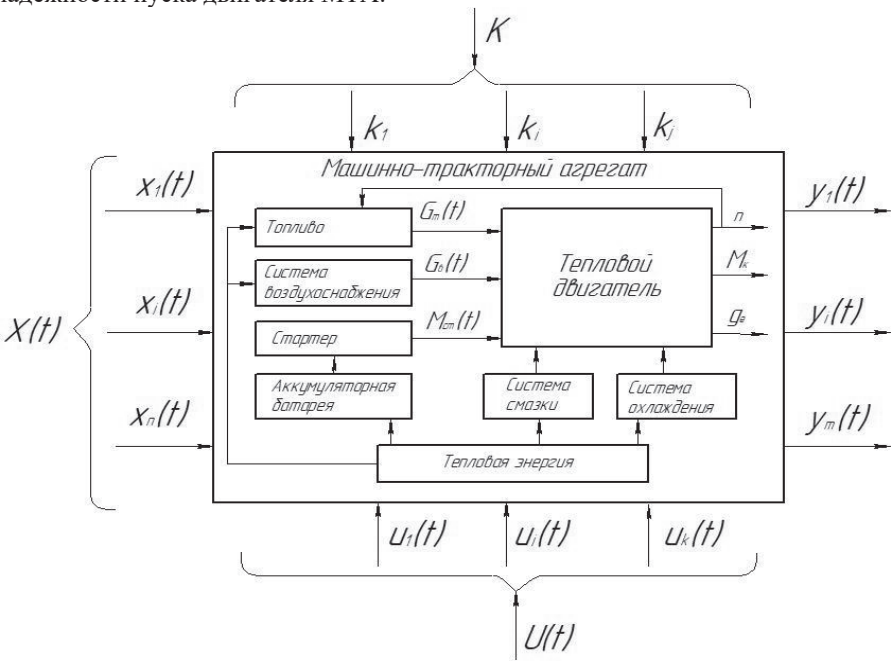


Рисунок 1 – Информационная модель повышения

Таким образом, система определяется как совокупность взаимосвязанных и взаимозависимых элементов, образующих новое качество, не сводимое к простой сумме свойств ее частей. При этом каждый элемент рассматривается как функционально самостоятельная, но неразрывно связанная с целым единица. Для диагностики состояния системы первостепенное значение имеет идентификация системообразующих элементов, определение их функционального вклада и оценка степени их влияния на общую эффективность системы.

Нами представлены результаты применения описанного системного подхода для анализа комплекса факторов, определяющих успешность пуска двигателей внутреннего сгорания в условиях низких отрицательных температур. Исследование базируется на фундаментальных закономерностях процесса электростартерного пуска [5, 6].

Процесс запуска холодного двигателя можно структурно разделить на три последовательные фазы, каждая из которых описывается своим динамическим уравнением:

Фаза начального прокручивания: коленчатый вал приводится во вращение исключительно стартером.

$$M_{\text{ст}} = M_{\text{сопр}} + J(d\omega/dt) \quad (1)$$

Фаза неустановившейся работы: вращение коленвала обеспечивается как стартером, так и начавшими работать цилиндрами.

$$M_{\text{ст}} + \sum M_{\text{ц}} = M_{\text{сопр}} + J\,(d\omega/dt) \quad (2)$$

Фаза самостоятельной работы: коленчатый вал вращается только за счет усилий работающих цилиндров.

$$\sum M_{\text{ц}} = M_{\text{сопр}} + J(d\omega/dt), \quad (3)$$

где $M_{\text{ст}}$ – крутящий момент, развиваемый стартером, Н·м;

$M_{\text{сопр}}$ – момент сопротивления вращению коленвала, Н·м;

$\Sigma M_{\text{ц}}$ – суммарный индикаторный момент от работающих цилиндров, Н·м;

J – приведенный момент инерции двигателя, кг·м²;

ω – угловая скорость коленвала, с$^{-1}$;

t – время, с.

Как следует из анализа уравнений, и особенно из уравнения (2), именно вторая фаза является наиболее значимой с точки зрения управления пуском. Для повышения его надежности при низких температурах необходим комплексный подход, направленный на:

- увеличение выходного момента стартера ($M_{\text{ст}}$).
- оптимизацию условий для инициирования рабочего цикла в цилиндрах ($\Sigma M_{\text{ц}}$).
- снижение момента сопротивления вращению ($M_{\text{сопр}}$).
- уменьшение приведенного момента инерции (J).

Таким образом, совокупность факторов, фигурирующих в уравнении (2), формирует сложную систему, определяющую успешность запуска.

Рост момента $M_{\text{ст}}$ при прочих равных условиях напрямую увеличивает момент ускорения:

$$M_y = M_{ст} - M_{сопр} = J(d\omega/dt). \quad (4)$$

Это приводит к росту частоты вращения коленвала, что, в свою очередь, повышает температуру в камере сгорания в конце такта сжатия, облегчает воспламенение топливно-воздушной смеси и, как следствие, существенно облегчает весь процесс пуска.

С электромеханической точки зрения, развиваемый момент стартера определяется как:

$$M_{ст} = M_{элм} = \frac{p*N}{2\pi*a} Ф * I_Я, \quad (5)$$

где p – число пар полюсов;

N – количество проводников в обмотке якоря;

$Ф$ – магнитный поток, Вб;

$I_я$ – ток якоря, А;

a – число параллельных ветвей обмотки.

Сила тока $I_я$ критически зависит от сопротивления всей силовой цепи, скорости вращения якоря и состояния АКБ, в т.ч. от температуры электролита. Магнитный поток $Ф$ также является функцией тока, потребляемого стартером.

Полезная мощность стартера связана с его моментом и частотой вращения зависимостью:

$$P_{ст} = 2\pi M_{ст} n, \quad (6)$$

где n – частота вращения коленвала, с-[1].

$M_{ст}$ – момент стартера во время пуска: для сокращения времени запуска необходима более высокая мощность.

Увеличения $M_{ст}$ возможно за счет применения эксплуатационно-технологических мер $X(t)$, $U(t)$ (Рисунок 1), например, использование АКБ с повышенными пусковыми токами, поддержание ее высокого заряда, минимизация сопротивления в силовых цепях и конструктивных мер K, например, применение стартеров повышенной мощности, совершенствование их конструкции для повышения КПД.

Величина момента сопротивления вращению коленчатого вала является комплексным параметром, находящимся в сильной зависимости от температурно-вязкостных характеристик моторного масла. Снижение данного момента оказывает качественно аналогичный положительный эффект на вероятность успешного пуска, что и увеличение крутящего момента стартера. К практическим методам уменьшения сопротивления вращению можно отнести: конструктивные решения (уменьшение площади трущихся поверхностей, снижение удельного давления в парах трения, применение материалов с пониженным коэффициентом трения), технологические приемы (предварительная подача смазки на стенки цилиндров, принудительная прокачка подшипников подогретым маслом с помощью вспомогательного насоса), технические мероприятия (предпусковое прокручивание коленвала, отключение трансмиссии через сцепление, использование декомпрессионных механизмов и оптимизация фаз газораспределения).

Критическим фактором успешного пуска является создание условий для устойчивого воспламенения топливно-воздушной смеси в конце такта сжатия. В

уравнениях динамики это отражается через сумму индикаторных моментов работающих цилиндров. Рост данного параметра напрямую сокращает продолжительность пуска, ускоряет выход двигателя на режим стабильного прогрева и повышает его готовность к принятию нагрузки. Современные методы оптимизации рабочего процесса включают: модификацию топливных характеристик (применение легких фракций топлива, использование жидкостей с низкой температурой воспламенения, целенаправленное обогащение смеси); термическую подготовку (подогрев топлива перед форсунками, воздуха на впуске или непосредственный нагрев в камере сгорания с помощью специальных свечей); кинематическую оптимизацию (повышение пусковых оборотов коленвала, подбор оптимального угла опережения впрыска).

В отличие от других параметров, момент инерции, приведенный к коленвалу, является конструктивно заданной величиной. Возможности его оперативного изменения в условиях эксплуатации крайне ограничены и поэтому рассматривать его не будем.

На основе углубленного анализа теории электростартерного пуска была разработана схема влияния управляемых факторов $U(t)$ на пуск дизельного двигателя (Рисунок 2).

В развитие этого системного подхода была сформулирована методология обеспечения пусковых качеств дизельных двигателей в условиях низких температур окружающей среды. Её основой является принцип комплексной тепловой подготовки силового агрегата к запуску, предусматривающий синхронный подогрев ключевых функциональных систем:

- системы охлаждения;
- системы смазки;
- системы питания (топливоподачи и воздушного заряда);
- аккумуляторных батарей.

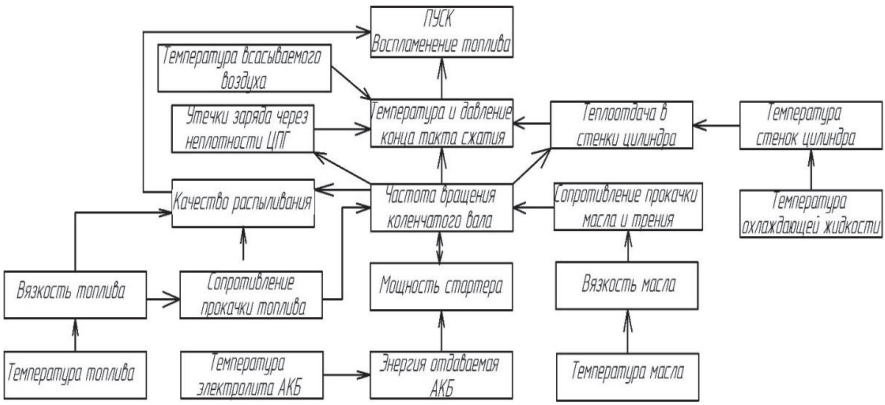


Рисунок 2 – Схема влияния управляемых факторов на пуск дизельного двигателя

Наиболее технологичным решением для двигателей жидкостного охлаждения является применение электрических подогревателей масла, охлаждающей жидкости, топлива и аккумуляторной батареи, что обусловлено их конструктивной простотой, удобством в обслуживании, компактными размерами и постоянной готовностью к работе. Питание таких устройств может осуществляться как от внешней сети, так и автономно – от штатной АКБ. При использовании бортовой АКБ в качестве источника энергии возникает ключевая проблема: ограниченный энергоресурс требует его оптимального распределения между потребителями для максимизации вероятности успешного пуска силового агрегата.

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 имени К. А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.

2. 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.

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. 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.

5. Габдрафиков, Ф. З. Предпусковая тепловая подготовка дизелей / Ф. З. Габдрафиков, М. А. Абраров, И. А. Абраров // Сельский механизатор. – 2014. – № 8. – С. 32-33.

6. Пасечников, Н. С. Эксплуатация тракторов в зимнее время / Н. С. Пасечников, И. В. Болгов. – М. : Россельхозиздат, 1972 г. – 144 стр.

7. Николаев, Л. А. Системы подогрева тракторных дизелей при пуске / Л. А. Николаев, А. П. Сташкевич, И. А. Захаров. – М. : Машиностроение, 1977 – 191 с.

8. Робустов, В. В. Системный анализ факторов влияния на успех пуска ДВС в условиях низких отрицательных температур / В. В. Робустов // Омский научный вестник. – 2006. – № 3(36). – С. 100-104.

9. Абраров, М. А. Влияние низких температур на характеристики стартерных аккумуляторных батарей / М. А. Абраров, И. А. Абраров // Российский электронный научный журнал. – 2025. – № 1(55). – С. 23-28. – DOI 10.31563/2308-9644-2025-55-1-23-28.

Об авторах:

Абраров Марсель Альмирович, доцент, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Российская Федерация, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34), кандидат технических наук, 01marsel@mail.ru.

Габдрафиков Фаниль Закариевич, профессор, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Российская Федерация, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34), доцент, доктор технических наук, gabdrafikov@mail.ru.

About the authors:

Marcel A. Abrarov, Associate Professor, Bashkir State Agrarian University (450001, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letiya Oktyabrya str., 34), Candidate of Technical Sciences, 01marsel@mail.ru.

Fanil Z. Gabdrafikov, Professor, Bashkir State Agrarian University (450001, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letiya Oktyabrya str., 34), Associate Professor, Doctor of Technical Sciences, gabdrafikov@mail.ru.

УДК 630.377.44

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАКТОРА

Г. Ж. Айдарбеков[1], Г. Е. Митягин[2], А. И. Полевой[2]
[1]Кызылординский открытый университет, г. Кызылорда, Республика Казахстан
[2]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Электрические тракторы, представляющие собой альтернативу традиционным дизельным машинам, привлекают внимание благодаря потенциалу сокращения выбросов парниковых газов и эксплуатационных расходов. В данной статье на основе анализа современных разработок и научной литературы систематизированы ключевые конструктивные и технологические характеристики электрических тракторов. Рассмотрены конфигурации силовых приводов, особенности литий-ионных аккумуляторных систем, аспекты модульности и автономности. Проведен сравнительный анализ эксплуатационных показателей, экономических факторов и воздействия на окружающую среду. Выявлены основные барьеры для широкого внедрения, включая высокую начальную стоимость, ограничения зарядной инфраструктуры и технологическую готовность систем хранения энергии. Результаты указывают на значительный потенциал электрических тракторов для трансформации технологических процессов, реализуемых сельскохозяйственными предприятиями, однако для их успешной интеграции необходимы скоординированные усилия в области технологических инноваций, развития инфраструктуры и адаптации нормативно-правовой базы.*
Ключевые слова: *электрический трактор, сельскохозяйственная техника, силовая установка, аккумуляторная батарея, автономность, устойчивое развитие, экономическая эффективность, экологический след.*

DETERMINATION OF THE KEY DESIGN AND TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF AN ELECTRIC TRACTOR

G. Zh. Aydarbekov[a], G. E. Mityagin[b], A. I. Polevoy[b]
[a]Kyzylorda Open University, Kyzylorda, Republic of Kazakhstan
[b]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Electric tractors, which are an alternative to traditional diesel machines, are attracting attention due to their potential to reduce greenhouse gas emissions and operating costs. This article provides a systematic overview of the key design and technological features of electric tractors based on an analysis of current developments and scientific literature. It explores the configurations of power drives, the characteristics of lithium-ion battery systems, and the aspects of modularity and autonomy. The article also conducts a comparative analysis of performance indicators, economic factors, and environmental impact. The main barriers to widespread adoption have been identified, including high initial costs, limited charging infrastructure, and the technological readiness of energy storage systems. The results indicate that electric tractors have significant potential to transform agricultural processes, but their successful integration requires coordinated efforts in technological innovation, infrastructure development, and regulatory adaptation.*
Keywords: *electric tractor, agricultural machinery, power plant, battery, autonomy, sustainable development, economic efficiency, and environmental footprint.*

Введение

Сельскохозяйственный сектор является одним из основных потребителей энергии и значимым источником выбросов загрязняющих веществ (Рисунки 1, 2), включая CO_2, NO_x и твердые частицы [1, 2]. Дизельные тракторы, долгое время остававшиеся основой механизации, вносят значительный вклад в эту проблему. В контексте глобальной задачи по декарбонизации и повышению ресурсоэффективности актуальным направлением развития агротехники становится ее электрификация [3, 4].

Рисунок 1 – Структура выбросов парниковых газов сельским хозяйством Российской Федерации на примере 2019 года, % CO_2-эквивалента

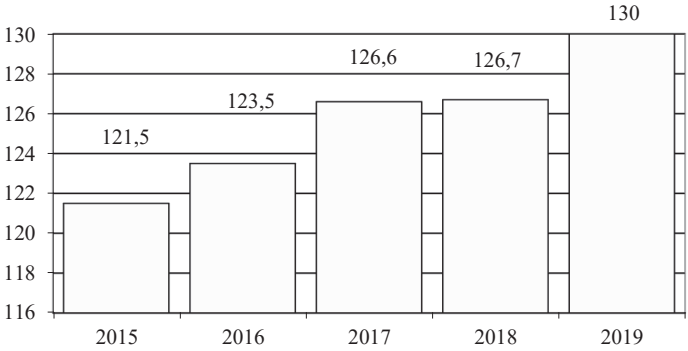


Рисунок 2 – Динамика выбросов парниковых газов сельским хозяйством Российской Федерации, млн т CO_2-эквивалента [1]

Электрические тракторы, оснащенные электродвигателями и аккумуляторными батареями, предлагают принципиально иной подход. Их преимущества включают нулевой уровень выбросов в процессе эксплуатации, более низкий уровень шума, высокий крутящий момент на низких оборотах и снижение эксплуатационных затрат за счет высокой энергоэффективности и упрощенной конструкции [5, 6]. Прогнозируется, что к 2042 году мировой рынок электрических строительных и сельскохозяйственных машин может достичь 105 млрд долларов США [7, 8].

Несмотря на очевидные перспективы, переход на электрическую тягу в сельском хозяйстве сопряжен с комплексом технологических, экономических и инфраструктурных вызовов. Цель данной статьи – на основе системного анализа современных данных определить и охарактеризовать наиболее значимые конструктивные и технологические особенности электрических тракторов, оценить их потенциал и выявить ключевые барьеры для массового внедрения.

Методы

Для достижения поставленной цели был проведен аналитический обзор современных научных публикаций, технических отчетов и данных отраслевых аналитиков, посвященных разработке и применению электрических тракторов. Источники включали рецензируемые журналы, материалы конференций, отчеты исследовательских институтов и публикации ведущих производителей сельскохозяйственной техники. Анализ фокусировался на следующих аспектах: конструкция силовых приводов и передач; параметры и характеристики аккумуляторных систем; показатели производительности и эффективности; экономические модели (ТСО – совокупная стоимость владения, ROI – возврат на инвестиции); оценка жизненного цикла и экологического воздействия; анализ технологических и рыночных барьеров.

Сравнительный метод использовался для сопоставления характеристик электрических и дизельных тракторов. Особое внимание уделялось ссылкам на

конкретные модели (например, New Holland T4 Electric Power, Fendt e100 Vario, Solectrac e25, Monarch Tractor MK-V и др.).

Результаты и обсуждение

Детальный анализ конструктивных и технологических параметров позволил выделить основные характеристики, влияющие на общую эффективность как существующих моделей, так и проектируемых машин и фокусировался на следующих аспектах: конструкция силовых приводов и передач; параметры и характеристики аккумуляторных систем; показатели производительности и эффективности; производительность и экономическая эффективность; экологическое воздействие. Также необходимо рассмотреть барьеры, которые могут возникнуть на различных этапах проектирования или внедрения.

Как показывает анализ конструкций электрических тракторов, ключевым элементом конструкции является конфигурация электропривода. Исследования для трактора мощностью 55 кВт сравнили три типа: однодвигательный (Type I), двухдвигательный (Type II) и двухдвигательный с планетарным редуктором (Type III) [9, 10]. Type I показал максимальную выходную мощность (62,8 кВт, 199,5 Н·м). Однако системы Type III демонстрируют преимущества в компактности и оптимизации компоновки, позволяя снизить номинальную мощность тяговых электродвигателей с 58,4 кВт до 11,8 кВт при сохранении требуемых характеристик [9].

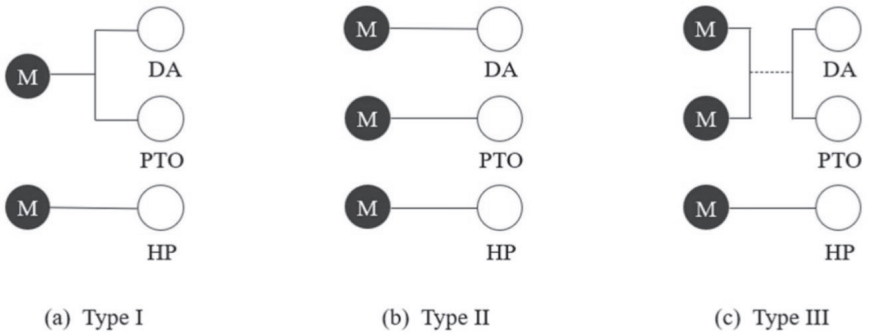


Рисунок 3 – Функциональные схемы транспортно-технологической машин

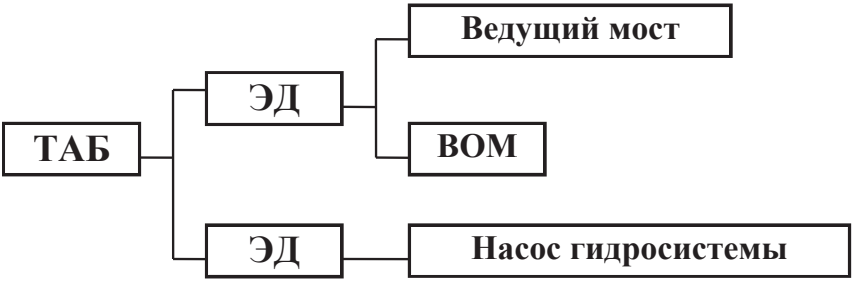


Рисунок 3а – Type I
ТАБ – тяговая аккумуляторная батарея; ЭД – электродвигатель

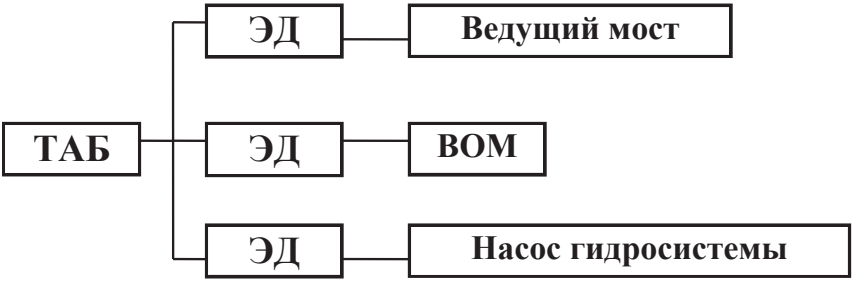


Рисунок 3б – Type II
ТАБ – тяговая аккумуляторная батарея; ЭД – электродвигатель

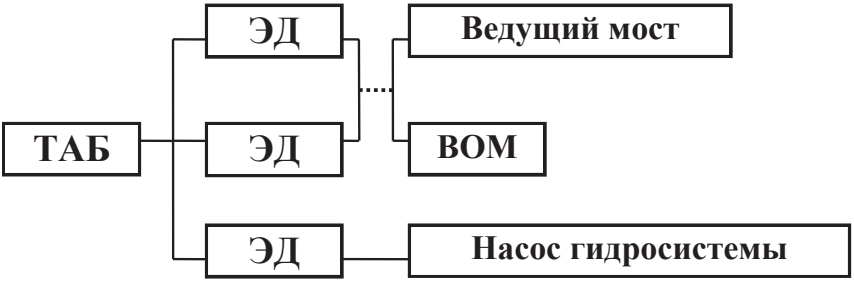


Рисунок 3в – Гибридные ТТМ;
ТАБ – тяговая аккумуляторная батарея; ЭД – электродвигатель

Современные электрические тракторы оснащаются литий-ионными аккумуляторами. Например, батарея мощностью 62 кВт обеспечивает работу до 14 часов после зарядки продолжительностью около 5,5 часов [11]. Для сравнения, компактная модель Solectrac e25 работает 3…6 часов от батареи 22 кВт·ч, а тяжелая e70N – до 8 часов от батареи 60 кВт·ч [11]. Это обеспечивает «нулевой» выброс в месте эксплуатации, в отличие от дизельного трактора, выбросы которого эквивалентны выбросам 14 автомобилей.

Концепция модульности, реализованная в таких моделях, как Amiga, позволяет адаптировать технику под конкретные задачи за счет регулируемой ширины и сварной рамы для крепления различного навесного оборудования [12]. Интеграция автономных функций (режим следования «Follow Me», датчики 360°, управление жестами) и открытого программного обеспечения повышает операционную эффективность и открывает возможности для кастомизации [12].

Электрический трактор демонстрирует высокий момент с места, обеспечивая пиковую производительность на всех скоростях, что критично для операций подъема или буксировки. Операционные затраты значительно ниже: при потреблении 20 кВт·ч/ч и тарифе 7 руб./кВт·ч стоимость часа работы составляет около 140 руб., тогда как для дизельного аналога от 853 до 8210 руб. в зависимости от тягового класса [13]. Сокращение количества подвижных частей (два подшипника в электродвигателе и еще несколько в трансмиссии против 300…400 в дизеле) увеличивает межсервисные интервалы до 10 лет и более, снижая затраты на ТО и простой.

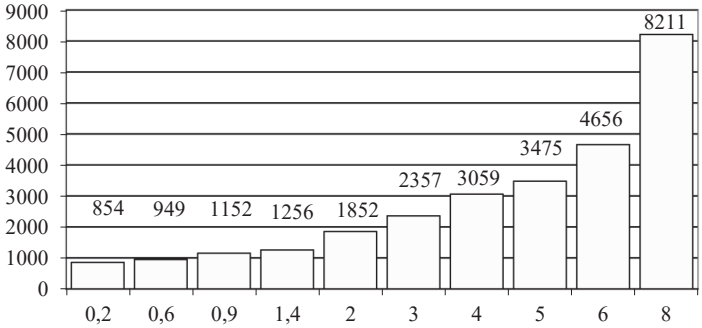


Рисунок 4 – Себестоимость одного мото-часа работы машинно-тракторного агрегата в зависимости от тягового класса в ценах 2024 года, руб. [13]

Прямые выбросы в процессе работы электрического трактора отсутствуют. Исследования показывают, что переход на аккумуляторные электрические тракторы может сократить годовые выбросы до 96 % по сравнению с дизельными [14]. Однако гибридизация показала ограниченную выгоду: последовательный гибридный трактор увеличил выбросы на 10,5 % по сравнению с обычным дизельным трактором, а параллельный гибрид показал почти такие же результаты, как и дизельный трактор [14].

К дополнительным преимуществам можно отнести снижение шумового загрязнения (до 10…20 дБА), что улучшает условия труда и благополучие животных, а также отсутствие выхлопных газов, негативно влияющих на почвенную микрофлору.

Основными препятствиями для повсеместного или хотя бы не единичного внедрения являются высокая начальная стоимость, например, цена

электрического трактора, в настоящее время, разумеется, только зарубежного производства, может в 1,5…2,5 раза превышать стоимость дизельного аналога, а импорт его в Россию пока представляется совершенно нецелесообразным, учитывая ставки утилизационного сбора.

Помимо стоимости машин важным препятствием является ограничения инфраструктуры, как по наличию электрозарядных станций, так и подводимым к ним энергосетевым мощностям, например, даже за рубежом до 80 % ферм в сельской местности не имеют необходимой зарядной инфраструктуры, поскольку развивается она исключительно в крупных городах. Недоверие потенциальных потребителей также обращено на такие характеристики аккумуляторов как энергоемкость, срок службы, скорость зарядки и производительность в экстремальных температурах.

Немаловажным фактором является также переподготовка механиков для обслуживания электрических тракторов [15], а также необходимость модернизации или как минимум техническое перевооружение производственно-технической базы сельскохозяйственных предприятий.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что электрические тракторы обладают значительным потенциалом для повышения экономической эффективности сельского хозяйства. Их ключевые преимущества – энергоэффективность, низкие эксплуатационные расходы и локальное положительное влияние на экологию. Будущие исследования должны быть сфокусированы на разработке аккумуляторов с улучшенной плотностью энергии и устойчивостью к различным природно-производственным факторам, создании стандартизированных, быстрозаряжаемых инфраструктурных решений для сельской местности, развитии «умных» систем управления энергопотреблением и интеграции с точным земледелием.

Заключение

Электрический трактор представляет собой сложную высокотехнологичную систему, эффективность которой определяется синергией конструктивных решений (привод, модульность), технологических инноваций (батареи, автономность) и внешних факторов (инфраструктура, политика). Несмотря на существующие барьеры, тренд на электрификацию необратим. К концу десятилетия ожидается рост доли электрической техники до 30…40 % в ведущих аграрных странах. Для успешной трансформации требуется комплексный подход, включающий продолжение НИОКР, государственную поддержку, развитие инфраструктуры и подготовку кадров, что в совокупности будет способствовать созданию экономически эффективной сельскохозяйственной экосистемы будущего.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тагаева, Т. О. Проблемы экологической безопасности Российской Федерации / Т. О. Тагаева, Л. К. Казанцева, К. А. Кулькова // Экономическая безопасность. – 2022. – Т. 5, № 3. – С. 967-988. – DOI 10.18334/ecsec.5.3.114824.

2. Колпаков, А. Ю. Цена достижения нулевых эмиссий CO2 к середине века: метод и оценка для крупнейших экономик мира / А. Ю. Колпаков, А. А. Янтовский, А. А. Галингер // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2022. – № 3(55). – С. 139-154. – DOI 10.31737/2221-2264-2022-55-3-7.

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. 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.

5. Бижаев, А. В. Исследование параметров трактора с электроприводным силовым агрегатом / А. В. Бижаев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2020. – Т. 14, № 4. – С. 33-42. – DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-4-33-42.

6. Электротракторы сельскохозяйственного назначения: проблемы и перспективы развития / И. В. Фадеев, И. А. Успенский, С. Д. Фомин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2025. – № 4(82). – С. 492-502. – DOI 10.32786/2071-9485-2025-04-52.

7. Старостин, И. А. Анализ мировых тенденций снижения экологической нагрузки при использовании мобильных энергетических средств в коммунальном, дорожно-строительном и сельском хозяйстве / И. А. Старостин, Е. В. Овчинников, А. В. Ещин // Экология промышленного производства. – 2023. – № 3(123). – С. 54-60. – DOI 10.52190/2073-2589_2023_3_54.

8. 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.

9. Design and analysis of a power transmission system for 55 kW electric tractor using agricultural workload data / Seung-Min Baek, Hyeon-Ho Jeon, Yong-Joo Kim [et al.] // PREPRINT (Version 1) available at Research Square. – 2024. – https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5111692/v1.

10. Митягин, Г. Е. Теоретические основы модернизации транспортно-технологических машин установкой электропривода / Г. Е. Митягин, М. К. Бисенов // Международный технический журнал. – 2024. – № 6(94). – С. 61-79. – DOI 10.34286/2949-4176-2024-94-6-61-79.

11. Solectrac Introduces New Backhoe & Tektite Cab For e25 Electric Tractor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tractorhouse.com/blog/ag-equipment-news/2023/03/solectrac-introduces-new-backhoe-and-tektite-cab-for-e25-electric-tractor (дата обращения: 15.12.2025).

12. Amiga Tractor Robot with 1000lbs Capacity [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.roboticgizmos.com/amiga/ (дата обращения: 15.12.2025).

13. Оценка себестоимости эксплуатации беспилотных сельскохозяйственных агрегатов / И. А. Старостин, С. А. Давыдова, А. В. Ещин,

Е. Д. Дегтярева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2024. – Т. 19, № 2(74). – С. 105-112. – DOI 10.12737/2073-0462-2024-105-112.

14. 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 имени К. А. Тимирязева, 2022. – С. 15-21.

15. Митягин, Г. Е. Развитие производства и использования электротранспортных средств в России и его влияние на подготовку специалистов / Г. Е. Митягин, О. П. Андреев, А. А. В. Рупасингхе // Чтения академика В. Н. Болтинского, Москва, 25-26 января 2022 года. Часть 2. – М. : ООО «Сам полиграфист», 2022. – С. 27-35.

Об авторах:

Айдарбеков Галымжан Жалгасбаевич, старший преподаватель, Кызылординский открытый университет (120014, Республика Казахстан, Кызылорда, ул. Г. Муратбаева, 72).

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.

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

About the authors:

Galymzhan Zh. Aidarbekov, Senior Lecturer, Kyzylorda Open University (120014, Republic of Kazakhstan, Kyzylorda, G. Muratbayeva str., 72).

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.

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

УДК 338.43

АГРОКИБЕРНЕТИКА И ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС В АПК

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

Аннотация. *В работе рассмотрены перспективы, особенности и проблемы применения кибернетики и цифровых технологий в сельском хозяйстве. Новые информационные технологии открывают новые возможности в направлении технического прогресса в АПК, увеличения производства сельскохозяйственной продукции, снижения ее себестоимости и повышение качества.*
Ключевые слова: *кибернетика, сельское хозяйство, цифровые технологии, программное обеспечение, робот, управление, контроль, обучение специалистов.*

CYBERNETICS AND TECHNOLOGICAL PROGRESS IN AGRICULTURE

D. V. Anashin
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The paper considers the prospects and features of the application of cybernetics in agriculture. New information technologies open up new opportunities in the direction of increasing agricultural production.*
Keywords: *cybernetics; agriculture; digital technologies; software; robot; control; training of specialists.*

Введение

На протяжении всей истории существования человечества, вопрос пропитания был самым насущным. Только в недалеком прошлом, с изобретением двигателей и внедрением техники в процессы выращивания животных и растений, наметился серьезный сдвиг в решении этой проблемы. Дальнейшее развитие техники неразрывно связано с применением информационных технологий. Новый вид техники – роботы, в т.ч. беспилотная техника, управленческие решения и логистика непосредственно влияют на дальнейшее развитие технического прогресса агропромышленного комплекса (АПК). Результатами такого развития являются повышение производительности труда и объемов производства, качества сельскохозяйственной продукции и снижение ее себестоимости.

Обсуждение работы

В середине XX века для систематизации информации в различных областях науки и техники был принят новый термин «Кибернетика». Слово

«кибернетика» происходит от греческого *κυβερνητική* («кивернитики»), от глагола, означающего «управлять, в т.ч. управлять рулем корабля». Слово «кибернетика» впервые употребил древнегреческий философ Платон в произведении «Законы». В научном смысле слово «кибернетика» впервые использовал французский ученый, физик и математик Андре-Мари Ампер в своем произведении «Эссе о философии наук» (1834 г.) для описания управления в обществе. Уже позднее, в середине прошлого века, этот термин использовал Норберт Винер в книге «Кибернетика», в которой изучались проблемы управления и общения, в т.ч. животных и для проектирования вычислительных машин.

Многие области научной и хозяйственной деятельности человека происходят или тесно связаны с кибернетикой: искусственный интеллект, информатика, теория управления, робототехника, экономическая кибернетика, социальная кибернетика и др. В общем виде кибернетику можно определить как науку о закономерностях получения, хранения, преобразования и передачи информации в управляющих системах. В основе кибернетики лежат три понятия: информация, управление и обратная связь.

Агроэкосистема – это сложная, открытая, динамичная биотехническая система. Компонентами ее являются почва, растения, животные, климат, техника, человек-оператор и экономические условия. Особенностью агроэкосистемы является большая ее инерционность, влияние случайных факторов, таких как погода и нелинейность процессов. Решение таких задач сельского хозяйства, как: системный анализ сельскохозяйственного производства; моделирование биологических и технологических процессов; оптимизация управленческих решений; проектирование автоматизированных систем управления призвана решить агрокибернетика. Именно кибернетический подход позволяет рассматривать сельское хозяйство как единую управляемую систему, где ключевую роль играют информация и информационные потоки.

В общем виде систему управления можно выразить следующим образом:

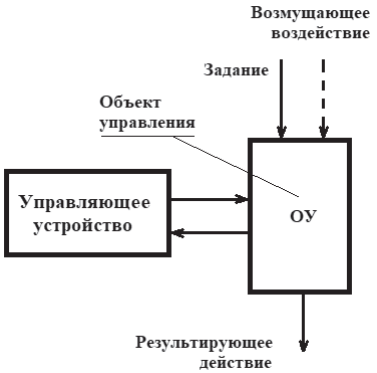


Рисунок 1 – Система управления в общем виде

Структура системы управления: Цель управления → Объект управления → Управляющее устройство → Каналы прямого воздействия на объект управления и обратной связи (информация о состоянии объекта управления). Так, например, в теплице задана технологическая температура 20 градусов. В зависимости от внешних погодных факторов температура в теплице изменяется. Контроллер на основании температурных датчиков из теплицы принимает решение о включении обогревателей или проветривателей. Аналогичным образом работают и роботы – на основании заложенного алгоритма, датчиков и обратной связи происходит функционирование системы.

Сегодня перед сельским хозяйством нашей страны стоят непростые задачи увеличения количественного и качественного роста производства сельскохозяйственной продукции, снижения ее себестоимости, а также снижение вредного техногенного воздействия на экосистему.

Автотракторное машиностроение является одним из основных направлений, обеспечивающих реализацию государственных программ развития, в т.ч:

- Доктрины продовольственной безопасности РФ от 21.01.2020 (указ Президента № 20);
- Стратегии развития агропромышленного комплекса РФ до 2030 г. от 08.09.2022 (распоряжение Правительства № 2567);
- Стратегии научно-технического развития РФ от 01.12.2016 № 642;
- Национальной программы «Цифровая экономика РФ», реализуемая в соответствии с Указом Президента РФ от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития РФ до 2030 г.»
- Стратегии развития сельскохозяйственного машиностроения России до 2030 г., утвержденного распоряжением Правительства РФ от 07.07.2017 № 1455.

Выполнение таких высоких требований возможно только при высокой степени автоматизации и широкой цифровизации сельскохозяйственных технологических процессов.

Материальный мир в своей основе состоит из трех компонентов – вещественных, энергетических и информационных. Они составляют единую систему, в которой информационные составляющие играют определяющую роль. В них формируются управляющие воздействия на энергетические составляющие согласно заложенному алгоритму и системе обратных связей. Проявление энергетических составляющих реализуется посредством вещественных структур. При одних и тех же материальных и энергетических ресурсах наиболее эффективным может быть хозяйство и техника при использовании оптимальных алгоритмов решения поставленных задач. В связи с этим, все больше возрастает роль цифровизации технологических процессов в сельском хозяйстве. Автоматизацией информационных дедуктивных построений, как одной из частей кибернетики, ученые начали серьезно заниматься еще в 80-х годах прошлого века и назвали ее «искусственным интеллектом». За прошедшие 40 лет эта технология прошла большой путь и сегодня очень востребована во всех отраслях, в т.ч. и в сельском хозяйстве.

Вместе с тем, по мере усложнения техники, все более становятся востребованы специалисты – не только узкого профиля, но и широкого. Так, мехатроника является объединяющей информатику, электронику и механику.

По оценкам Минсельхоза России дефицит в квалифицированных кадрах информационных направлений оценивается порядка в 100 тыс. человек.

Необходимы новые прогрессивные технологии обучения таких специалистов.

Одним из возможных решений в подготовке подобных специалистов является разработанная в методическом кабинете кафедры тракторов и автомобилей Института механики и энергетики имени В. П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» игровая форма промежуточного тестирования при обучении студентов.

Предлагаемый учебный комплекс «Тест-Квест» предназначен для промежуточного контроля знаний по пройденным темам. Учебный комплекс «Тест-Квест» разработан с учетом рекомендаций психологов, отмечающих предрасположенность сегодняшней молодежи к игровым формам и электронным техническим средствам.

В предлагаемом электронном решении тестирования обучающихся предусмотрено 2 поля на экране: игровое, выполненное в виде игры-ходилки, в которой может принимать участие либо один, либо два человека и, второе поле, на котором представлен банк вопросов и ответов. В ходе игры каждый участник игры должен контролировать друг друга в правильности ответа.

По ходу игры игроки попадают на поле вопроса. При правильном ответе игрок продолжает движение, при неправильном – штрафуется и пропускает ход. Активный игрок проверяет свои знания, другой игрок – пассивно повторяет пройденный материал.

Кубик игрового поля выпадает в случайном порядке, изображая 3, 4, 5 и -1, что имитирует оценки обучения и подразумевает на уровне подсознания стремление к более высоким баллам.

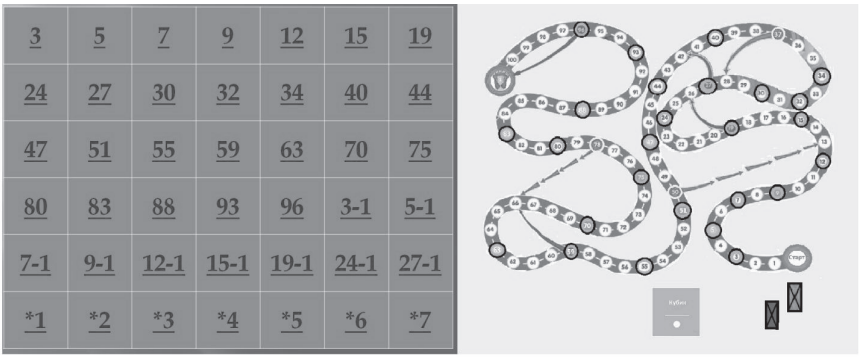


Рисунок 2 – Игра «Тест-Квест»

Методика промежуточного тестирования пройденного материала «Тест-Квест» прошла апробацию среди студентов при обучении дисциплине «Электроника» и получила положительные отзывы. «Тест-Квест» позволяет не только повторять пройденный материал, но и развивает мышление, память и тренирует внимание.

Заключение

Таким образом, с развитием агрокибернетики в общем, и цифровых технологий, в частности, в нашей стране открываются новые возможности технического прогресса в АПК и как следствие – увеличение производства сельскохозяйственной продукции, повышение ее качества и снижение себестоимости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. A survey of fuzzy cognitive maps forecasting metods / M. A. Al-Gunaid, M. V. Shcherbakov, K. S. Zadiran, A. V. Melikov // В сборнике: 2017 8th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications, IISA. – 2017. – С. 1-6.

2. Андреев, С. А. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления : учебник / С. А. Андреев, И. Ф. Бородин. – М. , 2018. – 352 с.

3. Винер, Н. Кибернетика / Н. Винер. – М. : «Наука». – 1983. – 344 с.

4. 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.

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. Кузьмин, В. А. Искусственная нейронная сеть для обоснования параметров ходовых систем тракторов / В. А. Кузьмин, Р. С. Федоткин, В. А. Крючков // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2017. – № 4. – С. 24-30.

7. Прохоров, Ю. В. Математический энциклопедический словарь / Ю. В. Прохоров. – М. . Советская энциклопедия. – 1988. – 848 с.

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 имени К. А. Тимирязева, 2022. – 379 с.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021668626 Российская Федерация. Система проверки знаний (тест-квест) : № 2021667982 : заявл. 11.11.2021 : опубл. 18.11.2021 / Д. В. Анашин, А. В. Меликов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

10. Сергованцев, В. Т. Информация. Сущность и цели / В. Т. Сергованцев // Сборник научных докладов ВИМ. – 2012. – Т. 2. – С. 315-323.

11. 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.

Об авторе:

Анашин Дмитрий Викторович, заведующий методическим кабинетом кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49), anashin@rgau-msha.ru.

About the author:

Dmitry V. Anashin, Head of the Methodological Office of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), anashin@rgau-msha.ru.

УДК 658.562.3

АНАЛИЗ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ

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

Аннотация. *В статье рассмотрен анализ стабильности процесса обработки гильз цилиндров двигателя ЗМЗ-402 с помощью применения контрольных карт скользящих размахов и индивидуальных значений.*
Ключевые слова**:** *гильза цилиндров, ремонт, ремонтный размер, стабильность, контрольные карты.*

ANALYSIS OF THE STABILITY OF THE CYLINDER LINER PROCESS

U. Yu. Antonova
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article examines the analysis of the stability of the machining process of cylinder liners of the ZMZ-402 engine using control charts of sliding ranges and individual values.*
Keywords: *cylinder liner, repair, repair size, stability, control charts.*

Наравне с проблемами обеспечения прочности материалов при трении, есть проблемы обеспечения точности посадок ответственных соединений [1-4]. Гильза цилиндров является одной из основных деталей, ограничивающих ресурс двигателя. От состояния ее рабочей поверхности обусловлена работоспособность двигателя в целом. Износ гильз цилиндров способствует снижению мощности, увеличению расхода топлива и смазки, возникают затруднения при запуске двигателя и т.д. [5-7].

При ремонте двигателей гильзы цилиндров заменяются на новые или обрабатываются под следующий ремонтный размер [8, 9]. Стабильность качества гильз цилиндров в обоих случаях обеспечивается целесообразным выбором технологического оборудования – вертикально-хонинговальных станков [10]. При этом необходимо уделять внимание процессу финишной обработки, при которой формируются требуемые геометрические размеры, оказывающие значимое влияние на дальнейший ресурс двигателя, такие как допуск размера [11] и отклонения формы и шероховатость поверхности [12-14]. В противном случае возникают потери от брака в ремонтном производстве [15-

17]. В связи с этим – контроль является необходимым условием обеспечения качества продукции [18, 19].

Стабильность измерительного процесса или статистически управляемое состояние – это состояние измерительного процесса, при котором удалены все особые причины изменчивости, т.е. наблюдаемая изменчивость может быть объяснена постоянной системой обычных причин.

Стабильность процесса можно оценить с помощью контрольной карты. Если процесс находится в стабильном состоянии, то на контрольной карте отсутствуют точки за контрольными границами, тренды.

Контрольные карты являются одним из основных инструментов статистических методов контроля качества. С их помощью можно наглядно представить протекание технологического процесса, своевременно распознать неслучайные отклонения и нарушения процесса. Контрольные карты позволяют оператору предотвратить дальнейшее появление продукции, не отвечающей заданным показателям.

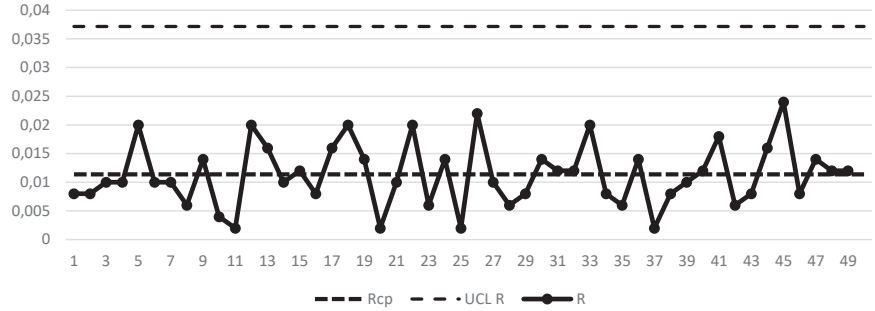
Для оценки технологического процесса финишной обработки гильзы цилиндров двигателя ЗМЗ-402 с номинальным диаметром $92{,}5^{+0{,}084}_{+0{,}024}$ мм под 1-й ремонтный размер рекомендуется применять контрольные карты Шухарта по количественному признаку – скользящих размахов и индивидуальных значений по ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015 «Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта».

В процессе исследования было произведено измерение 50 гильз цилиндров двигателя ЗМЗ-402. Измерение проводилось с помощью индикаторного нутромера 50-100 ГОСТ 9244-75 с ценой деления 0,001 мм при настройке по установочным кольцам с погрешностью ±3,5 мкм.

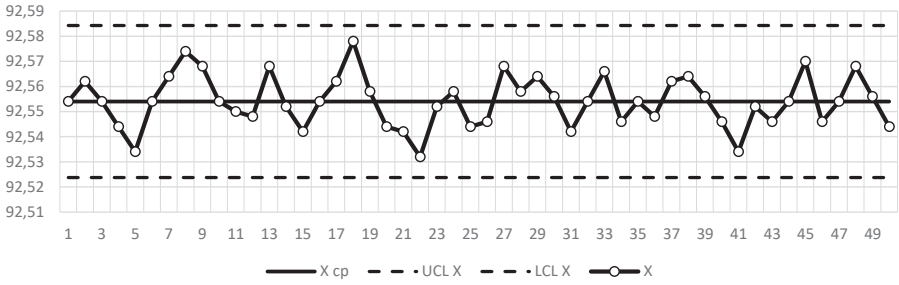
Контрольные карты для обработанных под первый ремонтный размер гильз цилиндров двигателя ЗМЗ-402 представлены на Рисунке 1.

По графикам видно, что выпадающие точки и линии тренда отсутствуют. При проверке структур на особые причины критериев не выявлено. Следовательно, процесс находится в стабильном состоянии по разбросу и среднему значению диаметра (значения на контрольных картах лежат в пределах контрольных границ).

Если процесс находится в нестабильном состоянии – точки выходят за контрольные границы, следует определить, какой особый фактор воздействовал на технологический процесс в соответствующий момент времени. Для облегчения такого поиска рекомендуется при получении данных, использовать специальный контрольный листок, в котором наряду со временем и выборочным значением фиксируют несколько предположительных факторов, которые, по мнению специалиста, могут повлиять на ход процесса. Тогда, анализируя значения этих факторов для точки, вышедшей за границы контрольной карты, можно определить или предположить, какой из зафиксированных факторов вывел процесс из статистически устойчивого состояния.



а



б

Рисунок 1 – Контрольные карты скользящих размахов (а) и индивидуальных значений (б)

После проверки стабильности процесса следует использовать гистограмму с целью определения вероятного уровня брака и коэффициентов, характеризующих качество процесса по точности и по смещению центра группирования размеров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.

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. 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. 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.

5. Антонова, У. Ю. Обоснование методов и средств контроля качества при ремонте соединения «поршень – гильза» : дис. … канд. техн. наук : 05.20.03 / Антонова Ульяна Юрьевна. – Москва, 2019. – 159 с.

6. Лазарь, В. В. Методика оценки качества процесса финишной обработки гильз цилиндров при ремонте двигателей : дис. … канд. техн. наук : 4.3.1 / Лазарь Вера Владимировна. – Москва, 2024. – 145 с.

7. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : Изд-во ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с.

8. Леонов, О. А. Качество сельскохозяйственной техники и контроль при ее производстве и ремонте / О. А. Леонов // Тракторы и сельхозмашины. –2016. – № 3. – С. 30-32.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

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 имени К. А. Тимирязева, 2022. – 379 с.

13. Голиницкий, П. В. Измерение и контроль деталей транспортных и транспортно-технологических комплексов / П. В. Голиницкий, С. К. Тойгамбаев – М. : Компания Спутник+, 2018. – 154 с.

14. 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.

15. Леонов, О. А. Процессный подход при расчете затрат на качество для ремонтных предприятий / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2007. – № 2(22). – С. 94-98.

16. 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.

17. Леонов, О. А. Исследование затрат и потерь при контроле шеек коленчатого вала в условиях ремонтного производства / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2013. – № 2(58). – С. 71-74.

18. 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.

19. 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.

Об авторе:

Антонова Ульяна Юрьевна, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, uantonova@rgau-msha.ru.

About the author:

Uliana Yu. Antonova, Associate Professor of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, uantonova@rgau-msha.ru.

УДК 620.193

БИФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ХЕЛАТА МЕДИ: МИКРОУДОБРЕНИЕ И ИНГИБИТОР КОРРОЗИИ

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

Аннотация. *Проведено исследование коррозионной активности растворов минеральных удобрений по отношению к стали Ст3 и оценены защитные свойства хелатного комплекса меди. Аммиачная селитра показала максимальную агрессивность (1,2172…1,8937 г/(м²×ч)), тогда как хелат меди обеспечил снижение скорости коррозии до 0,0008…0,0019 г/(м²×ч), что соответствует эффективности ингибирования до 99 %. Показана перспективность использования хелата меди как бифункционального средства – микроудобрения и ингибитора коррозии для консервации сельскохозяйственной техники.*
Ключевые слова: *коррозия стали Ст3, минеральные удобрения, хелат меди, скорость коррозии, поляризационные кривые, ингибитор коррозии, экологическая безопасность.*

BIFUNCTIONAL APPLICATION OF COPPER CHELATE: MICROFERTILIZER AND CORROSION INHIBITOR

A. S. Barchukova
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The corrosion activity of aqueous solutions of mineral fertilizers toward St3 carbon steel was investigated, and the protective properties of a copper chelate complex were evaluated. Ammonium nitrate showed the highest aggressiveness (1,2172…1,8937 g/(m²·h)), whereas the copper chelate reduced the corrosion rate to 0,0008…0,0019 g/(m²·h), corresponding to an inhibition efficiency of up to 99 %. The prospects of using the copper chelate as a bifunctional agent – both a microfertilizer and a corrosion inhibitor – for the conservation of agricultural machinery are demonstrated.*
Keywords: *St3 steel corrosion, mineral fertilizers, copper chelate, corrosion rate, polarization curves, corrosion inhibitor, environmental safety.*

Введение

Коррозия металлических элементов сельскохозяйственных машин, контактирующих с минеральными удобрениями, приводит к сокращению срока службы техники и росту затрат на ремонт и простои. Минеральные удобрения,

диссоциируя в воде, формируют электролиты, способные существенно активизировать электрохимическую коррозию конструкционных сталей, особенно при сезонной эксплуатации и длительном хранении машин в условиях повышенной влажности [1].

Наиболее агрессивными являются азотные и комплексные NPK-удобрения, содержащие нитрат-, фосфат- и другие анионы, тогда как карбамид проявляет меньшую коррозионную активность из-за слабой диссоциации и близкого к нейтральному pH растворов [2-5]. Традиционные методы защиты (консервационные масла, синтетические ингибиторы, лакокрасочные покрытия) зачастую ограничены требованиями экологической безопасности и трудоёмкостью применения.

Хелатные комплексы меди широко используются в растениеводстве как высокоэффективные микроудобрения и потенциально могут выполнять функцию антикоррозионных ингибиторов за счёт адсорбции на поверхности стали и формирования защитных плёнок [6, 7].

Цель работы – сопоставить коррозионную активность основных типов минеральных удобрений по отношению к стали Ст3 и оценить защитную эффективность хелата меди.

Материалы и методы

В качестве материала исследовали сталь Ст3, применяемую для изготовления элементов машин, контактирующих с растворами удобрений. Гравиметрические испытания по ГОСТ 9.908-85 проводились на пластинах 50×30×3 мм, подготовленных шлифованием и обезжириванием; в качестве контрольной среды использовали дистиллированную воду.

Изучали растворы карбамида, удобрений NPK 8-20-30 (NPK 1), NPK 16-16-16 (NPK 2), аммиачной селитры и хелатного комплекса меди в концентрациях 1…3 % (по массе); pH определяли перед испытаниями. Образцы выдерживали в растворах 10 суток при 20±2°C, после чего удаляли продукты коррозии и определяли скорость коррозии.

Электрохимические исследования выполнялись методом потенциодинамической поляризации на образцах с рабочей поверхностью 0,785 см² в трёхэлектродной ячейке: рабочий электрод – Ст3, электрод сравнения – насыщенный хлорсеребряный, вспомогательный – платина.

Поляризационные кривые снимали в диапазоне ±250 мВ относительно потенциала коррозии при скорости развертки 1…2 мВ/с; по данным тафелевской экстраполяции определяли $E_{кор}$ и $I_{кор}$. Все измерения выполнялись не менее чем в трёх повторностях с последующей статистической обработкой.

Результаты и обсуждение

Скорости коррозии стали Ст3 в растворах минеральных удобрений после 10 суток экспозиции приведены в Таблице 1.

Гравиметрические испытания показали, что аммиачная селитра обладает наибольшей коррозионной активностью: при концентрации 1 % скорость коррозии составила 1,2172 г/(м²×ч), при 3 % – 1,8937 г/(м²×ч), что в 8,5 раза выше показателя контроля в дистиллированной воде. Это связано с гидролизом

нитрата аммония с образованием азотной кислоты и снижением pH до 5,27…5,45, а также с высокой электропроводностью растворов.

Таблица 1 – Скорость коррозии стали Ст3 в растворах минеральных удобрений после 10 суток экспозиции

№	Наименование	pH, (1 %)	Скорость коррозии (1 %), г/м² · ч	pH, (2 %)	Скорость коррозии (2 %), г/м² · ч	pH, (3 %)	Скорость коррозии (3 %), г/м² · ч
1	Карбамид	7,08	0,1783	7,34	0,1841	7,38	0,1655
2	NPK 1	7,16	0,0214	7,10	0,0243	7,04	0,0312
3	NPK 2	5,35	0,1241	5,15	0,2656	5,02	0,2773
4	Аммиачная селитра	5,45	1,2172	5,40	1,4976	5,27	1,8937
5	Хелатный комплекс меди	10,48	0,0008	10,53	0,0019	10,59	0,0013
6	Контроль (вода)	6,34	0,1439	-	-	-	-

Комплексное удобрение NPK 2 характеризовалось возрастающей скоростью коррозии (0,1241…0,2773 г/(м²×ч) при pH 5,02…5,35), занимая промежуточное положение по агрессивности. Удобрение NPK 1 при близких к нейтральным значениям pH (≈7,0…7,2) было менее агрессивным, скорости коррозии не превышали 0,0312 г/(м²×ч). Карбамид демонстрировал коррозионное действие, сопоставимое с контролем, что связано с его слабой электролитической диссоциацией и pH растворов, близким к 7.

Хелат меди показал наименьшие значения скорости коррозии – 0,0008…0,0019 г/(м²×ч) – что соответствует 0,6…1,3 % от контроля и эффективности ингибирования порядка 99 %. Щелочной характер среды (pH 10,48…10,59) способствует пассивации, однако решающим фактором является формирование адсорбционной хелатной плёнки, экранирующей поверхность стали от действия электролита. Визуально поверхности образцов после экспозиции в растворе хелата меди оставались практически без коррозионных поражений.

Потенциодинамические измерения показали, что во всех растворах минеральных удобрений потенциал коррозии смещается в отрицательную сторону по сравнению с водой, а плотность тока коррозии возрастает, что подтверждает активизацию анодного растворения железа. Для аммиачной селитры и NPK 2 значения $I_{кор}$ достигали 10^{-6}…10^{-7} А, а $E_{кор}$ снижался до –0,60…–0,70 В, что свидетельствует о высокой агрессивности среды.

В присутствии хелата меди потенциал коррозии смещался в положительную область до –0,11…–0,15 В, что на 0,26…0,32 В более положительно, чем в дистиллированной воде, и на 0,34…0,59 В более положительно, чем в растворах удобрений. Плотность тока коррозии снижалась до 3,11…15,4×10^{-8} А, оставаясь ниже или сопоставимой с показателями

контроля. Такое сочетание параметров свидетельствует о действии хелата меди как анодного ингибитора, переводящего сталь в состояние пассивации.

Применение хелатного комплекса меди в качестве эффективного микроудобрения показано в работах [6, 7, 9]. Хелатные формы меди обеспечивают повышение урожайности и качества продукции за счёт высокой биодоступности элемента. Установленная способность хелатного комплекса меди снижать скорость коррозии стали Ст3 на два порядка по сравнению с агрессивными растворами удобрений позволяет рассматривать его как перспективное бифункциональное средство для агроинженерных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.
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. Горностаева, Г. Е. Коррозия низкоуглеродистой стали в среде сульфата аммония и защита от нее органическим ингибитором / Г. Е. Горностаева, Г. В. Редькина, Ю. И. Кузнецов // В кн.: Физикохимия – 2022 : тезисы докладов XVII Конференции молодых ученых, аспирантов и студентов ИФХЭ РАН; 2022 дек 5-9; Москва. – М. : Институт физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина РАН, 2022. – С. 120-121.
4. Новые ингибиторы коррозии для защиты сельскохозяйственной техники / И. А. Успенский, И. В. Фадеев, Л. Ш. Пестряева [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 3(59). – С. 365-376. – doi:10.32786/2071-9485-2020-03-39.
5. Гайдар, С. М. Влияние хелатного удобрения на всхожесть семян томата / С. М. Гайдар, А. С. Барчукова, С. М. Ветрова // Наука и Образование. – 2023. – Т. 6, № 2.
6. Влияние хелатной формы микроудобрения (микровит) на фоне применения высоких доз минеральных удобрений на урожайность сортов картофеля ранней группы спелости / Д. А. Кузнецов, Л. Н. Прокина, Г. Н. Ибрагимова, А. Д. Калинина / Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 1(56). – С. 40-47.
7. Барчукова, А. С. Эффективность применения хелатного комплекса меди при возделывании картофеля / А. С. Барчукова, С. М. Ветрова // АгроЭкоИнженерия. – 2025. – № 2(123). – С. 27-38. – DOI 10.24412/2713-2641-2025-2123-27-38.
8. 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.

9. Антикоррозийные свойства удобрения БОРАМ и его влияние на урожайность картофеля / А. С. Барчукова, С. М. Ветрова, О. М. Лапсарь, А. М. Пикина // Агроинженерия. – 2025. – Т. 27, № 4. – С. 61-67. – DOI 10.26897/2687-1149-2025-4-61-67.

10. Ветрова, С. М. Влияние термической обработки на механические свойства низколегированной стали / С. М. Ветрова, А. С. Барчукова // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых, Могилев, 26-27 октября 2023 года. – Могилев : Белорусско-Российский университет, 2023. – С. 54.

Об авторе:

Барчукова Алина Сергеевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, barchukova@rgau-msha.ru.

About the author:

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.

УДК 677.1

НОВЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С НАТУРАЛЬНЫМИ ВОЛОКНАМИ

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

Аннотация. *Применение натуральных волокон из льна-долгунца и технической конопли при снижении объемов синтетических и искусственных волокон, разработка и использование льняного и конопляного волокна при создании конструкционных материалов для внутренней отделки автомобилей и различной сельскохозяйственной техники сегодня активно развивается в мире в рамках зеленой экономики. Приводятся результаты исследований по увеличению физико-химических и физико-механических характеристик волокна за счет применения в агротехнологиях высокоэффективных защитно-стимулирующих комплексов.*
Ключевые слова: *конструкционные материалы, льняное волокно, конопляное волокно, защитно-стимулирующие комплексы, агротехнологии.*

NEW CONSTRUCTION MATERIALS WITH NATURAL FIBERS

S. L. Belopukhov
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The use of natural fibers from flax and industrial hemp, while reducing the volume of synthetic and artificial fibers, the development and use of flax and hemp fibers in the creation of structural materials for the interior decoration of cars and various agricultural machinery is actively developing in the world as part of the green economy. The results of research on increasing the physical and chemical and physical and mechanical characteristics of the fiber due to the use of highly effective protective and stimulating complexes in agricultural technologies are presented.*
Keywords: *construction materials, flax fiber, hemp fiber, protective and stimulating complexes, agrotechnologies.*

В последние годы в автомобилестроении, тракторостроении, при создании новых образцов техники все более активными темпами стали использовать натуральные волокна из льна и технической конопли [1]. Одним из основных аргументов в данном случае является то, что в отличие от синтетических волокон натуральные волокна не накапливают статическое электричество. Поэтому они более безопасны в эксплуатации, комфортны, а при воздействии повышенных температур не выделяют токсичные органические компоненты. В связи с этим

многие зарубежные автогиганты используют, прежде всего, для внутренней отделки тканевые материалы, утеплители, композиционные материалы на основе натуральных волокон [2, с. 12].

В нашей стране объем производства льняного волокна в среднем составляет 35…40 тыс. тонн, конопляного волокна 10…15 тыс. тонн [3, с. 34]. Современные агротехнологии позволяют кратно увеличить выработку волокна, повысить физико-химические и физико-механические характеристики волокна, которые и определяют высокое качество получаемых материалов [4, с. 221]. В РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева разработаны составы защитно-стимулирующих комплексов, которые при использовании в агротехнологиях выращивания льна и технической конопли при предпосевной обработке семян, при некорневой обработке растений в соответствующие фазы развития позволяют добиться правильного формирования волокон, в которых повышается содержание целлюлозы при снижении побочных веществ в виде лигнина, пентозанов и других веществ [5, с. 28]. В конечном итоге качество волокна закладывается в период роста и развития растений и переходит в волокно, ткани, конструкционные материалы и т.п.

Производство биокомпозитных материалов из льно- и пеньковолокна – одно из перспективных направлений глубокой переработки льна и конопли. При его реализации происходит адаптация процессов прессования и литья под давлением, используемая для переработки древесной стружки и опилок. При этом используют те же клеящие вещества и оборудование, заменяя, например, стекловолокно на конопляное. Таким методом из ковриков лубяного волокна, пропитанных традиционными смолами – фенольными, либо эпоксидными порошками, изготавливают детали для авиатехники, катеров и яхт, автомототехники, детали для легковых автомобилей, бытовые изделия. Такие биокомпозиты облегчают конструкционный вес изделий, легче перерабатываются и утилизируются по окончании срока службы, а их производство экологичнее, чем аналогичное – с минеральными наполнителями.

Для оценки физико-химических и физико-механических характеристик волокна и материалов применены ускоренные лабораторные испытания, по результатам которых разрабатывались рекомендации о целесообразности применения материалов в различных областях техники.

Проводилось определение физико-механических показателей материалов в исходном состоянии, коррозионная активность, усадка после намокания и высушивания; устойчивость к воздействию специальных сред (смазок, масел, растворителей); свойств материалов после условного старения в климатических камерах с последовательным воспроизведением комплексов климатических воздействий.

В результате воздействия окружающей среды, в процессе эксплуатации и хранения техники происходит снижение надежности и безотказности техники. Основными факторами, определяющими сохранность и эксплуатационные показатели техники, являются атмосферная коррозия металлов и старение материалов. При этом скорость атмосферной коррозии зависит от температуры окружающей среды, влажности воздуха, скорости ветра, величины солнечной

радиации, количества атмосферных осадков, продолжительности выпадения осадков, степени загрязнения воздуха промышленными газами, степени загрязнения воздуха солями морской воды, пылью.

Изменение температуры оказывает заметное влияние на скорость коррозии. С ростом температуры ускоряются электрохимические реакции, обуславливающие коррозионный процесс, а также ускоряется испарение пленки влаги, находящейся на поверхности металла, что приводит к сокращению продолжительности его смачивания. Согласно принятой в практике электрохимической теории, коррозия металлов в атмосферных условиях практически протекает только тогда, когда на поверхности находится пленка влаги. Главным критерием ускорения коррозии служит общее время нахождения влажной пленки на металлической поверхности.

Увлажнение поверхностей конструкционных материалов и деталей изделий на открытой площадке происходит при дожде, тумане и выпадении росы. Во время дождя металл коррозирует под непрерывно возобновляющейся видимой пленкой при относительной влажности воздуха около 100 %.

При увеличении частоты падения капель от 0 до 200 скорость коррозии растет линейно, но при дальнейшем увеличении частоты падения капель скорость коррозии остается неизменной. Следовательно, интенсивность дождя не является решающим фактором коррозии. Коррозия достигает максимума при высыхании пленки влаги.

Результаты проведенных лабораторных и климатических испытаний показали, что материалы, выполненные из модифицированного льняного и конопляного волокна, соответствуют требованиям стандартов на изделия, а по показателям разрывных и раздирающих показателей превосходят требования ГОСТ. Срок эксплуатации таких изделий в умеренном и холодном климате составляет не менее 5 лет, а срок хранения до 10 лет.

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 имени К. А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.

2. Натуральные волокна в современных технических материалах / Н. Н. Корсун, С. Л. Белопухов, А. В. Фокин [и др.]. – М. : ВК, 2007. – 160 с. – ISBN 978-5-98405-046-3.

3. Влияние защитно-стимулирующих комплексов на урожай льна и качество волокна / А. В. Захаренко, С. Л. Белопухов, И. И. Дмитревская, Л. П. Разумеева // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 9. – С. 34-36.

4. Агробиотехнологии XXI века / И. И. Серегина, С. П. Торшин, Н. Н. Новиков [и др.]. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2022. – 516 с. – ISBN 978-5-6049409-3-8.

5. Белопухов, С. Л. Роль защитно-стимулирующих комплексов в льноводстве / С. Л. Белопухов, А. В. Захаренко // Достижения науки и техники

АПК. – 2008. – № 9. – С. 27-28.

Об авторе:

Белопухов Сергей Леонидович, профессор кафедры химии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор сельскохозяйственных наук, кандидат химических наук, sbelopuhov@rgau-msha.ru.

About the author:

Sergey L. Belopukhov, Professor of the Department of Chemistry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Chemical Sciences, sbelopuhov@rgau-msha.ru.

УДК 631.31-83

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕСА С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

А. В. Бижаев, В. Л. Чумаков, Н. С. Кривых
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *В условиях растущего интереса к электротракторам с индивидуальным электроприводом колёс актуализируется необходимость экспериментального определения тягово-сцепных свойств ведущих колёс при различных режимах работы и условиях сцепления. В данной работе представлено конструктивное решение и принцип функционирования новой тормозной реверсивной испытательной установки, предназначенной для исследования динамики электроприводного колеса на эластичном ленточном полотне с возможностью имитации различных углов наклона опорной поверхности (0…20°) и безостановочного цикла испытаний. В отличие от существующих установок, использующих барабанные системы или статичные почвенные каналы, предложенная конструкция обеспечивает более реалистичное воспроизведение полевых условий за счёт бесконечной эластичной ленты, минимального трения в опорах и свободного продольного перемещения колеса по шарнирной рычажной системе. Установка позволяет получать комплексные характеристики тягово-сцепных свойств колеса в режимах ведущего и тормозного действия, что критически важно для разработки адаптивных алгоритмов управления индивидуальным электроприводом. Результаты экспериментов на установке могут быть использованы для формирования методик сертификации электротракторов, оптимизации энергетических характеристик аккумуляторных систем и обоснования конструктивных решений электромобильных агрегатов.*
Ключевые слова: *электротрактор, электротяга, электрическая трансмиссия, электромобиль, тяговый расчет трактора, тракторный двигатель.*

BASIC APPROACHES TO ASSESSING THE PARAMETERS OF AN ELECTRIC-DRIVEN WHEEL

A. V. Bizhaev, V. L. Chumakov, N. S. Krivykh
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *In the context of growing interest in electric tractors with individual wheel drive, the need for experimental determination of the traction and adhesion properties of driving wheels under various operating modes and adhesion conditions becomes increasingly relevant. This paper presents a design solution and the operating*

principle of a new reverse braking test rig, designed to study the dynamics of an electrically driven wheel on an elastic belt surface. The rig allows simulating various inclination angles of the supporting surface (0–20∘) and features a continuous testing cycle. Unlike existing setups that use drum systems or static soil channels, the proposed design provides a more realistic reproduction of field conditions thanks to: an endless elastic belt; minimal friction in the supports; free longitudinal movement of the wheel via an articulated linkage system. The test rig enables the acquisition of comprehensive characteristics of the wheel's traction and adhesion properties in both driving and braking modes, which is critically important for developing adaptive control algorithms for individual electric drives. Experimental results obtained with this rig can be used to: develop certification procedures for electric tractors; optimise the energy performance of battery systems; substantiate design solutions for mobile electric vehicle units.
Keywords: *electric tractor, electric traction, electric transmission, electric vehicle, tractor traction calculation, tractor engine.*

В современном тракторостроении одной из основных задач является повышение тягово-сцепных качеств ведущих колёс трактора с опорной поверхностью. Проблема улучшения тягово-сцепных свойств на текущий момент решается многими способами. К таким способам относится: автоматизированное управление навесным орудием и движением трактора, балластирование, гибкое управление трансмиссией, спаривание ведущих колёс и т.д.

Одним из методов решения проблемы повышения тягово-сцепных качеств колёс с опорной поверхностью также является организация индивидуального привода колёс. При современных технологиях такой привод может быть осуществлён при помощи электропривода [1].

Подобные технологии используются и на тракторах [2]. Наиболее активно развивающимися считаются тракторы с электрическим приводом колёс и содержащими аккумуляторные батареи в качестве энергетического источника питания на борту [3, 4]. Подобные машины называются электротракторами. Такие тракторы обладают достаточной экологической безопасностью в локальной зоне работы и не производят токсичных выбросов, по сравнению с тракторами, оснащаемыми дизельными двигателями и требующими определённых методов для снижения токсичности отработавших газов, наносящими вред окружающей среде [5, 6].

Однако конструкции современных электротракторов подразумевают использование электропривода на ведущие мосты, без индивидуальной передачи мощности на колесо. Это снижает потенциал электротрактора и открывает новые подходы к текущей проблемы [7].

При использовании мостовых схем, при которых мощность распределяется при помощи дифференциала, теряется значительная часть энергии на процесс буксования или скольжения, в зависимости от режима работы колёс трактора. Данная ситуация связана с негативными свойствами работы дифференциала,

которые являются его неотъемлемой частью, при этом дифференциал участвует в распределении угловых скоростей колёс, например, при повороте машины.

Перспективной технологий приходящей на замену системе дифференциала является индивидуальный привод колёс [8]. С подобной системой нагрузка от колеса трактора не передаётся на другое колесо с помощью механической части, напротив, данная система обеспечивает необходимую электрическую мощность на привод конкретного колеса для поддержания заданного режима работы.

Для проектирования такой системы требуется составление сложных алгоритмов управления, для определения которых необходима серия испытаний колеса с электроприводом в различных условиях работы [9, 10].

Такие условия работы может обеспечить тормозная реверсивная установка, позволяющая имитировать работу электрического колеса в тормозном и ведущем режимах.

Новизной в данной установке является система, позволяющая обеспечить различные режимы работы колеса с электроприводом на плоском участке в безостановочном цикле.

Установки, которые существуют для обеспечения аналогичных задач по большей части в качестве подвижной части оснащаются барабанами, что увеличивает объём всей системы, а также её массу. Существуют также установки, в которых используется статичный почвенный канал, по которому прокатывается испытуемое колесо за счёт специальных направляющих систем, что ограничивает путь колеса.

Данная установка (Рисунок 1) представляет собой основание в виде рамы 1. На раму 1 установлены ведущий 5 и ведомый 2 валики для бесконечной закольцованной эластичной ленты 4. Валики 4 и 5 установлены на подшипниках, поэтому имеют минимальное сопротивление качению. Ленту 4 двигает ведущий валик 5, а его, в свою очередь вращает привод электродвигателя 6, оснащённый ременной передачей. Электропривод 6 располагается в отсеке электрических исполнительных элементов 7. В нём находится также система подъёма ленты на заданный угол, в экспериментальных целях. При подъёме системы электропривод, расположенный в отсеке 7 выдвигает шток 8, соединяющийся с передней опорой установки, находящейся под рамой 4. Угол способен изменятся в диапазоне от 0 до 20 градусов. На ленте сверху устанавливается испытуемое колесо 14, располагаемое на системе рычагов 13. При этом у колеса есть степень свободы продольного движения относительно полотна ленты за счёт шарнирных соединений 11 рычажной системы 13. Сила, действующая на колесо, измеряется динамометром 9, закреплённым к системе рычагов 13 и с другой стороны к раме 4. Сигнал с динамометра обрабатывается и индицируется на приборной панели системы управления 10 всей установкой. Через неё происходит также управление электроприводом ленты 6, системой подъёма ленты 8. Скорость движения ленточного полотна считывается датчиком 3, а частота вращения колеса датчиком 12. Сигналы этих датчиков также обрабатываются посредством приборной панели 10.

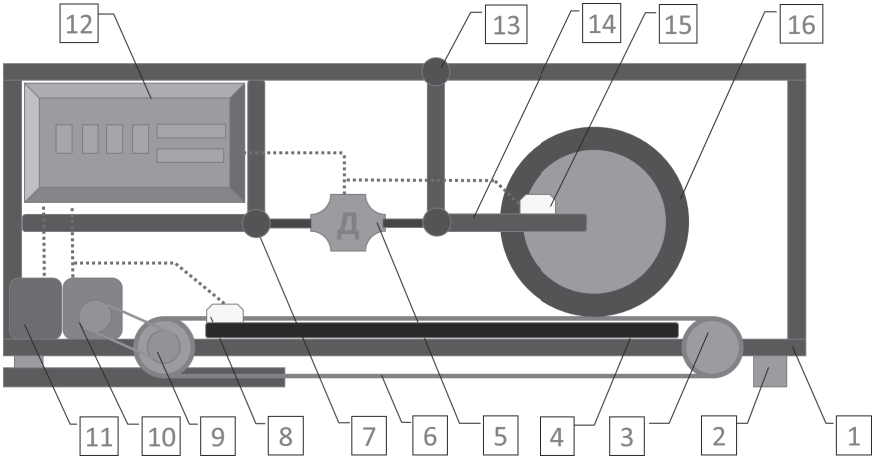


Рисунок 1 – Схема установки для оценки тягово-сцепных свойств колеса с электроприводом:

1 – рама, 2 – опора, 3 – ведомый натяжной ролик, 4 – антифрикционная пластина, 5 – динамометр, 6 – эластичная лента, 7 – направляющий вал поперечного положения колеса, 8 – датчик скорости ленты, 9 – ведущий натяжной ролик ленты, 10 – привод ведущего ролика, 11 – система изменения угла наклона ленты, 12 – приборная панель с блоками управления и питания, 13 – шарнирное соединение, 14 – рычажная маятниковая система удержания колеса, 15 – датчик частоты вращения колеса, 16 – колесо с электроприводом

Данная установка позволяет оценить тягово-сцепные свойства колеса с электроприводом по получаемым характеристикам показателей от ряда факторов, что обеспечивает достаточную полноту картины, необходимой для выявления оптимального алгоритма работы электроприводного колеса в полевых условиях.

С ближайшими перспективами развития отрасли электротракторов данная установка имеет практическую значимость, и позволит повысить эффективные показатели работы тракторов с электрическим индивидуальным приводом колёс.

При управлении колесом с индивидуальным приводом разработанный стенд может использоваться для определения тягово-сцепных свойств, которые являются определяющими факторами для формирования стандартов и сертификации будущей продукции электрических тракторов.

Показано, что параметры, определяемые разработанным стендом, необходимы для дальнейшего развития индустрии мобильных энергетических средств оснащаемых индивидуальным электрическим приводом колёс, в том числе разрядные характеристики аккумуляторных батарей и оценка времени работы тракторов, оснащённых такими системами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бижаев, А. В. Оценка параметров трактора с электроприводным силовым агрегатом / А. В. Бижаев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2020. – Т. 14. – № 4. – С. 33-42.

2. Chau, K. Overview of permanent-magnet brushless drives for electric and hy-brid vehicles / K. Chau, C. Chan, C. Liu // IEEE Transactions On Industrial Electronics. – 2008. – Vol. 55(6). – Pp. 2246-2257.

3. 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 имени К. А. Тимирязева, 2022. – С. 15-21.

4. Иванов, С. А. Комбинированные энергоустановки с ИКЭ – основа эффективного использования топливно-энергетических ресурсов XXI века / А. М. Иванов, С. А. Иванов // Электротехника. – 2003. – № 12. – С. 2-6.

5. Chumakov, V. L. Nitrogen oxide formation with nonuniform fuel distribution in diesel engine / V. L. Chumakov, S. N. Devyanin, A. V. Bijaev // Journal of Physics: Conference Series. – Krasnoyarsk, Russian Federation, 2020. – Pp. 52089.

6. Devyanin, S. N. Influence of method of adding water to combustible mixture on diesel engine performance / S. N. Devyanin, A. V. Bigaev, V. A. Markov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Pp. 022024.

7. Бижаев, А. В. Проблемы выбора типа привода силового агрегата трактора на электрической тяге / А. В. Бижаев // Чтения академика В. Н. Болтинского: сборник статей. – 2020. – С. 247-252.

8. Zeraoulia, M. Electric motor drive selection issues for HEV propulsionsystems: A comparative study / M. Zeraoulia, M.E.H. Benbouzid, D. Diallo // IEEE Transactions on Vehicular Technology. – 2006. – No. 55(6). – Pp. 756-1764.

9. Бижаев, А. В. Моделирование буксования трактора для выбора режима ведущего колеса / А. В. Бижаев // Доклады ТСХА. – 2021. – С. 169-172.

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 имени К. А. Тимирязева, 2022. – 379 с.

Об авторах:

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.

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.

Кривых Николай Сергеевич, ассистент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), krivyh05@gmail.com.

About the authors:

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.

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.

Nikolay S. Krivykh, Assistant, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), krivyh05@gmail.com.

УДК 631.3-048.24

АНАЛИЗ ОТКАЗОВ ТРАКТОРОВ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА МАШИНОИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЯХ МИНСЕЛЬХОЗА РОССИИ

П. И. Бурак[1], И. Г. Голубев[2]
[1]Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Москва, Российская Федерация
[2]ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса», р. п. Правдинский, Московская область, Российская Федерация

Аннотация. *Приведены результаты анализа отказов тракторов при испытаниях. Показано их распределение по агрегатам и причинам их возникновения. Установлено распределение дефектов деталей, вызванных недостаточной прочностью материалов.*
Ключевые слова: *трактор, испытания, отказ, деталь, дефект, разрушение, износ, деформация, трещина.*

ANALYSIS OF TRACTOR FAILURES DURING TESTS AT THE MACHINE TESTING STATIONS OF THE MINISTRY OF AGRICULTURE OF THE RUSSIAN FEDERATION

P. I. Burak[a], I. G. Golubev[b]
[a]Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation
[b]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 results of the analysis of tractor failures during testing are presented. The distribution of failures by units and their causes is shown. The distribution of defects in parts caused by insufficient material strength is established.*
Keywords: *tractor, testing, failure, part, defect, destruction, wear, deformation, crack.*

В рамках Федерального проекта «Развитие отраслей и техническая модернизация агропромышленного комплекса» сельские товаропроизводители продолжают обновление парка машин. Этому способствуют различные меры государственной поддержки [1, 2]. По состоянию на 1 января 2024 года органами Гостехнадзора зарегистрировано 383,3 тыс. ед. тракторов [3]. В Минсельхозе России проводится работа по оценке соответствия сельскохозяйственной техники и оборудования критериям Перечня критериев определения

функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 1 августа 2016 г. № 740 [4]. Для анализа отказов использовали протоколы испытаний сельскохозяйственной техники, проведенные в соответствии с приказом Минсельхоза России от 18 декабря 2018 г. № 573 «Способы проведения испытаний для определения функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования федеральными государственными бюджетными учреждениями, осуществляющими проведение испытаний машин и оборудования агропромышленного комплекса, находящимися в ведении Министерства сельского хозяйства Российской Федерации» [5]. В период с 2021 по 2024 год проведены испытания 1048 ед. сельскохозяйственной техники и оборудования от 75 предприятий сельскохозяйственного машиностроения, в том числе 20 тракторов [5, 6]. При их испытании было зафиксировано 47 отказов, среди которых неисправности двигателя, коробки передач, стартера, разрушение подшипников качения, изломы различных деталей и др. [7-10]. Некоторые отказы испытанных тракторов приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Некоторые отказы испытанных тракторов

№ пп	Марка, модель	Отказавшая деталь, сборочная единица, агрегат	Дефект, неисправность
1	Трактор сельскохозяйственный колесный общего назначения категории Т1, тип БТЗ-240К, вариант 3, версии 20: БТЗ-243К.20	Крестовина карданного вала	Разрушение
2	Колесный сельскохозяйственный трактор марка «Кировец», тип К-5М, вариант К-525М Пр (торговая марка К-525М Премиум)	Распределитель смазки механизма ВОМ	Неисправность
		Система охлаждения двигателя	Перегрев охлаждающей жидкости
3	Трактор сельскохозяйственный категории Т2 типа 10 модели Agroplus V410	Электропроводка	Некачественный монтаж
		Обмотка катушки силового реле	Перегорание
		Ремень привода промежуточного шкива привода генератора	Разрыв
4	Трактор колесный сельскохозяйственный, «Агромаш 90 ТК»	Лобовое стекло кабины	Трещина

Анализ показал, что большое количество отказов приходится на гидравлические системы, электрооборудование и блоки управления, коробки передач и системы охлаждения (Рисунок 1).

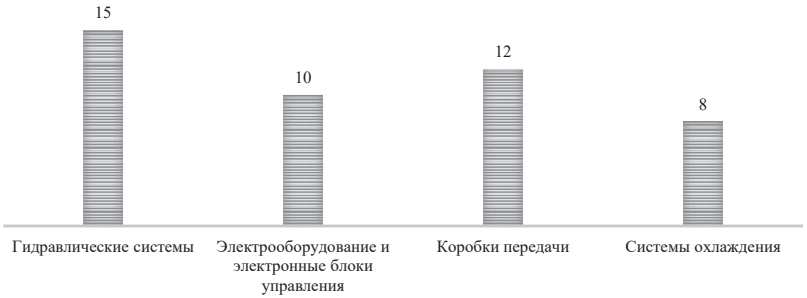


Рисунок 1 – Распределение отказов по агрегатам тракторов, %

Установлено, что их основными причинами являются недостаточная прочность материалов (разрушения, износы, разрывы и обрывы, изломы, изгибы и деформации, трещины), некачественная сборка и сварка, нарушение герметичности (течь жидкости) (Рисунок 2).

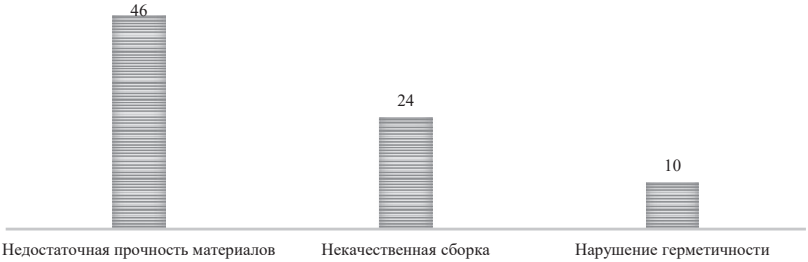


Рисунок 2 – Распределение причин отказов тракторов, %

В процессе исследования выявлено, что наиболее распространенным последствием недостаточной прочности материалов являются разрушение, разрывы, обрывы и изломы (Рисунок 3).

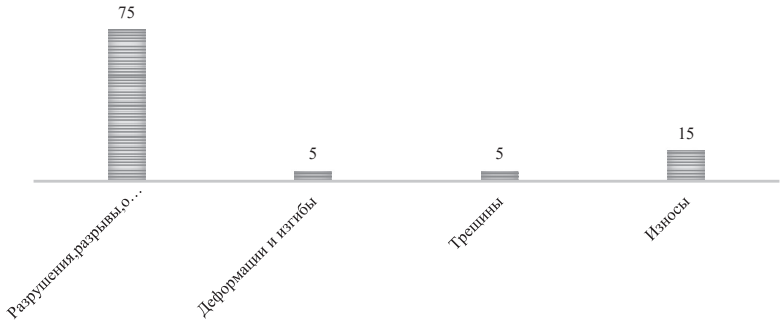


Рисунок 3 – Распределение дефектов деталей из-за отказов тракторов, вызванных недостаточной прочностью материалов, %

Таким образом, большое количество отказов при испытаниях тракторов, приходится на гидравлические системы, системы охлаждения, электрооборудование и блоки управления, коробки передач. Установлено, что их основными причинами являются недостаточная прочность материалов (разрушения, износы, разрывы и обрывы, изломы, изгибы и деформации, трещины), некачественная сборка и сварка, нарушение герметичности (течь жидкости). Показано, что большая доля отказов тракторов, вызвана недостаточной прочностью материалов. Наиболее распространенным последствием таких отказов являются разрушение, разрывы, обрывы и изломы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2024 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия». – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2025. – 108 с.

2. 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.

3. Бурак, П. И. Динамика обновления парка основных видов сельскохозяйственной техники / П. И. Бурак, И. Г. Голубев //Техника и оборудование для села. – 2025. – № 5 (335). – С. 11-13.

4. Положение об организации работ по определению функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 1 августа 2016 г. № 740 «Об определении функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования».

5. Приказ Минсельхоза России от 18 декабря 2018 г. № 573 «Способы проведения испытаний для определения функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования федеральными государственными бюджетными учреждениями, осуществляющими проведение испытаний машин и оборудования агропромышленного комплекса, находящимися в ведении Министерства сельского хозяйства Российской Федерации».

6. Бурак, П. И. Анализ отказов электрооборудования и электронных блоков управления сельскохозяйственной техники при испытаниях / П. И. Бурак, И. Г. Голубев, В. А. Шахов // Техника и оборудование для села. – 2025. – № 10 (340). – С. 40-42.

7. Бурак, П. И. Анализ отказов сельскохозяйственной техники при испытаниях / П. И. Бурак, И. Г. Голубев, М. И. Горшков //Сельский механизатор. – 2025. – № 12. – С. 3-5.

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. 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.

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. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2022. – С. 15-21.

Об авторах:

Бурак Павел Иванович, заместитель директора Департамента растениеводства, механизации, химизации и защиты растений, Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (107996, Российская Федерация, Москва, Орликов пер., 1/11), доктор технических наук, доцент, burak@rgau-msha.ru.

Голубев Иван Григорьевич, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (141261, Московская Область, г.о. Пушкинский, р.п. Правдинский, ул. Лесная, д. 60), доктор технических наук, профессор, golubev@rosinformagrotech.ru.

About the authors:

Pavel I. Burak, Deputy Director of the Department of Crop Production, Mechanization, Chemicalization and Plant Protection, Ministry of Agriculture of the Russian Federation (107996, Russian Federation, Moscow, Orlikov Lane, 1/11), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, burak@rgau-msha.ru.

Ivan G. Golubev, 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 Technical Sciences, Professor, golubev@rosinformagrotech.ru.

УДК 620.193

ВОДОРАСТВОРИМЫЕ ИНГИБИТОРЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СТАЛИ

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

Аннотация. *Исследованы защитные свойства водорастворимых ингибиторов коррозии на основе моноэтаноламина и борной кислоты (БТ), а также его медьсодержащей модификации (БМ). Гравиметрические испытания (240 ч) показали, что в водной среде оба ингибитора обеспечивают высокую защитную эффективность, достигающую 97…99,9 % в диапазоне концентраций 5…30 г/л. Введение меди в состав ингибитора приводит к выраженному синергетическому эффекту и дополнительному снижению скорости коррозии стали.*
Ключевые слова: *углеродистая сталь, коррозия, ингибирование, этаноламин, борная кислота, медь.*

WATER-SOLUBLE INHIBITORS FOR STEEL PROTECTION

S. M. Vetrova
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The protective properties of water-soluble corrosion inhibitors based on monoethanolamine and boric acid (BT), as well as its copper-containing modification (BM). Gravimetric tests (240 h) showed that in an aqueous medium both inhibitors provide high protective efficiency of 97–99.9% in the concentration range of 5–30 g/L. The introduction of copper into the inhibitor composition leads to a pronounced synergistic effect and an additional decrease in the corrosion rate of the steel.*
Keywords: *carbon steel, corrosion, inhibition, ethanolamine, boric acid, copper.*

Введение

Ингибиторы коррозии остаются одним из наиболее востребованных и экономически эффективных методов защиты углеродистых сталей в различных водных системах – от промысловых и циркуляционных вод до систем водоподготовки и охлаждения [1-3]. Особое место занимают водорастворимые органические ингибиторы на основе аминов и их производных, способные адсорбироваться на поверхности металла и формировать защитные плёнки за счёт донорно-акцепторного взаимодействия азот- и кислородсодержащих групп с ионами железа [1].

Системы на основе этаноламинов и борной кислоты представляют интерес как летучие и водорастворимые ингибиторы: продукты их взаимодействия

образуют бороаминные комплексы и борные эфиры, устойчивые в нейтральных средах и обеспечивающие высокий защитный эффект для стали Ст3 [1, 4-6]. Вместе с тем расширение функциональности таких систем за счёт введения неорганических компонентов может обеспечить синергетическое усиление защитного действия [2].

Цель настоящей работы – сравнить защитную эффективность водорастворимого ингибитора на основе этаноламина и борной кислоты (БТ) и его медьсодержащей модификации (БМ) для углеродистой стали Ст3.

Материалы и методы

Исследовались образцы углеродистой стали марки Ст3 (ГОСТ 380-2005). Подготовка поверхности включала шлифовку, полировку и обезжиривание по стандартной методике.

В качестве водорастворимого ингибитора использовали композицию на основе этаноламина и борной кислоты, далее обозначаемую БТ, ранее исследованный как эффективный летучий и водорастворимый ингибитор для стали Ст3 [1, 4]. Для получения медьсодержащей модификации (БМ) в исходный ингибитор БТ добавляли электролитический порошок меди ПМС-1 до полного растворения. На основе ингибиторов БТ и БМ были приготовлены водные растворы с концентрациями 5, 10, 15, 20, 25 и 30 г/л.

Гравиметрические испытания проводили в соответствии с ГОСТ 9.042-75 в статических условиях при комнатной температуре. Образцы стали Ст3 выдерживали в растворах БТ и БМ в течение 240 ч. Продукты коррозии удаляли согласно ГОСТ 9.907-2007, последующую обработку поверхности осуществляли по ГОСТ 9.908-85.

Скорость коррозии (K), выраженная в г/м²·ч, рассчитывали по формуле (ГОСТ 9.509-89):

$$К = \frac{m_1 - m_2}{S \cdot \tau} \quad (1)$$

где m_1 – масса образца до испытаний, г;

m_2 – масса образца после испытаний и удаления продуктов коррозии, г;

S – площадь поверхности образца, м^2;

τ – продолжительность испытаний, ч.

Защитную эффективность ингибитора по данным гравиметрии определяли как:

$$Z\% = 100 \cdot \frac{K_0 - K}{K_0} \quad (2)$$

где K_0 (i_0) – скорость коррозии (плотность тока) в отсутствие ингибитора;

K (i) – скорость коррозии (плотность тока) в присутствии ингибитора.

Результаты и обсуждение

В дистиллированной воде скорость коррозии стали Ст3 без ингибитора составляет 0,1439 г/(м²·ч), что соответствует интенсивному коррозионному разрушению. В присутствии БТ и БМ наблюдается резкое снижение скорости коррозии (Таблица 1).

Таблица 1 – Скорость коррозии и защитная эффективность стали Ст3 в воде с БТ и БМ (240 ч)

Ингибитор	Конц., г/л	K, г/(м²·ч)	Z, %
Контроль (вода)	–	0,1439	–
БТ	5…15	0,0008…0,0014	99,0…99,4
БТ	20…30	0,0031	97,8
БМ	5…15	0,0004…0,0015	98,9…99,9
БМ	20…30	0,0013…0,0019	98,7…99,1

Добавление ингибитора БТ уже при 5…15 г/л приводит к снижению скорости коррозии на два порядка и увеличению защитной эффективности до 99,0…99,4%. При дальнейшем повышении концентрации до 20…30 г/л наблюдается незначительный рост скорости коррозии и снижение защитного эффекта до ~97,8 %, что может быть связано с изменением структуры адсорбционного слоя и формированием менее плотных многослойных плёнок.

В присутствии медьсодержащего ингибитора БМ достигается ещё более высокая степень защиты: при 5…15 г/л защитная эффективность составляет 98,9…99,9%, а при 20…30 г/л остаётся выше 98,6 %.

В дистиллированной воде без ингибитора наблюдается выраженное коррозионное поражение с интенсивным ржавлением всей поверхности. В растворах БТ поверхность покрыта тонкой коричневой плёнкой, что указывает на меньшую прочность защиты и предпосылки к разрушению при повышенных концентрациях. Напротив, в растворах БМ поверхность образцов остаётся более светлой и равномерной, особенно при 5…15 г/л, что свидетельствует о формировании более плотной и однородной защитной плёнки (Рисунок 1).

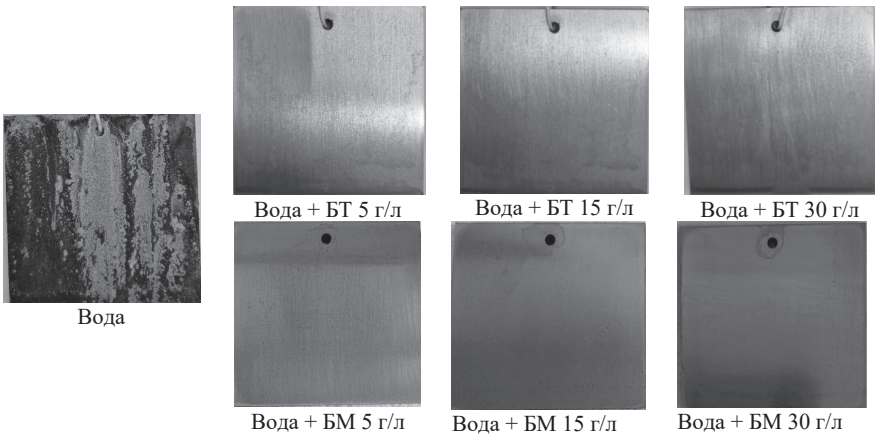


Рисунок 1 – Фотографии внешнего вида стальных образцов Ст3, выдержанных в водных растворах ингибиторов БТ и БМ, после испытаний (240 ч)

Водорастворимые ингибиторы на основе моноэтаноламина и борной кислоты (БТ) и его медьсодержащая модификация (БМ) обеспечивают высокую защитную эффективность в отношении углеродистой стали Ст3 в дистиллированной воде, достигающую 97…99,9 % в диапазоне концентраций 5…30 г/л по данным гравиметрических испытаний. Введение меди в состав ингибитора приводит к синергетическому эффекту, проявляющемуся в дополнительном снижении скорости коррозии и формировании более стабильных защитных плёнок на поверхности стали.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследование свойств продуктов взаимодействия этаноламина и борной кислоты в качестве летучих ингибиторов коррозии при защите черных и цветных металлов / С. М. Гайдар, Х. Д. Куанг, В. Е. Коноплев, А. М. Пикина, А. Ю. Алипичев // Агроинженерия. – 2025. – № 27(2). – С. 63-69. – https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-2-63-69.

2. 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.

3. Исследование эффективности ингибиторов коррозии на основе производных изотиурониевых солей / И. А. Ушаков, В. С. Никонова, И. В. Полынский [и др.] // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2021. – Т. 11, № 2(37). – С. 326-332. – DOI 10.21285/2227-2925-2021-11-2-326-332.

4. Барчукова, А. С. Определение защитных свойств летучих ингибиторов коррозии / А. С. Барчукова, С. М. Ветрова // Фундаментальные исследования и инновационные технологии в машиностроении : Научные труды IX Международной научной конференции, посвященной 135-летию со дня рождения профессора Хрущова Михаила Михайловича, Москва, 11-13 ноября 2025 года. – М. : Институт машиноведения им. А. А. Благонравова РАН, 2025. – С. 28-29.

5. 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.

6. Ворончихина, Л. И. Аминоборатные комплексы как ингибиторы коррозии черных металлов / Л. И. Ворончихина, О. Е. Журавлев, А. М. Суворова // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. – 2019. – № 4(38). – С. 132-138. – DOI 10.26456/vtchem2019.4.15.

7. Ветрова, С. М. Влияние термической обработки на механические свойства низколегированной стали / С. М. Ветрова, А. С. Барчукова // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых, Могилев, 26-27 октября 2023 года. – Могилев: Белорусско-Российский университет, 2023. – С. 54.

8. 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.

9. 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.

10. Результаты испытаний полимерного радиатора системы охлаждения трактора МТЗ-80 / О. Н. Дидманидзе, Р. Т. Хакимов, Е. П. Парлюк, Н. А. Большаков // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2020. – Т. 14, № 1. – С. 55-60. – DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-55-60.

Об авторе:

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 author:

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.

УДК 621/873

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ

С. М. Гайдар[1,2], А. М. Пикина[1,2], Я. О. Терновая[2], А. Е. Муконов[1]
[1]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация
[2]ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Целью натурных испытаний являлась комплексная оценка коррозионного поведения многоэлементной металлической системы охлаждения двигателя в процессе длительного хранения, а также определение защитной эффективности охлаждающей жидкости VN-RU-30 по сравнению с использованием водопроводной воды и разбавленного раствора VN-RU-30.*
Ключевые слова: *охлаждающая жидкость, коррозия, ингибиторы коррозии, двигатель, эксплуатационные факторы.*

MODELING OF LONG-TERM STORAGE OF THE ENGINE COOLING SYSTEM

S. M. Gaidar[a,b], A. M. Pikina[a,b], Ya. O. Ternovaya[b], A. E. Mukonov[a]
[a]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation
[b]Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art), Moscow, Russian Federation

Abstract. *The purpose of the full-scale tests was a comprehensive assessment of the corrosion behavior of a multi-element metal engine cooling system during long-term storage, as well as the determination of the protective effectiveness of the VN-RU-30 coolant compared to the use of tap water and a diluted solution of VN-RU-30.*
Keywords: *coolant, corrosion, corrosion inhibitors, engine, operational factors.*

Комплекты металлических образцов для коррозионных испытаний подготавливали в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 28084-89. Каждый комплект образцов помещали в отдельный стеклянный сосуд объёмом 1 л с герметично закрывающейся крышкой.

Испытания проводили в трёх средах:

- водопроводная вода;
- охлаждающая жидкость VN-RU-30, разбавленная водопроводной водой в объёмном соотношении 1:1;
- неразбавленная охлаждающая жидкость VN-RU-30.

Испытательные сосуды герметично закрывали и выдерживали в течение 46 месяцев в крытом складском помещении, что позволяло смоделировать условия длительного хранения системы охлаждения двигателя. По завершении испытаний образцы извлекали и очищали в соответствии с требованиями ГОСТ 28084-89. Оценку коррозионного воздействия проводили на основе визуального анализа состояния поверхности образцов и определения потери массы. Результаты испытаний представлены на Рисунке 1 и в Таблице 1.

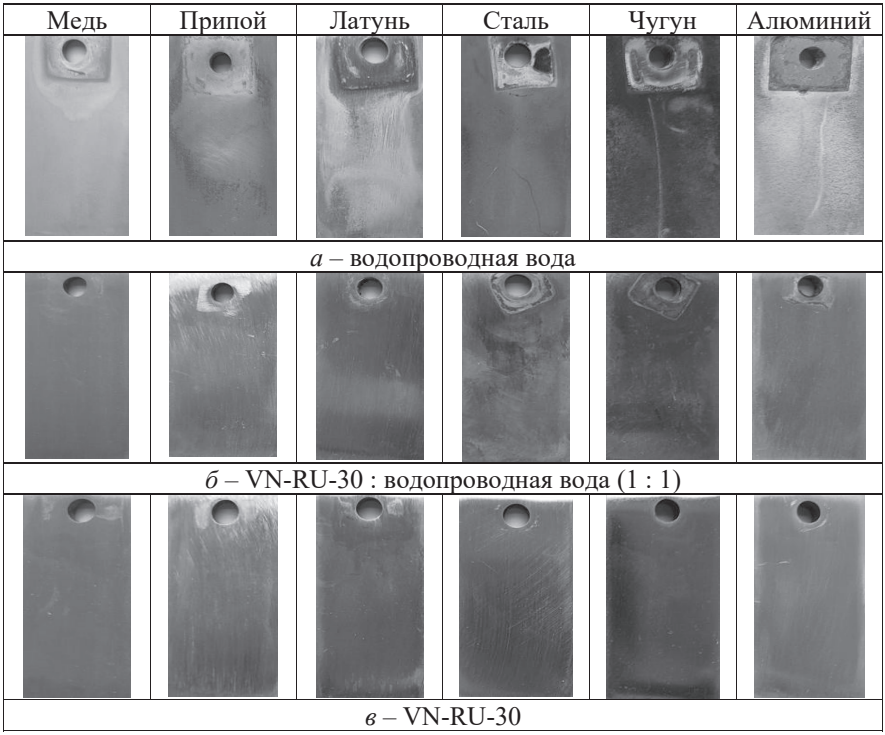


Рисунок 1 – Поверхность металлических образцов после 46 месяцев натурных испытаний

Анализ полученных данных показал следующее:

- При использовании водопроводной воды признаки активных коррозионных процессов наблюдались уже на ранних стадиях испытаний. Через одну неделю раствор приобретал жёлтую окраску, а спустя один месяц на дне сосудов и на поверхности металлических образцов фиксировалось образование значительного количества продуктов коррозии. В течение всего периода хранения коррозионные процессы протекали интенсивно и сопровождались образованием отложений. По окончании 46-месячных испытаний поверхность образцов характеризовалась выраженным коррозионным разрушением, особенно для припоя, стали, чугуна и алюминия. Наиболее интенсивная

коррозия наблюдалась для чугуна и стали, для которых потери массы составили 273,6 и 129,0 мг соответственно, а скорости коррозии 85,61 и 48,69 г/м².

Таблица 1 – Результаты моделирования коррозионного воздействия охлаждающей жидкости VN-RU-30 на систему охлаждения после 46 месяцев хранения

Коррозионное воздействие на металлы после 46 месяцев хранения		Медь	Припой	Латунь	Сталь	Чугун	Алюминий
Водопро-водная вода	Потери масса, мг	-4,0	66,7	-1,1	129,0	273,6	47,7
	Скорость коррозии за период хранения, г/м²	-1,42	21,53	-0,41	48,69	85,61	13,33
VN-RU-30: водопро-водная вода (1:1)	Потери масса, мг	-1,0	-1,3	-1,2	0,4	1,9	-0,6
	Скорость коррозии за период хранения, г/м²	-0,34	-0,42	-0,44	0,15	0,59	-0,17
VN-RU-30	Потери масса, мг	-1,0	-1,6	-0,7	-1,3	-6,2	-0,7
	Скорость коррозии за период хранения, г/м²	-0,34	-0,52	-0,26	-0,49	-1,94	-0,20

- При разбавлении охлаждающей жидкости VN-RU-30 водопроводной водой в объёмном соотношении 1:1 раствор сохранял исходный цвет. В жидкости наблюдалось незначительное количество взвешенных частиц, однако поверхность металлических образцов оставалась светлой и блестящей, а визуальные признаки коррозии отсутствовали на протяжении всего срока испытаний. Потери массы для большинства металлов не превышали нескольких миллиграммов, а скорости коррозии снижались на 1-2 порядка по сравнению с использованием одной водопроводной воды. Это свидетельствует о сохранении антикоррозионной эффективности охлаждающей жидкости даже при её частичном разбавлении.
- Наиболее выраженный защитный эффект был зафиксирован при использовании неразбавленной охлаждающей жидкости VN-RU-30. Раствор сохранял прозрачность и химическую стабильность на протяжении всех 46 месяцев испытаний. Металлические образцы не демонстрировали признаков равномерной или локальной коррозии, а образование отложений не наблюдалось. Для всех исследованных металлов потери массы и скорости коррозии были минимальными. Данный эффект может быть обусловлен формированием устойчивых защитных плёнок и стабилизацией электрохимических процессов на поверхности металлов.

Натурные испытания продолжительностью 46 месяцев предоставляют убедительные доказательства долговременной химической и коррозионной стабильности охлаждающих жидкостей серии VN-RU. В то время как

использование водопроводной воды приводит к интенсивной коррозии и накоплению отложений, применение VN-RU-30 (в разбавленном и неразбавленном виде) обеспечивает прозрачность раствора и сохранность металлических поверхностей на протяжении всего периода хранения.

Редкость подобных длительных испытаний в литературе подчёркивает практическую значимость полученных результатов, особенно для двигателей, подлежащих длительной консервации или сезонной 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. – No. 94(12). – Pp. 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. – No. 37(3). – Pp. 245-257. – DOI 10.1515/corrrev-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. – No. 14(3). – Pp. 7207-7215.

4. Пикина, А. М. Повышение долговечности тонколистовых конструкций, разъемных и неразъемных соединений сельскохозяйственной техники в условиях эксплуатации : дис. … канд. техн. наук 4.3.1 / 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 : дис. … д-ра техн. наук : 05.20.03 / Гайдар Сергей Михайлович. – Москва, 2011. – 433 с.

9. Результаты испытаний полимерного радиатора системы охлаждения трактора МТЗ-80 / О. Н. Дидманидзе, Р. Т. Хакимов, Е. П. Парлюк, Н. А. Большаков // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2020. – Т. 14, № 1. – С. 55-60. – DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-55-60.

10. Результаты испытаний полимерного радиатора системы охлаждения трактора МТЗ-80 / О. Н. Дидманидзе, Р. Т. Хакимов, Е. П. Парлюк, Н. А. Большаков // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2020. – Т. 14, № 1. – С. 55-60. – DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-55-60.

11. 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.

12. 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.

Муконов Андрей Елемесович, соискатель, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

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), Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher, Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art) (119071, Russian Federation, Moscow, Malaya Kaluzhskaya str., 1), 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.

Andrey E. Mukonov, Applicant, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

УДК 621

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ

С. М. Гайдар[1,2], А. М. Пикина[1,2], Я. О. Терновая[2]
[1]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация
[2]ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *В материалах статьи установлено, что применение охлаждающих жидкостей улучшает состояние повреждённых металлических поверхностей и эффективно снижает дальнейшее развитие коррозии. Полученные результаты подтверждают высокую эффективность охлаждающих жидкостей и целесообразность их применения в эксплуатационном режиме.*
Ключевые слова: *охлаждающая жидкость, коррозия, ингибиторы коррозии, двигатель, эксплуатационные факторы.*

INVESTIGATION OF THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF COOLING FLUIDS

S. M. Gaidar[a,b], A. M. Pikina[a,b], Ya. O. Ternovaya[b]
[a]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation
[b]Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art), Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article establishes that the use of coolants improves the condition of damaged metal surfaces and effectively reduces the further development of corrosion. The obtained results confirm the high efficiency of coolants and the expediency of their application in operational mode.*
Keywords: *coolant; corrosion; corrosion inhibitors; engine, operational factors.*

В последние десятилетия органические карбоксилатные ингибиторы получили широкое распространение благодаря высокой эффективности и длительному сроку службы. Механизм их защитного действия, подробно рассмотренный в работах [1-4], основан на селективной адсорбции карбоксилат-ионов в зонах повреждения оксидной пленки, что обеспечивает защиту металла без образования сплошного изолирующего слоя и без ухудшения теплопередачи. Данный механизм особенно важен для алюминиевых сплавов, применяемых в головках цилиндров современных двигателей.

Для коррозионных испытаний использовали шесть марок металлов: медь М1 (ГОСТ 859-14), припой ПОС-40-2 (ГОСТ 21931-76), латунь Л-63 (ГОСТ 931-90), сталь Ст3 (ГОСТ 380-05), чугун СЧ-20 (ГОСТ 1412-85) и алюминиевый сплав АК-7 (ГОСТ 1583-93). Металлические образцы шлифовали, промывали, высушивали, измеряли их геометрические размеры, определяли массу и устанавливали для проведения испытаний.

Для обоснования рекомендаций по практическому использованию концентрата VN-RU-C выполнены испытания после разбавления дистиллированной водой в диапазоне концентраций 30…70 % (об.). Результаты представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний VN-RU-C после разбавления дистиллированной водой

№	Наименования показателей	Норма (ГОСТ 28084)	Соотношение разбавлении VN-RU-C, % объема				
			30	40	50	60	70
1	Плотность при 20 °С, г/см^3	-	1,030	1,052	1,069	1,078	1,094
2	Температура застывания, °С	-	-15	-23	-34	-47	-66
3	Температура кипения, °С	-	105	106	108	112	118
4	Коррозионное воздействие на металлы (88 °С, 336 ч), г/(м^2·сут)						
	- Медь	≤ 0,1	0,010	0,014	0,016	0,011	0,022
	- Припой	≤ 0,2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	- Латунь	≤ 0,1	0,015	0,015	0,014	0,012	0,014
	- Сталь	≤ 0,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	- Чугун	≤ 0,1	-0,049	-0,049	-0,048	-0,045	-0,047
	- Алюминий	≤ 0,1	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000
5	Вспениваемость						
	- объем пены, см^3	≤ 30	32,5	28,0	25,0	27,5	30,0
	- устойчивость пены, с	≤ 3	2,13	2,06	2,10	2,80	4,81
6	Водородный показатель (pH)	7,5÷11,0	8,5	8,4	8,4	8,3	8,0
7	Щелочность, мл HCl 0,1N/ 20 мл образца	≥ 10	9,0	11,8	15,2	16,4	20,0

Анализ результатов показал следующее:

- При концентрации 30 % щелочность составляет 9,0 мл (ниже нормы 10 мл) и объем пены составляет 32,5 мл (выше нормы 30 мл), однако показатели коррозионного воздействия на шесть марок металлов соответствуют требованиям.
- При концентрации 70 % щелочность составляет 9,0 мл (ниже нормы 10 мл) и устойчивость пены составляет 4,81 с (выше нормы 3 с), однако показатели коррозионного воздействия на шесть марок металлов соответствуют требованиям.
- В диапазоне 40…60 % показатели коррозионного воздействия, пенообразования, pH и щелочности соответствуют требованиям стандартов; данный диапазон рекомендуется для практического применения.

- Концентрация 50 % является оптимальной по показателям пенообразования (минимальные объём пены и время её разрушения) и обеспечивает баланс противокипящих/противозамерзающих свойств и теплопередачи. Снижение концентрации уменьшает долю этиленгликоля и приводит к снижению температуры кипения и повышению температуры кристаллизации; увеличение концентрации снижает теплоотдачу смеси, поскольку удельная теплоёмкость этиленгликоля (2433 Дж/(кг·К)) ниже, чем у воды (4200 Дж/(кг·К)). Таким образом, концентрация 50 % рекомендуется как оптимальная для практического применения продуктов серии VN-RU-C.

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. – No. 94(12). – Pp. 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. – No. 37(3). – Pp. 245-257. – DOI 10.1515/corrrev-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. – No. 14(3). – Pp. 7207-7215.

4. Пикина, А. М. Повышение долговечности тонколистовых конструкций, разъемных и неразъемных соединений сельскохозяйственной техники в условиях эксплуатации : дис. … канд. техн. наук 4.3.1 / 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. Результаты испытаний полимерного радиатора системы охлаждения трактора МТЗ-80 / О. Н. Дидманидзе, Р. Т. Хакимов, Е. П. Парлюк, Н. А. Большаков // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2020. – Т. 14, № 1. – С. 55-60. – DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-55-60.

7. 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.

8. 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.

9. Гайдар, С. М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии и износа с применением нанотехнологий : дис. … д-ра техн. наук : 05.20.03 / Гайдар Сергей Михайлович. – Москва, 2011. – 433 с.

10. Результаты испытаний полимерного радиатора системы охлаждения трактора МТЗ-80 / О. Н. Дидманидзе, Р. Т. Хакимов, Е. П. Парлюк, Н. А. Большаков // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2020. – Т. 14, № 1. – С. 55-60. – DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-55-60.

11. 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.

12. 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.

УДК 631.372

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА: ТРАКТОР К-735 И КОМПЛЕКС «КУЗБАСС ПК 6.1»

И. А. Гайнуллин
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, Российская Федерация

Аннотация. *Актуальные задачи в сфере сельскохозяйственного машиностроения определяют необходимость разработки новых конструктивных и компоновочных решений. В рамках исследования ставилась задача определения производительности машинно-тракторного агрегата, состоящего из колесного трактора К-735 и посевного комплекса «Кузбасс ПК-6.1». Основным результатом является вывод зависимости, позволяющей рассчитать часовую выработку агрегата на посеве зерновых. Установлено, что производительность посевного комплекса Кузбасс ПК 6.1 на базе трактора К-735 в основном времени варьируется от 6,99 га/ч до 7,74 га/ч, что связано со снижением снаряженной массы (семян и удобрений) агрегата при выполнении технологической операции.*
Ключевые слова: *почвообрабатывающе-посевные комплексы, машинно-тракторные агрегаты, часовая производительность, тяговые показатели, модернизация бункеров.*

INCREASING THE PRODUCTIVITY OF A SOWING UNIT: THE K-735 TRACTOR AND THE KUZBASS PC 6.1 COMPLEX

I. A. Gainullin
Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russian Federation

Abstract. *Current challenges in the field of agricultural engineering necessitate the development of new design and layout solutions. The study aimed to determine the productivity of a machine-tractor unit consisting of a K-735 wheel tractor and a Kuzbass PK-6.1 seeding complex. The main result is the derivation of a dependence that allows for calculating the hourly output of the unit for sowing grain crops. It has been established that the productivity of the Kuzbass PC 6.1 seeding complex based on the K-735 tractor varies from 6.99 ha/h to 7.74 ha/h, which is due to the decrease in the unit's curb weight (seeds and fertilizers) during the technological operation.*
Keywords: *soil-cultivating and seeding complexes, machine-and-tractor units, hourly productivity, traction performance, bunker modernization.*

Актуальные задачи в сфере сельскохозяйственного машиностроения определяют необходимость разработки новых конструктивных и компоновочных решений, а также научного обоснования параметров и режимов

функционирования машинно-тракторных агрегатов (МТА) [1-4]. Современные комбинированные почвообрабатывающе-посевные комплексы (ППК), выполняющие за один проход полный цикл работ, открывают значительные перспективы для роста эффективности сельскохозяйственного производства [5]. Прогресс в промышленности, укрепление экономических связей, масштабирование производств, а также появление инновационных технологий, материалов и оборудования создали как потребность, так и условия для активизации научно-исследовательской деятельности в этой области [6, 7]. В современной практике наиболее широкое распространение получило совмещение нескольких технологических операций [8-10].

В рамках исследования ставилась задача определения производительности машинно-тракторного агрегата, состоящего из колесного трактора К-735 и посевного комплекса «Кузбасс ПК-6.1».

Искомая часовая производительность определяется по следующей известной формуле:

$$W_{\text{ч}} = 0{,}36 \cdot B_p \cdot v_p \cdot \tau, \quad (1)$$

где B_p – ширина захвата агрегата, м;

v_p – рабочая скорость движения машинно-тракторного агрегата, м/с;

τ – коэффициент использования времени смены.

На основе мощностного баланса мобильного энергетического средства (МЭС) находим рабочую скорость ППК.

$$N_e = N_H = N_{\text{кр}} + N_f + N_\delta + N_{mp} = P_{\text{кр}} V_p + P_f * V_p + N_H * \eta_{mp} * \delta - N_h\left(1 - \eta_{mp}\right), \quad (2)$$

$$\left(P_{\text{кр}} + P_f\right) * V_p = N_H \eta_{mp}(1 - \delta), \quad (3)$$

$$v_p = \frac{N_H \eta_{\text{тр}}(1-\delta)}{P_{\text{кр}} + P_f}, \quad (4)$$

$$P_{\text{кр}} = \frac{P_{\text{ППК}} + P_{f\text{б}}}{\eta}, \quad (5)$$

где η – коэффициент использования тягового усилия МЭС на выбранной передаче, η = 0,9…0,95;

η_{mp} – коэффициент полезного действия трансмиссии МЭС;

$N_{\text{Н}}$ - номинальная мощность двигателя МЭС, кВт;

δ – коэффициент буксования МЭС;

$P_{\text{кр}}$ – тяговое усилие МЭС, кН;

$P_{\text{ппк}}$ – тяговое сопротивление ППК, кН;

P_{f} – сила сопротивления качению МЭС, кН;

$P_{\text{fб}}$ – сила сопротивления качению бункера ППК, кН.

Преобразовав зависимость (1) с учетом скорости (4) часовую производительность можно определить:

$$W_{\text{ч}} = \frac{0{,}36 \cdot B_p \cdot N_{\text{н}} \eta_{\text{тр}}(1-\delta)}{\text{P}_{\text{кр}} + \text{P}_f} \cdot \tau \quad (6)$$

Путем подстановки формулы (5) в уравнение (6) и последующих преобразований была получена следующая зависимость:

$$W_{\text{ч}} = \frac{0{,}36 \cdot B_p \cdot N_{\text{н}} \eta_{\text{тр}}(1-\delta)}{\left(\frac{P_{\text{ппк}} + \text{P}_{f\text{б}}}{\eta}\right) + \text{P}_f} \cdot \tau \quad (7)$$

Для расчета приняты следующие данные: $B_р = 6,1$, $N_Н = 257$ кВт, $\eta_{тр} = 0,86$, $\delta = 0,08$, $P_f = 13,95$, $\tau = 0,81$, $\eta = 0,74$ и $\eta = 0,71$, $P_{ппк} + P_{fб} = 29,7$ кН (при полных бункерах семенами и удобрениями), $P_{ппк} + P_{fб} = 24,81$ кН (при работе агрегата ближе к пустым бункерам семенами и удобрениями).

Результаты расчетов показали повышение производительности МТА. Производительность агрегата за один час основного времени составила 6,99 га/ч при полных бункерах и 7,74 га/ч при пустых бункерах семенами и удобрениями при глубине посева 5 см. Повышение тягово-динамических показателей МТА достигается за счет модернизации бункерного модуля. Эффект основан на снижении уплотняющего воздействия на почву благодаря рациональному перераспределению веса бункера (с семенами и удобрениями) между его колесами и колесами МЭС непосредственно в процессе работы. Конструкция бункера универсальна: она предполагает одноосное исполнение (схема агрегатирования «МЭС – бункер – культиватор») либо двухосное (схема «МЭС – культиватор – бункер»). Новизна технических решений подтверждена патентами на полезные модели RU №219350 и RU №221392 (Рисунок 1) [11].

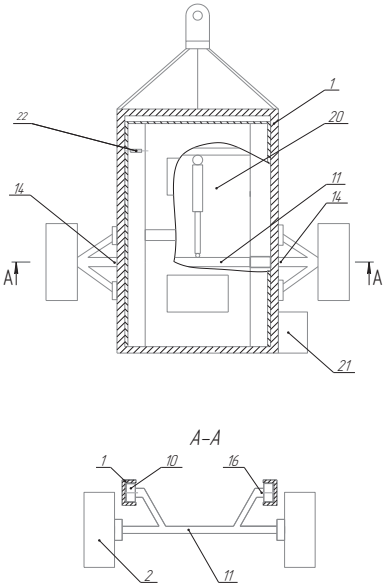


Рисунок 1 – Улучшенный бункер посевного агрегата:
1 – основная рама, *2* – колесо, *10* – опоры роликовые, *11* – ось, *16* – тензодатчики

Таким образом, предложена зависимость для оценки часовой производительности посевного комплекса. На её основе установлено, что производительность посевного комплекса «Кузбасс ПК 6.1» на базе трактора К-735 в основном времени варьируется от 6,99 га/ч (начало цикла, бункеры полные)

до 7,74 га/ч (конец цикла, бункеры почти пустые), что связано со снижением снаряженной массы агрегата при принятом коэффициенте использования смены 0,81.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Повышение эффективности гусеничных тракторов высокого тягового класса (на примере тракторов ООО «ЧТЗ-Уралтрак») : монография / И. А. Гайнуллин, А. С. Валеев, Г. А. Окунев [и др]. – Уфа-Челябинск : Башкирский ГАУ, 2023. – 207 с.

2. 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.

3. Разработка концепции и компоновочно-конструкционных схем гусеничного трактора класса 5...6 с электромеханическим силовым приводом / З. А. Годжаев, И. А. Гайнуллин, Т. З. Годжаев, Б. В. Обыскалов // Российская сельскохозяйственная наука. – 2025. – № 6. – С. 40-45. – DOI 10.7868/S3034582025060079.

4. Скороходов, А. Н. Вероятностная оценка взаимодействия звеньев технологического комплекса / А. Н. Скороходов, О. Н. Дидманидзе // Международный технико-экономический журнал. – 2012. – № 1. – С. 54.

5. Повышение эффективности использования машинно-тракторного агрегата с почвообрабатывающе-посевным комплексом / И. И. Габитов, С. Г. Мударисов, А. Ф. Ахметов, [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 3(67). – С. 73-76. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-73-76.

6. Почвообрабатывающе-посевной комплекс «Уралец» для энерго- и ресурсосберегающих технологий / В. В. Бледных, Н. К. Мазитов, Р. С. Рахимов [и др.] // Тракторы и сельскохозмашины. – 2006. – № 8. – С. 18-21.

7. Эффективность зарубежных и отечественных почвообрабатывающе-посевных комплексов / Н. К. Мазитов, Р. Л. Сахапов, Р. С. Багманов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 4. – С. 12-15.

8. Гайнуллин, И. А. Методы оценки распределения давления и показателей эффективности снижения уплотняющего воздействия движителей МТА на почву / И. А. Гайнуллин // Вестник Челябинского ГАУ. – 2004. – Т. 43. – С. 31-38.

9. Патент на полезную модель № 218078 U1 Российская Федерация, МПК A01C 5/08, A01B 49/06. Мобильное энергетическое средство с посевным агрегатом с передвижным бункером : № 2022133781 : заявл. 21.12.2022 : опубл. 05.05.2023 / Г. А. Окунев, А. Р. Ялалетдинов, Р. С. Рахимов [и др.] ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Челябинский компрессорный завод».

10. Comparative assessment of discrete element methods and computational fluid dynamics for energy estimation of the cultivator working bodies / S. Mudarisov,

I. Farkhutdinov, R. Aminov [et al.] // Journal of Applied Engineering Science. – 2020. – Vol. 18, No. 2. – P. 198-206. – DOI 10.5937/jaes18-24730.

11. Патент на полезную модель № 219350 U1 Российская Федерация, МПК A01C 5/08, A01C 7/12. Бункер посевного комплекса: № 2023103896: заявл. 20.02.2023: опубл. 12.07.2023 / И. И. Габитов, И. А. Гайнуллин, А. Ф. Ахметов, А. Ф. Ахметов; заявитель ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет».

Об авторе:

Гайнуллин Ильшат Анварович, доцент кафедры мобильных энергетических и транспортных средств, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Российская Федерация, Республика Башкортостан, Уфа, ул.50-летия Октября, 34), доктор технических наук, gainullin_ia@mail.ru.

About the author:

Ilshat A. Gainullin, Associate Professor of the Department of Mobile Power Plants and Vehicles, Bashkir State Agrarian University (450001, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letiya Oktyabrya str., 34), Doctor of Technical Sciences, gainullin_ia@mail.ru.

УДК 629.3.07

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ДВИЖЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ ВОЖДЕНИИ

А. З. Галимов, А. И. Азнагулов, В. В. Лукьянов
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, Российская Федерация

***Аннотация**. В статье рассматривается применение фильтра Калмана для повышения точности навигации сельскохозяйственной техники в системах параллельного вождения. Выполнено моделирование системы позиционирования МТА на основе данных GPS с учетом шумов различной интенсивности, что позволило сравнить эффективность оценки положения без фильтра и с применением фильтра Калмана. Анализ показателей средней, максимальной и минимальной погрешности продемонстрировал значительное снижение ошибок при использовании фильтра. Полученные результаты подтверждают, что применение фильтра Калмана существенно повышает точность и надежность навигационных систем в автоматизированных системах параллельного вождения, что способствует повышению эффективности. В дальнейших планах предполагается проведение виртуальных и экспериментальных исследований для практической реализации разрабатываемой мехатронной системы параллельного вождения МТА.*
***Ключевые слова:** параллельное вождение, точное земледелие, подруливающее устройство, мехатронная система, машинно-тракторный агрегат, фильтр Калмана.*

IMPROVING THE ACCURACY OF MACHINE-TRACTOR UNIT MOVEMENT DURING PARALLEL DRIVING

A. Z. Galimov, A. I. Aznagulov, V. V. Lukyanov
Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russian Federation

***Abstract.** The article discusses the application of the Kalman filter to improve the accuracy of agricultural machinery navigation in parallel driving systems. The article simulates the positioning system of the MTA based on GPS data, taking into account the noise of different intensities, which allowed to compare the efficiency of the position estimation without the filter and with the use of the Kalman filter. The analysis of the average, maximum, and minimum error indicators demonstrated a significant reduction in errors when using the filter. The obtained results confirm that the application of the Kalman filter significantly improves the accuracy and reliability of navigation systems in automated parallel driving systems, which contributes to increased efficiency. Further plans include conducting virtual and experimental*

studies to practically implement the developed mechatronic system for parallel driving of MTs.

Keywords: *parallel driving, precision farming, steering device, mechatronic system, machine-tractor unit, Kalman filter.*

Согласно стратегии научно-технологического развития РФ переход к точному земледелию, передовым цифровым, интеллектуальным производственным ресурсосберегающим технологиям и роботизированным системам становится одной из ключевых задач агропромышленного комплекса на ближайшее десятилетие [1, 2]. Комплексные высокотехнологичные системы в точном земледелии, такие как системы параллельного вождения, окажут положительное влияние на себестоимость конечной сельскохозяйственной продукции [3, 4, 5].

Современные технологии в сельском хозяйстве, такие как системы точного земледелия, позволяют значительно повысить эффективность и качество сельскохозяйственных работ. Одной из ключевых задач является автоматизация параллельного вождения сельскохозяйственной техники, что требует высокой точности позиционирования и обработки данных о движении машинно-тракторного агрегата (МТА). В этом контексте широко используется фильтр Калмана – алгоритм оценки состояния системы, позволяющий снизить влияние шума и ошибок измерений [6, 7].

Цель данной работы – исследовать эффективность применения фильтра Калмана для улучшения точности навигации сельскохозяйственной техники в системах параллельного вождения.

Для оценки эффективности фильтра Калмана выполнено моделирование системы позиционирования МТА с помощью библиотеки Simulink программного комплекса Matlab, основанное на данных GPS-датчиков с шумами различной интенсивности. В качестве исходных данных использовались измерения положения с ошибками, моделируемыми в диапазоне 1…10 см.

Сравнивались два варианта оценки положения:

- без фильтра Калмана – исходные GPS-данные.
- с фильтром Калмана – оценка состояния на основе фильтра.

Нелинейная динамика погрешности оценки положения в условиях шумов и нелинейных эффектов с фильтром Калмана и без фильтра представлена на Рисунке 1.

Для анализа использовались следующие показатели:

- средняя погрешность;
- максимальная погрешность;
- минимальная погрешность.

Результаты сравнения точности оценки положения представлены в Таблице 1.

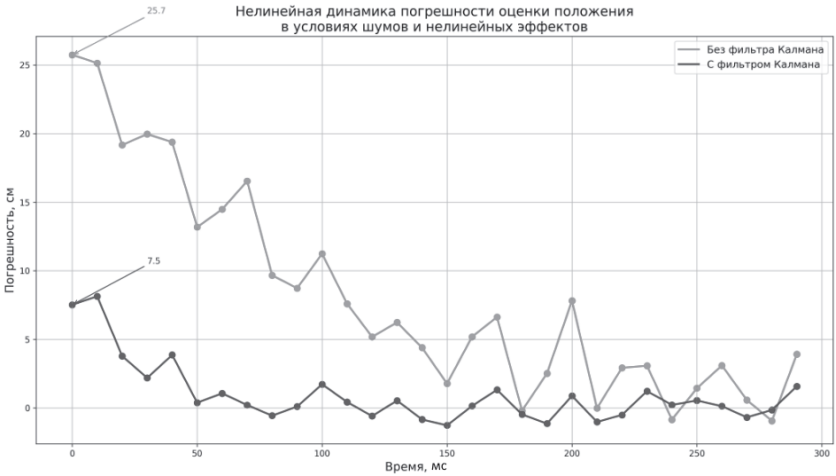


Рисунок 1 – Нелинейная динамика погрешности оценки положения в условиях шумов и нелинейных эффектов

Таблица 1 – Статистические показатели погрешностей

Метод	Средняя погрешность, см	Максимальная погрешность, см	Минимальная погрешность, см
Без фильтра Калмана	15,2	25,7	5,3
С фильтром Калмана	4,8	10,2	1,5

Результаты демонстрируют, что применение фильтра Калмана значительно снижает среднюю и максимальную погрешность определения положения МТА. Это особенно важно в системах автоматического параллельного вождения, где точность позиционирования напрямую влияет на качество обработки поля [8].

Использование фильтра позволяет компенсировать шумы GPS-датчиков и повысить надежность навигационной системы, что ведет к уменьшению потерь и повышению урожайности.

Выводы

Определен подход к разработке мехатронной системы рулевого управления для параллельного вождения машинно-тракторным агрегатом.

Применение фильтра Калмана существенно повышает точность оценки положения сельскохозяйственной техники, что позволит повысить эффективность при автоматическом параллельном вождении МТА в системе точного земледелия.

Результаты подтверждают возможность внедрения фильтра Калмана в автоматизированные системы навигации для повышения их надежности и точности.

Для подтверждения адекватности мехатронной системы параллельного вождения МТА необходимо провести виртуальные и экспериментальные исследования. Положительные результаты позволят обеспечить рациональное применение ресурсосберегающих технологий и способов экономии затрат.

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 имени К. А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.

2. Труфляк, Е. В. Мониторинг и прогнозирование научно-технологического развития АПК России на период до 2030 года / Е. В. Труфляк, Н. Ю. Курченко, А. С. Креймер [и др.]. – Саратов : Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2020. – 328 с. – ISBN 978-5-00140-548-1.

3. Мехатронная система для автоматического управления машинно-тракторным агрегатом с бесколлекторным электродвигателем / А. В. Линенко, Ш. Ф. Сираев, А. И. Азнагулов, В. В. Лукьянов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2019. – Т. 15, № 1. – С. 33-40. – DOI: 10.17122/1999-5458-2019-15-1-33-40.

4. A New Yaw Dynamic Model for Improved High Speed Control of a Farm Tractor / D. M. Bevly, J. C. Gerdes, B. W. Parkinson // Journal of Dynamic Systems Measurement and Control-transactions of The Asme. – 2002. – Vol. 124. – Pp. 659-667. – DOI 10.1115/1.1515329.

5. 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.

6. Ненайденко, А. С. Математическое моделирование движения машинно-тракторного агрегата в горизонтальной плоскости / А. С. Ненайденко, В. И. Поддубный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 7(213). – С. 108-116. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-213-7-108-116.

7. Linenko A. V. Farm tractor mechatronic steering module / A. V. Linenko, I. I. Gabitov, S. F. Siraev [et al.] // Journal of Applied Engineering Science. – 2019. – Vol. 17, No. 3. – P. 354-361. – DOI 10.5937/jaes17-22052.

8. Патент на полезную модель № 183287 U1 Российская Федерация, МПК A01B 69/04, B62D 5/04. Исполнительное устройство для автоматического управления машинно-тракторным агрегатом : № 2018114392 : заявл. 18.04.2018 : опубл. 17.09.2018 / А. В. Линенко, А. И. Азнагулов, М. М. Ямалетдинов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет».

Об авторах:

Галимов Алмаз Зуфарович, магистрант, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Российская Федерация, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34).

Азнагулов Айнур Иршатович, младший научный сотрудник кафедры электрических машин и электрооборудования, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Российская Федерация, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34), az370@inbox.ru.

Лукьянов Валерий Владимирович, доцент кафедры электроснабжения и автоматизации технологических процессов, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Российская Федерация, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34), кандидат технических наук, Smtnv@yandex.ru.

About the authors:

Almaz Z. Galimov, Master's student, Bashkir State Agrarian University (450001, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letiya Oktyabrya str., 34).

Ainur I. Aznagulov, Junior Researcher at the Department of Electrical Machines and Electrical Equipment, Bashkir State Agrarian University (450001, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letiya Oktyabrya str., 34), az370@inbox.ru.

Valery V. Lukyanov, Associate Professor of the Department of Power Supply and Automation of Technological Processes, Bashkir State Agrarian University (450001, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letiya Oktyabrya str., 34), Candidate of Technical Sciences, Smtnv@yandex.ru.

УДК 62-503.5

МЕТОДИКА ПЕРЕСЧЁТА МАССОВОГО РАСХОДА В ЦИКЛОВУЮ ПОДАЧУ В МЕХАНИЧЕСКИХ ТНВД

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

Аннотация. *В статье рассмотрена методика пересчёта массового расхода топлива в цикловую объёмную подачу в дизельных двигателях с механическим топливным насосом высокого давления (ТНВД). Показана необходимость такого пересчёта при использовании математических моделей дозирования и смесевых топлив. Приведены основные формулы, связь с частотой рабочих циклов и зависимость цикловой подачи от положения рейки ТНВД.*
Ключевые слова: *дизельный двигатель, ТНВД, цикловая подача, массовый расход, биодизель, дозирование топлива.*

METHOD FOR CONVERTING MASS FLOW TO CYCLE FLOW IN MECHANICAL HIGH-PRESSURE FUEL PUMPS

A. A. Gamov, N. N. Pulyaev
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article discusses the method for converting mass fuel flow to cycle volume flow in diesel engines with a mechanical high-pressure fuel pump (HPFP). The necessity of such recalculation is shown when using mathematical models of dosing and blended fuels. The basic formulas, connection with the frequency of operating cycles and dependence of the cycle feed on the position of the rack of the injection pump are given.*
Keywords: *diesel engine, injection pump, cycle feed, mass flow rate, biodiesel, fuel dosing.*

Введение

В современных системах управления дизельными двигателями расчёт дозирования топлива часто ведётся в массовых единицах (кг/ч), поскольку именно массовый расход напрямую связан с подводимой энергией и теплотворной способностью топлива. В то же время в двигателях с механическим ТНВД исполнительным параметром является цикловая подача топлива, выражаемая в мм^3 на один рабочий цикл одного цилиндра.

При использовании смесевых топлив (дизель/биодизель) необходимость точного пересчёта между массовым расходом и объёмной цикловой подачей становится особенно важной, поскольку плотность и теплотворная способность

топлива зависят от состава смеси. Неправильный пересчёт приводит к ошибкам по мощности и нестабильной работе регулятора.

Необходимость пересчёта массового расхода в цикловую подачу

Математические модели дозирования, используемые в системах адаптации под смесевое топливо, как правило формируют требуемый массовый расход топлива $Q_{\text{т}}$ (кг/ч). Это обусловлено тем, что компенсация снижения теплотворной способности биодизеля должна выполняться по энергии, а не по объёму [1, 9, 11].

Однако механический ТНВД управляет подачей через положение рейки, которое связано с объёмом топлива, подаваемым за один цикл. Поэтому для практической реализации алгоритма требуется перевод: массовый расход → объёмный расход → цикловая подача [2]. Этот пересчёт является ключевым звеном интеграции математической модели в исполнительный контур механического ТНВД.

Основные соотношения для пересчёта

Массовый расход топлива $Q_{\text{т}}$ (кг/ч) связан с объёмным расходом через плотность смеси:

$$V_v = Q_m / \rho_{mix}\,, \tag{1}$$

где V_v – объёмный расход топлива, м³/ч;

ρ_{mix} – плотность смесевого топлива, кг/м³.

Для перехода к цикловой подаче необходимо определить число рабочих циклов в единицу времени [3]. Для четырёхтактного двигателя частота рабочих циклов одного цилиндра определяется как $n/120$ циклов в секунду на цилиндр, а для двухтактного — $n/60$ [4]. Расчет циклов считался по формуле 2 и 3 [7, 8, 10].

$$\nu_{\text{впр}} = \frac{n}{120} \times k \times N_{\text{ц}}\,, \qquad k = \begin{cases} \frac{1}{2}, 4-\text{тактный} \\ 1, 2-\text{тактный} \end{cases} \tag{2}$$

где n – частота вращения коленчатого вала, об/мин.

С учётом числа цилиндров $N_{\text{ц}}$ общее число впрысков в секунду:

$$V_{\text{общ}} = \left(n \times N_{\text{ц}}\right)/120\,. \tag{3}$$

Тогда цикловая подача одного цилиндра определяется как:

$$V_{\text{ц}} = \frac{\frac{Q_m}{3600}}{\rho_{mix} \times \nu_{\text{впр}}} \times 10^6 \left[\frac{\text{м}^3}{\text{цикл}}\right], \tag{4}$$

где ρ_{mix} – плотность текущей смеси (кг/л),

$\nu_{\text{впр}}$ – число впрысков в секунду по всем цилиндрам**.**

Для практического использования значение обычно переводится в мм³:

$$\nu_{\text{впр}} = \frac{n \times N_{\text{ц}}}{120} \implies V_{\text{ц}} = \frac{\frac{Q_m}{3600}}{\rho_{mix}\left(\frac{nN_{\text{ц}}}{120}\right)} \times 10^6. \tag{5}$$

Связь цикловой подачи с положением рейки ТНВД

В механическом ТНВД цикловая подача определяется положением рейки, которое изменяет эффективный ход плунжера и, соответственно, объём

подаваемого топлива [5, 6]. Для каждого насоса существует индивидуальная характеристика:

$$V_{\text{ц}} = f(x_{\text{рейки}}),$$

где $x_{\text{рейки}}$ — положение рейки ТНВД.

На практике эта зависимость задаётся в виде калибровочной таблицы или аппроксимации по результатам стендовых испытаний. В системе адаптивного дозирования расчётная цикловая подача, полученная из массового расхода, используется как целевая, а положение рейки определяется через обратную зависимость.

Таким образом, реализуется замкнутый контур: математическая модель → цикловая подача → положение рейки → фактическая подача топлива. На Рисунке 1 приведена блок-схема алгоритма, а на Рисунке 2 – экспериментальные данные со стенда с двигателем Д-21.

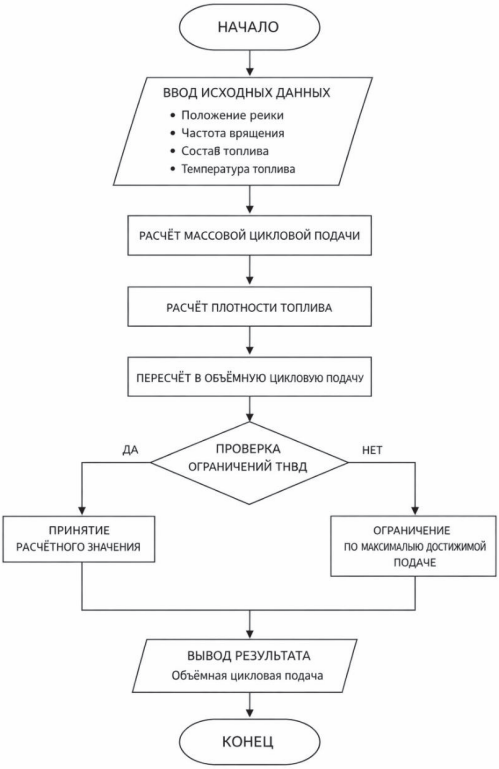


Рисунок 1 – Блок-схема пересчёта массового расхода в цикловую подачу и управление рейкой ТНВД

Таким образом, на стенде задавалась цикловая подача и сравнивался полученный момент с расчётным по формулам.

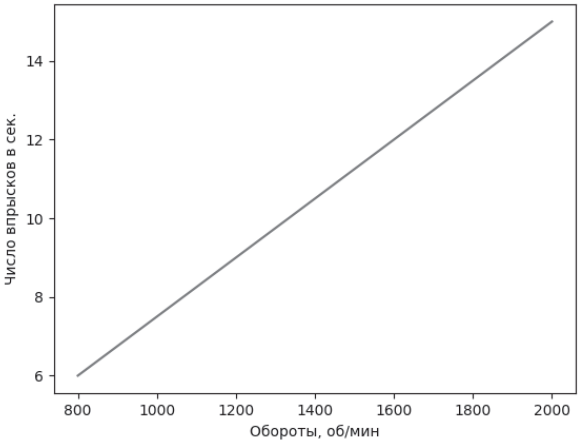


Рисунок 2 – Зависимость числа рабочих циклов от частоты вращения коленчатого вала (пример для иллюстрации)

Практическое значение для систем адаптации под биодизель

При использовании биодизеля и смесевых топлив плотность и теплотворная способность изменяются, что требует увеличения массового расхода для сохранения мощности. Если пересчёт выполняется некорректно и используется только объёмная подача без учёта плотности, возникает систематическая ошибка, приводящая к недокомпенсации или перекомпенсации подачи.

Корректный пересчёт «масса → объём на цикл» позволяет:

- обеспечить эквивалентный подвод энергии при любом составе смеси;
- сохранить стабильные обороты и тяговые характеристики;
- реализовать математические модели дозирования в системах с механическим ТНВД без установки датчиков состава топлива.

Заключение

В статье показано, что пересчёт массового расхода топлива в объёмную цикловую подачу является необходимым элементом интеграции математических моделей дозирования в системы с механическим ТНВД. Приведённые соотношения позволяют связать расчётный массовый расход с цикловой подачей и положением рейки насоса. Это обеспечивает практическую реализуемость адаптивных алгоритмов управления подачей топлива при использовании смесевых топлив, включая биодизель.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.

2. 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

3. 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.

4. Исследование процессов впрыскивания и распыливания топлива и параметров дизельного двигателя, работающего на биотопливах / С. Н. Девянин, В. А. Марков, В. А. Неверов, А. В. Болдырев // Двигателестроение. – 2025. – № 3(301). – С. 82-101.

5. Дидманидзе, О. Н. Сервис топливной аппаратуры дизельного двигателя / О. Н. Дидманидзе, В. М. Корнеев. – М. : ООО УМЦ «Триада», 2014. – 110 с.

6. Пуляев, Н. Н. Адаптивная топливная система трактора с двухтоплив - ным режимом / Н. Н. Пуляев, А. А. Гамов // Техника и оборудование для села. – 2025. – № 9(339). – С. 17-20. – DOI 10.33267/2072-9642-2025-9-17-20.

7. Бижаев, А. В. Расчётная модель основных параметров рабочего цикла дизеля с использованием различных типов топлив / А. В. Бижаев, В. Л. Чумаков, А. А. Путан // Доклады ТСХА, Москва, 03-05 декабря 2019 года. Выпуск 292, Часть I. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2020. – С. 244-247.

8. 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, Москва, 20-21 января 2021 года. Часть 2. – М. : ООО «Сам полиграфист», 2021. – С. 86-95.

9. Дидманидзе, О. Н. Особенности подготовки компонентного состава биодизельного топлива на основе рапса / О. Н. Дидманидзе, Д. В. Варнаков, С. А. Симачков // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар : сборник статей, Москва, 22-24 января 2020 года. – М. : ООО «Мегаполис», 2020. – С. 74-81.

10. 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.

11. 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:

Гамов Артем Алексеевич, аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

(127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), art95081@rambler.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.

About the authors:

Artem A. Gamov, Postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), art95081@rambler.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, pullman-mpt@mail.ru.

УДК 631

АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

И. Н. Гаспарян[1], А. Г. Левшин[2]
[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова», г. Москва, Российская Федерация
[2]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *В статье рассмотрены современные проблемы уплотнения почвенного профиля, возникающие в результате интенсивного применения энергонасыщенной сельскохозяйственной техники. Проанализировано влияние переуплотнения на физические свойства почвы, развитие корневой системы растений, урожайность сельскохозяйственных культур и состояние почвенной биоты. Рассмотрены современные технические и агротехнологические решения, направленные на снижение антропогенной нагрузки, включая применение широкопрофильных ходовых систем, глубокое рыхление и ресурсосберегающие технологии обработки почвы. Особое внимание уделено возможностям применения беспилотных летательных аппаратов в агропроизводстве как инструменту повышения эффективности земледелия и сохранения почвенного плодородия.*
Ключевые слова: *уплотнение почвы, сельскохозяйственная техника, глубокое рыхление, No-Till, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), агромониторинг, устойчивое земледелие.*

AGROTECHNOLOGICAL ASPECTS OF AGRICULTURAL MACHINERY DEVELOPMENT

I. N. Gasparian[a], A. G. Levshin[b]
[a]Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Moscow, Russian Federation
[b]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article discusses the current problems of soil profile compaction caused by the intensive use of energy-intensive agricultural machinery. It analyzes the impact of overcompaction on the physical properties of soil, the development of plant root systems, crop yields, and the state of soil biota. The article also explores modern technical and agronomic solutions aimed at reducing anthropogenic pressure, including the use of wide-tracked vehicles, deep tillage, and resource-saving soil cultivation techniques. Special attention is paid to the possibilities of using unmanned*

aerial vehicles in agricultural production as a tool for increasing the efficiency of farming and preserving soil fertility.

Keywords: *soil compaction, agricultural machinery, deep loosening, No-Till, unmanned aerial vehicles (UAVs), agro-monitoring, sustainable farming.*

Современное сельское хозяйство характеризуется высокой степенью механизации и активным использованием энергонасыщенной техники. С одной стороны, это обеспечивает рост производительности труда и повышение объемов производства сельскохозяйственной продукции, с другой – усиливает антропогенное воздействие на почвенный покров. По данным агроэкологических исследований, ежегодные потери плодородного слоя почвы достигают значительных величин, что приводит к снижению природного потенциала агроэкосистем и уменьшению устойчивости земледелия [1, 2].

Почва является основным производственным ресурсом в растениеводстве. Ее физические, химические и биологические свойства определяют водный и воздушный режим, доступность элементов питания и условия развития корневой системы растений. Нарушение структуры почвы вследствие переуплотнения приводит к деградации агроландшафтов и снижению эффективности применения удобрений и средств защиты растений [1].

В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства проблема уплотнения почв приобретает системный характер и требует комплексного научного подхода, включающего инженерные, агрономические и цифровые решения.

Одним из основных факторов формирования уплотненных слоев является длительное применение традиционных технологий обработки почвы, основанных на многократных механических воздействиях. Повторяющаяся вспашка на одинаковую глубину способствует образованию так называемой плужной подошвы – уплотненного подпахотного горизонта, препятствующего вертикальной миграции влаги и развитию корневой системы растений [3].

Дополнительное влияние оказывает рост массы и мощности сельскохозяйственных машин. За последние десятилетия эксплуатационная масса тракторов и комбайнов увеличилась в несколько раз. Давление, создаваемое колесными и гусеничными ходовыми системами, передается в глубокие слои почвы и может достигать глубины до одного метра [1, 4]. При этом процессы естественной релаксации почвы не успевают компенсировать возникающие деформации, что приводит к накоплению негативного эффекта от года к году.

Наиболее интенсивное уплотнение происходит в периоды повышенной влажности почвы – весной и осенью [1]. В этих условиях структура почвы становится менее устойчивой к механическим нагрузкам, а повторяющиеся проходы техники усиливают кумулятивный эффект.

Оптимальное состояние пахотного слоя характеризуется определенным соотношением твердых частиц, воды и воздуха. Корневая система растений является одним из наиболее чувствительных элементов агроценоза к изменению физических свойств почвы. Глубина проникновения в почву корней растений в

естественном ареале довольно глубокая, до 2…2,5 м. При подготовке почвы стандартная глубина вспашки составляет около 20…25 см. Многолетнее использование одинаковой глубины обработки привело к формированию плужной подошвы – плотного подпахотного горизонта. Повышенная плотность почвенного слоя ограничивает проникновение корней вглубь профиля, снижает объем доступной влаги и элементов питания [2, 3].

В советское время масса тракторов составляла около 6…8 тонн. Современные колесные тракторы достигают массы 25…30 тонн, а зерноуборочные комбайны с полной загрузкой бункера – до 35 тонн. Каждое прохождение такой техники создает значительное давление на почву.

Машины и трактора расплющивают и прессуют пахотный слой. Уплотняющее действие от колес и гусениц распространяется глубоко (до 1 м) и до 0,8 м в поперечном сечении, сохраняется до следующего вегетационного сезона. Разрушенная структура почвы полностью не восстанавливается. А на следующий год все повторяется. С течением времени почва деградирует.

Корневая система растений является одним из наиболее чувствительных элементов агроценоза к изменению физических свойств почвы. Повышенная плотность почвенного слоя ограничивает проникновение корней вглубь профиля, снижает объем доступной влаги и элементов питания [1].

Нарушение этой структуры приводит к снижению пористости, ухудшению аэрации и уменьшению инфильтрационной способности почвы. В результате замедляется поступление кислорода к корням растений, нарушается деятельность почвенной микрофлоры и ухудшается водный режим [2].

Уплотнение способствует формированию поверхностных понижений и следов от техники, в которых скапливается вода. Это приводит к локальному переувлажнению и увеличению риска развития эрозионных процессов. Кроме того, ухудшается качество выполнения технологических операций, таких как посев, междурядная обработка и уборка урожая.

На уплотненных участках наблюдается снижение урожайности зерновых культур, ухудшение структуры урожая и уменьшение массы зерна. Для корнеклубнеплодов характерно формирование деформированных органов, снижение товарных качеств и ухудшение условий хранения [1].

Дополнительно уплотнение почвы приводит к увеличению энергетических затрат при выполнении полевых работ. Возрастает тяговое сопротивление рабочих органов машин, увеличивается расход топлива и снижается производительность агрегатов [1, 4].

Почвенная биота играет ключевую роль в поддержании структуры почвы и биологического круговорота веществ. Дождевые черви и микроорганизмы участвуют в формировании агрегатной структуры, переработке органических остатков и улучшении водно-воздушного режима [2].

Интенсивное уплотнение приводит к снижению численности почвенных организмов, ухудшению условий их обитания и сокращению биологической активности. Это негативно отражается на естественном плодородии почв и снижает эффективность минерального питания растений.

Современные подходы к снижению антропогенной нагрузки на почву включают использование широкопрофильных и сдвоенных шин, гусеничных движителей и систем регулирования давления в шинах. Эти меры позволяют уменьшить удельное давление на поверхность поля и сократить глубину деформации почвенного профиля [4].

Важным элементом системы является глубокое рыхление, направленное на разрушение уплотненных горизонтов. Глубина и периодичность проведения данного приема должны определяться с учетом агрофизических характеристик конкретного поля [5].

Перспективным направлением является внедрение ресурсосберегающих технологий обработки почвы, таких как минимальная обработка и прямой посев. Эти системы позволяют сократить количество проходов техники, сохранить растительные остатки на поверхности поля и улучшить структуру почвы. Нужно заметить, что технологии ноу-тиль и минимальная не везде подходят, в связи с тем, что растительные остатки не успевают перегнить, особенно в нашей зоне, и это дополнительный источник инфекции для болезней и вредителей, а также приходится использовать много гербицидов и говорить о снижении пестицидной нагрузки на поле нельзя. Также производственникам необходимо менять всю линейку системы машин.

Разуплотнение является эффективным, но энергозатратным мероприятием. Глубокое рыхление на глубину 0,6…0,7 м требует значительных затрат топлива – в среднем около 0,5 литра дизеля на каждый сантиметр углубления [6]. Поэтому глубина обработки должна определяться индивидуально для каждого поля на основе диагностики плотности почвы.

Целесообразно рассмотреть технологию использования группы однородных роботизированных машин (рой) оптимальной массы с точки зрения требований экологии для выполнения полевых работ, в том числе и БПЛА. Проработать типовые компоновочные решения (возможно – типаж) робототехнических комплексов, в том числе и с БПЛА, и к ним разработать программно-методические вопросы формирования производственного задания для роботизированных комплексов [7].

Но переход к робототехническим системам в сельском хозяйстве будет еще не скоро. Что же мы можем сделать в настоящее время?

В последние годы активно развивается направление применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве. Их использование позволяет выполнять ряд технологических операций без прямого механического воздействия на почву, до 30 % всех механизированных работ. Применение БПЛА позволяет снизить пиковые нагрузки тракторно-машинного парка.

Основными направлениями применения БПЛА являются агромониторинг посевов, ранневесенние подкормки озимых культур, оценка состояния растений и прогнозирование урожайности и т.д. В нашей стране наиболее распространена озимая пшеница. Фаза кущения проходит осенью и весной. Конус нарастания дифференцируется осенью и весной, в результате образуется продуктивный стебель. Но в это время очень нужна минеральная поддержка. Растение возобновляет вегетацию при температуре 5 °С, но, к сожалению, в это время

трактору в поле не выйти. Использование БПЛА позволит выполнить эту операцию вовремя и увеличить урожайность, так как чем больше продуктивных стеблей, тем больше урожайность.

Использование мультиспектральных и термальных сенсоров позволяет получать объективные данные о физиологическом состоянии растений и оперативно принимать управленческие решения [6, 7].

БПЛА также применяются для точечного внесения средств защиты растений, десикации и дефолиации высокорослых культур, а также для биологической защиты растений путем выпуска энтомофагов [8]. Это способствует снижению химической нагрузки на агроэкосистемы и повышению экологической безопасности производства.

Современные цифровые платформы позволяют интегрировать данные БПЛА, спутникового мониторинга, погодных станций и почвенных карт. На основе этих данных формируются карты продуктивности, выявляются проблемные зоны и оптимизируются технологические процессы [9].

Возможно применение БПЛА для посева мелкосемянных культур, например, рыжика, ярового рапса и т.д., особенно во влажную почву при затяжной весне, а также при необходимости срочного посева при чрезмерной загруженности посевных агрегатов и быстрой потере влажности почвы [10].

Использование цифровых систем управления агропроизводством способствует переходу к точному земледелию, снижению издержек и повышению устойчивости сельскохозяйственных предприятий.

Заключение

Уплотнение почв является одной из ключевых проблем современного земледелия, оказывающей существенное влияние на продуктивность агроэкосистем и экологическую устойчивость сельского хозяйства. Комплексное применение инженерных, агротехнологических и цифровых решений позволяет снизить негативные последствия антропогенной нагрузки и обеспечить сохранение почвенного плодородия.

Развитие беспилотных технологий и цифровых платформ управления агропроизводством открывает новые возможности для устойчивого развития отрасли. Междисциплинарное взаимодействие специалистов в области агрономии, агроинженерии и информационных технологий является необходимым условием формирования современной модели ресурсосберегающего земледелия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Soil Compaction due to Agricultural Machinery Impact: A Systematic Review / B. Zhang, Y. Jia, H. Fan [et al.] // Land Degradation & Development. – 2024.

2. From Soil Health to Agricultural Productivity: The Critical Role of Soil Constraints / T. Li [et al.] // ScienceDirect, 2025.

3. Soil Compaction Prevention, Amelioration and Alleviation Measures Are Effective in Mechanized and Smallholder Agriculture: A Meta-Analysis / P. Yang,

W. Dong, M Heinen [et al.] // Land. – 2022. – No. 11. – Pp. 645. – DOI 10.3390/land11050645.

4. Hetz, E. Effects and Prevention of Soil Compaction in Conventional Tillage: Challenges and Solutions / E. Hetz, L. Reina-Castro, J. L. Reyna-Bowen // REVISTA TERRA LATINOAMERICANA. – 2025. – 43. DOI 10.28940/terralatinoamericana. v43i.2257.

5. Research on unmanned aerial vehicles in smart agriculture // Comprehensive review (UAVs in Smart Agriculture). – 2025.

6. Левшин, А. Г. Развитие мобильной энергетики с учётом агротехнологических ограничений / А. Г. Левшин, И. Н. Гаспарян, И. Г. Голубев // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 4. – С. 26-32. – DOI 10.26897/2687-1149-2023 -4-26-32

7. A survey of unmanned aerial vehicles and deep learning in precision agriculture / D. Wang [et al.] // European Journal of Agronomy. – 2025. – Vol. 164. – p. 127477.

8. Kartal, M.R., Comprehensive review of agriculture spraying UAVs challenges and advances: modelling and control / M. Kartal, D. Ignatyev, A. Zolotas // Aeronautical Journal. – 2025. – cilt. 129. – sa. 1340. – ss. 2859-2879.

9. Performance Evaluation of a UAV-Based Graded Precision Spraying System: Analysis of Spray Accuracy, Response Errors, and Field Efficacy / L. Yang, Y. Seung-Hwa, L. Chun-Gu // Agriculture. – 2025. – No. 15(19). – p. 2070.

10. Гаспарян, И. Н. Возможности использования БПЛА для посева мелкосемянных культур / И. Н. Гаспарян // Плодородие. – 2024. – № 6 (141). – С. 92-95. – DOI 10.25680/S19948603.2024.141.21.

Об авторах:

Гаспарян Ирина Николаевна, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Прянишникова, 31а), доктор сельскохозяйственных наук.

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:

Irina N. Gasparyan, Chief Researcher, Pryanishnikov Institute of Agrochemistry (127434, Russian Federation, Moscow, Pryanishnikova St., 31a), Doctor of Agricultural Sciences.

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.

УДК 631.372

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАКТОРОВ ТЯГОВОГО КЛАССА 1,4

И. В. Грибов[1], А. С. Зенин[1], А. В. Коломейченко[1], Н. В. Перевозчикова[2]

[1]ФГУП «НАМИ», г. Москва, Российская Федерация

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

Аннотация. *Рассчитаны и проанализированы функциональные характеристики четырех моделей сельскохозяйственных тракторов тягового класса 1,4 по ГОСТ 27021-86 «Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы». По результатам проведенной оценки, сделаны рекомендации, на каких видах работ целесообразно применять рассмотренные модели и какие тракторы целесообразно приобретать в настоящее время в машинотракторный парк предприятий с учетом их стоимости.*

Ключевые слова: *функциональные характеристики, технологический уровень, показатель универсальности, показатель агротехнических свойств, показатель потенциальной производительности, показатель стоимости технологического процесса.*

EVALUATION OF FUNCTIONAL CHARACTERISTICS TRACTORS OF TRACTION CLASS 1.4

I. V. Gribov[a], A. S. Zenin[a], A. V. Kolomeychenko[a], N. V. Perevozchikova[b]

[a]FSUE «NAMI», Moscow, Russian Federation

[b]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The functional characteristics of four models of agricultural tractors of the 1.4 traction class according to GOST 27021-86 «Agricultural and Forestry Tractors. Traction Classes» have been calculated and analyzed. Based on the results of the assessment, recommendations have been made on the types of work where the models in question are suitable and which tractors are currently the most cost-effective to purchase for the enterprises' machine and tractor fleet.*

Keywords: *functional characteristics, technological level, indicator of universality, indicator of agrotechnical properties, indicator of potential productivity, indicator of technological process cost.*

В связи с большим количеством тракторов зарубежных производителей, импортируемых на российский рынок в настоящее время, одной из важных задач, стоящих перед сельхозтоваропроизводителями, является оптимальный выбор техники на основе ее функциональных характеристик [1, 2]. Анализ и оценка функциональных характеристик заложена в экспертизе по определению отличий в параметрах между зарубежной техникой и продукцией, произведенной на территории Российской Федерации в рамках постановления правительства Российской Федерации от 20.09.2017 года № 1135 [3]. В основе проведения экспертизы заложены критерии оценки определения величины и значения функциональных характеристик, позволяющие сделать выводы о наличии или отсутствии аналога техники/продукции производимой на территории Российской Федерации. При этом функциональные характеристики рассматриваемой техники/продукции в механизме проведения экспертизы отражают технологические и технические возможности аналогичных машин, имеющих схожие параметры выполнения одних и тех же функций, то есть могут быть коммерчески взаимозаменяемыми. Данный механизм проведения экспертизы разработан для поддержки развития агропромышленного комплекса Российской Федерации и является эффективным инструментом, позволяющим регулировать рынок техники различного назначения, реализуемой на территории Российской Федерации. Для проведения экспертизы по определению отличий можно использовать методику сравнения различных моделей тракторов, учитывающую несколько показателей и технические характеристики энергетического средства, разработанную на кафедре тракторов и автомобилей РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева [4, 5].

Показатель технологического уровня ($П_Т$) трактора (энергетического средства) можно представить в виде функциональной зависимости:

$$П_Т = f(Y_Т, A_Т, W_Т, C_Т),$$

где $Y_Т$, $A_Т$, $W_П$, $C_Т$ – соответственно, безразмерный обобщенный показатель технологической универсальности, агротехнических свойств, потенциальной производительности и стоимости выполнения технологических операций [4].

Показатель технологической универсальности ($Y_Т$) определяется по формуле (1):

$$Y_Т = \frac{(a_а + a_п + a_{м.о.} + a_{уб} + a_{тр})}{5}, \quad (1)$$

Показатель $Y_Т$ показывает способность трактора (энергетического средства) выполнять с установленным качеством набор основных сельскохозяйственных операций: работа с навесными комбинированными машинами ($a_а$), работа на пахотных операциях ($a_п$), выполнение междурядной обработки ($a_{м.о}$), использование во время уборки ($a_{уб}$) и эксплуатация на транспортных работах ($a_т$).

Результаты расчета показателя технологической универсальности приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Показатель технологической универсальности тракторов тягового класса 1,4

Модель трактора	$\alpha_а$	$\alpha_п$	$\alpha_{м.о}$	$\alpha_{уб}$	$\alpha_{тр}$	$Y_т$
Deutz Fahr Agroplus F 410	0,83	0,73	0,71	0,56	0,8	0,73
Агроаполло Е904	0,44	0,73	0,71	0,59	0,76	0,65
Агромаш 90ТКС	0,45	0,7	0,51	0,56	0,62	0,57
Беларус 952.3	0,42	0,72	0,86	0,24	0,74	0,6

Анализ рассчитанных показателей технологической универсальности показал, что все тракторы могут работать с навесными и прицепными машинами, в том числе комбинированными, однако наиболее универсальным является Deutz Fahr Agroplus F 410, так как оборудован передним валом отбора мощности (ВОМ) и может использовать на передней навеске активные сельскохозяйственные машины. На пахотных работах все тракторы находятся примерно на одном технологическом уровне и с одинаковой эффективностью применяются на данных сельскохозяйственных операциях. Однако для получения наибольшего экономического эффекта для пахотных работ целесообразно применять тракторы общего назначения. На транспортных работах, лидирующую позицию среди сравниваемых тракторов занимает трактор Агроаполло Е904, за счет наибольшей транспортной скорости. Применение всех рассмотренных тракторов на междурядной обработке имеет практическую значимость, так как присутствует регулировка колеи и используются шины с профилем, подходящим для движения в междурядье.

Показатель агротехнических свойств ($A_т$) представлен зависимостью (2):

$$A\text{т} = f(\gamma_q, \gamma_{пп}, \gamma_h, \gamma_{обз}, \gamma_{вп}, \gamma_м), \quad (2)$$

где показатели характеризуют качество выполнения работ согласно агротехническим требованиям к выполнению работ. Агротехнические требования, которые рассмотрены включают: давление на почву (γ_q) и площадь уплотненного участка движителем ($\gamma_{пп}$), агротехнический просвет (γ_h), обзорность с места оператора ($\gamma_{обз}$), вписываемость колес в междурядье ($\gamma_{вп}$) и маневренность трактора соответственно ($\gamma_м$).

Определение значения коэффициентов весомости единичных показателей определяется методом опроса экспертов. Для определения коэффициента весомости применяется специально разработанная методика [6].

Результаты расчета показателя агротехнических свойств представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Показатель агротехнических свойств тракторов тягового класса 1,4

Модель трактора	γ_q	γ_h	$\gamma_{вп}$	$\gamma_м$	$\gamma_{пп}$	$A_т$
Deutz Fahr Agroplus F 410	0,88	0,41	0,86	1	1	0,66
Агроаполло Е904	0,68	0,6	0,84	0,84	0,98	0,62
Агромаш 90ТКС	0,58	0,38	0,76	0,82	0,89	0,53
Беларус 952.3	0,63	0,73	0,76	0,82	0,89	0,59

Анализ показателей агротехнических свойств сравниваемых тракторов показал, что наименьшее повреждение на почву оказывает Deutz Fahr Agroplus F 410. Наилучший показатель агротехнического просвета имеют тракторы Агроаполло Е904 и Беларус 952.3, для универсально-пропашных тракторов данный показатель имеет наибольшее влияние на качество выполнения работ. По показателю вписываемости и маневренности тракторы Deutz Fahr Agroplus F 410 и Агроаполло Е904 занимают лидирующие позиции среди сравниваемых тракторов, они обладают наименьшими радиусами поворота.

Показатель производительности ($W_п$) определяется по формуле (3):

$$W_п = B_{зах} * V_{тр} * \tau_{см}, \quad (3)$$

включает ширину захвата МТА при макимальном тяговом усилии ($B_{зах}$), скорость машинно-тракторного агрегата ($V_{тр}$), коэффициент использования времени смены ($\tau_{см}$).

Показатель потенциальной сменной производительности трактора ($W_т$) определяется по выражению (6):

$$W_Т = \frac{W_{п.тр}}{W_{п.макс}}, \quad (4)$$

Результаты расчета показателей производительности $W_п$ и потенциальной сменной производительности $W_т$ представлены на Рисунке 1.

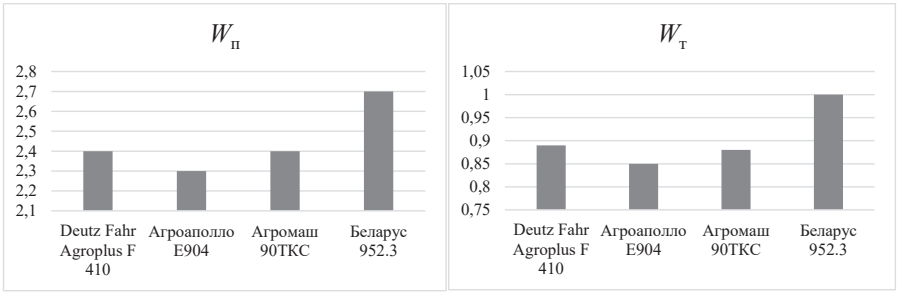


Рисунок 1 – Показатели производительности тракторов тягового класса 1,4

Показатель стоимости выполнения технологического процесса, определяется относительным показателем стоимости ($C_т$) по формуле (5):

$$C_т = \frac{C_{п.мин}}{C_п}, \quad (5)$$

где $C_{п.мин}$ – минимальные приведенные затраты из сравниваемых тракторов (Таблица 4), руб./га; $C_п$ – приведенные затраты оцениваемого трактора, руб./га.

Структура приведенных затрат определяется по формуле (6):

$$C_п = C_э + E_н * K_у, \quad (6)$$

где $C_э$ – прямые эксплуатационные затраты, руб./га; $E_н$ – норматив коэффициента капитальных вложений; $K_у$ – удельные капитальные вложения, руб./га.

Технологический уровень ($П_т$) сравниваемых тракторов (энергетических средств) определяется по формуле (7):

$$\Pi_т = 0{,}4 * Y_т + 0{,}3 * A_т + 0{,}2 * W_т + 0{,}1 * C_т, \quad (7)$$

где (0,1; 0,2; 0,3; 0,4) – коэффициенты весомости, которые определены экспертным методом оценок; ($Y_Т$, $A_Т$, $W_П$, $C_Т$) – безразмерный обобщенный показатель соответственно технологической универсальности, агротехнических свойств, потенциальной производительности и стоимости выполнения технологических операций.

Результаты расчета приведенных затрат, показателей стоимости и технологического уровня приведены в Таблице 3.

Таблица 3 – Показатели приведенных затрат, стоимости и технологического уровня тракторов тягового класса 1,4

Модель трактора	$К_У$	$С_Э$	$С_П$	$С_Т$	$П_Т$
Deutz Fahr Agroplus F 410	3483	2784	3133	0,61	0,73
Агроаполло Е904	1810	2164	2345	0,82	0,7
Агромаш 90ТКС	1802	2136	2316	0,83	0,65
Беларус 952.3	1344	1784	1918	1	0,7

Выводы

1. Все рассматриваемые тракторы эффективно могут использоваться на междурядной обработке. Для данного типа работ как раз применяются универсально-пропашные тракторы тяговых классов 0,9-2,0 [8, 9].

2. Анализ результатов, полученных в ходе расчетов, показал, что по показателю технологического уровня ($П_Т$) тракторы Deutz Fahr Agroplus F 410, Агроаполло Е904 и Беларус 952.3 находятся на примерно одном уровне, а относительно модели Агромаш 90ТКС имеют преимущество.

3. По стоимости выполнения технологического процесса, отечественные тракторы превосходят иностранный аналог в тяговом классе 1,4. Это связано с высокой ценой трактора, которая последние несколько лет кратно увеличилась в связи со сложностями доставки зарубежной техники на территорию Российской Федерации.

4. Трактор Агроаполло Е904 по совокупности рассмотренных показателей является наиболее перспективной моделью для приобретения, так как по показателям технологической универсальности, агротехнических свойств, потенциальной производительности и стоимости выполнения технологических операций находится на высоком уровне среди сравниваемых моделей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.

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. Постановление Правительства Российской Федерации от 20.09.2017 № 1135 «Об отнесении продукции к промышленной продукции, не имеющей произведенных в Российской Федерации аналогов, и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://government.ru/docs/29366/ (дата обращения: 27.01.2026).

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. 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. Кутьков, Г. М. Разработка исходных требований на сельскохозяйственный трактор и оценка его технологического уровня / Г. М. Кутьков, В. В. Кузьмичев, Н. В. Перевозчикова. – М. : МГАУ, 2011. – 36 стр.

7. Грибов, И. В. Оценка потребительских свойств тракторов Беларус / И. В. Грибов, Н. В. Перевозчикова // Вклад молодых ученых в аграрную науку: Материалы Международной научно-практической конференции. Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия. – 2016. – С. 349-352.

8. Перевозчикова. Н. В. Оценка потребительских свойств тракторов Джон Дир / Н. В. Перевозчикова, Д. А. Родченков, И. В. Грибов // Вестник ФГОУ ВО «МГАУ имени В. П. Горячкина». – 2016. – № 1. – С. 40-44.

9. 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:

Грибов Иван Васильевич, главный специалист центра сельскохозяйственного машиностроения, ФГУП «НАМИ» (125438, Российская Федерация, Москва, ул. Автомоторная, д. 2), кандидат технических наук, ivan.gribov@nami.ru

Зенин Артем Сергеевич, ведущий специалист центра сельскохозяйственного машиностроения, ФГУП «НАМИ» (125438, Российская Федерация, Москва, ул. Автомоторная, д. 2), artem.zenin@nami.ru

Коломейченко Александр Викторович, главный специалист центра сельскохозяйственного машиностроения, ФГУП «НАМИ» (125438, Российская Федерация, Москва, ул. Автомоторная, д. 2), доктор технических наук, профессор, a.kolomiychenko@nami.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:

Ivan V. Gribov, Chief Specialist of the Center for Agricultural Engineering, FSUE «NAMI» (125438, Russian Federation, Moscow, Avtomotornaya St., 2), Candidate of Technical Sciences, ivan.gribov@nami.ru.

Artem S. Zenin, Leading Specialist of the Center for Agricultural Engineering, FSUE «NAMI» (125438, Russian Federation, Moscow, Avtomotornaya St., 2), artem.zenin@nami.ru.

Alexander V. Kolomeichenko, Chief Specialist of the Center for Agricultural Engineering, FSUE «NAMI» (125438, Russian Federation, Moscow, Avtomotornaya St., 2), Doctor of Technical Sciences, Professor, a.kolomiychenko@nami.ru.

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.perevozchikova@rgau-msha.ru.

УДК 658.562.43

АНАЛИЗ РАССЕЯНИЯ РАЗМЕРОВ НАРУЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ФЛАНЦА КОРОБКИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ ЯМЗ ПОД МАНЖЕТУ

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

Аннотация. *Контроль партии валов КПП ЯМЗ, с последующим статистическим анализом, выявил наличие сдвига в сторону исправимого брака, а также необходимость формирования заданной шероховатости, с помощью тонкого шлифования, алмазного обтачивания продольной подачи или обычного полирования, в зависимости от необходимого квалитета.*
Ключевые слова: *точность, ЯМЗ-239, соединение «вал-уплотнение», рассеяние размеров, шероховатость поверхности.*

ANALYSIS OF SIZE SCATTER FOR THE OUTER SURFACE OF THE YMZ GEARBOX FLANGE UNDER THE SEAL

L. A. Grinchenko
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Inspection of a batch of YMZ gearbox shafts, followed by statistical analysis, revealed a shift towards remediable defects. It also highlighted the need to achieve the specified surface roughness using fine grinding, diamond turning with longitudinal feed, or conventional polishing — depending on the required quality grade (tolerance class).*
Keywords: *accuracy, YMZ-239, shaft-seal joint, size scatter, surface roughness.*

В связи с новыми экономическими реалиями для нашей страны приоритетной задачей стало развитие собственного автотракторного машиностроения [1, 2]. Важнейшим фактором создания надежных узлов и агрегатов является реализация требуемой точности ответственных соединений путем теоретического расчета и практического внедрения [3-7]. В свою очередь, техника для сельского хозяйства будет регулярно подвергаться ремонтным воздействиям, для чего нужно предусмотреть и вопросы обеспечения точности при ремонте [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.

Для обеспечения плановой долговечности 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 [11-13].

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 [14-17].

Исследования проводились с целью оценки вероятностных характеристик рассеяния наружного диаметра фланца КПП ЯМЗ-239.

Для исследований были отобраны 100 первичных валов коробки передач двигателя ЯМЗ. Проведены измерения поверхности под манжету у новых фланцев. По результатам измерений были рассчитаны параметры распределения рассеяния диаметров посадочных поверхностей под манжету фланцев (Таблица 1).

Таблица 1 – Параметры распределения рассеяния диаметров посадочных поверхностей под манжету фланцев и внутренних диаметров отверстий манжет

Параметры распределения рассеяния	Усл. обозначение	Фланцы
Среднее арифметическое, мм	$\bar{x}$	99,956
Среднее квадратическое отклонение, мм	σ	0,018
Зона рассеяния, мм	ω	0,108

По данным, представленным в Таблице 1 построим гистограммы и графики распределения рассеяния контролируемых параметров.

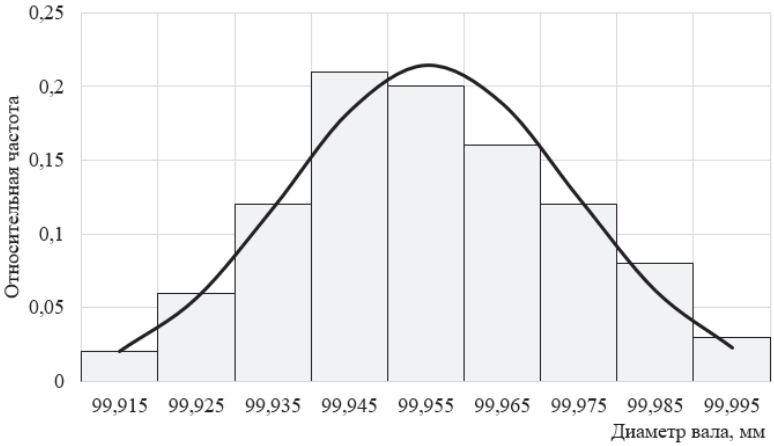


Рисунок 1 – Распределение поверхности фланца под манжету

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:

$$K_C = \frac{X_{ср} - \overline{X}}{2 \cdot T}, \quad (2)$$

где $X_{ср}$ – середина поля допуска контролируемого параметра.

Результаты расчетов показателей точности и настроенности технологического процесса обработки поверхности фланцев под манжету, рассчитанные по формулам (1) - (2), представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Параметры точности и настроенности технологического процесса обработки поверхности фланцев под манжету

Коэффициент	Значение
Коэффициент точности технологического процесса, K_T	1,27
Коэффициент настроенности технологического процесса, K_C	-0,09

Данные, представленные в Таблице 2 и на Рисунке 1, свидетельствуют о том, что при изготовлении фланца обеспечивается точность технологического процесса выше требуемой с удовлетворительной настроенностью, имеется сдвиг в сторону исправимого брака, что обеспечивает вероятность появления неисправимого брака равную нулю.

Такие параметры распределения связаны с необходимостью обеспечения шероховатости поверхности вала под манжету R_a = 0,32 мкм, что можно сформировать:

- тонким шлифованием – это будет 6-й или 7-й квалитет точности;
- алмазным обтачиванием продольной подачи – это будет 6-й квалитет точности;
- обычным полированием – это будет 6-й квалитет точности.

Таким образом, точность изготовления наружной поверхности фланца отвечает заданным требованиям, а возникающие проблемы с утечками смазочного материала из уплотнений следует искать 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. : Российский государственный аграрный университет, 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. 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.

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. 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.

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. Расчет 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 надежности машин. – 2025. – № 2. – С. 42-50. – DOI 10.31857/S0235711925020053.

13. Нормирование шероховатости поверхностей валов в соединениях с резиновыми армированными манжетами / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж.

Шкаруба [и др.] // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2024. – № 2. – С. 104-111. – DOI 10.52261/02346206_2024_2_104.

14. Результаты испытаний полимерного радиатора системы охлаждения трактора МТЗ-80 / О. Н. Дидманидзе, Р. Т. Хакимов, Е. П. Парлюк, Н. А. Большаков // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2020. – Т. 14, № 1. – С. 55-60. – DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-55-60.

15. 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.

16. Применение размерного анализа для расчета суммарного отклонения от соосности манжеты относительно вала / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2021. – № 6. – С. 61-67. – DOI 10.31857/S0235711921060067.

17. 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 авторе:

Гринченко Лаврентий Александрович, старший преподаватель кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, grinchenko@rgau-msha.ru.

About the author:

Lavreniy A. Grinchenko, Senior Lecturer of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Candidate of Technical Sciences, grinchenko@rgau-msha.ru.

УДК 332.365

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗЕРНОПРОДУКТОВОГО ПОДКОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АПК

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

Аннотация. *В статье рассматриваются современные подходы к развитию технического обеспечения агропромышленного комплекса в условиях цифровой трансформации экономики. Анализируются изменения роли сельскохозяйственной техники и технических средств в системе воспроизводства аграрного производства, а также направления их интеллектуализации и интеграции с цифровыми платформами управления. Особое внимание уделяется методологическим аспектам формирования устойчивой модели технического развития сельского хозяйства, основанной на внедрении цифровых технологий, повышении эффективности использования техники и снижении технологических рисков. Обосновывается значение комплексного подхода к модернизации технического обеспечения как одного из ключевых факторов повышения конкурентоспособности агропромышленного комплекса.*
Ключевые слова: *агропромышленный комплекс, техническое обеспечение, сельскохозяйственная техника, цифровизация, цифровая трансформация, инновационное развитие, устойчивое развитие АПК.*

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF TECHNICAL SUPPORT IN THE GRAIN-PRODUCT SUBCOMPLEX UNDER DIGITAL TRANSFORMATION OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

A. N. Davletshin
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The paper addresses contemporary approaches to the development of technical support systems for the agro-industrial complex under the conditions of digital transformation of the economy. Changes in the role of agricultural machinery and technical means within the reproduction system of agricultural production are analyzed, along with key directions of their intellectualization and integration with digital management platforms. Special attention is given to methodological aspects of forming a sustainable model of technical development in agriculture, based on the*

implementation of digital technologies, improvement of machinery efficiency, and reduction of technological risks. The importance of a comprehensive approach to the modernization of technical support as a key factor in enhancing the competitiveness of the agro-industrial complex is substantiated.
Keywords: *agro-industrial complex, technical support, agricultural machinery, digitalization, digital transformation, innovative development, sustainable development of agriculture.*

Зернопродуктовый подкомплекс агропромышленного комплекса Российской Федерации является ключевым элементом национальной продовольственной системы и экспортного потенциала страны. В условиях цифровой трансформации аграрного производства возрастает значение технического обеспечения как базового фактора устойчивости, эффективности и технологической независимости зернового хозяйства.

Современные вызовы – климатическая нестабильность, рост себестоимости, дефицит трудовых ресурсов и усиление требований к прослеживаемости продукции – существенно повышают нагрузку на материально-техническую базу отрасли. При этом значительная часть машинно-тракторного парка зернопродуктового подкомплекса характеризуется высоким уровнем физического и морального износа, что ограничивает возможности внедрения цифровых и интеллектуальных технологий.

В трудах академика О. Н. Дидманидзе техническое обеспечение аграрного производства рассматривается как системообразующий элемент, определяющий потенциал инновационного и цифрового развития агропромышленного комплекса. В рамках данной научной школы обосновывается положение о том, что цифровизация сельского хозяйства невозможна без опережающего развития технической базы, способной функционировать в цифровых контурах управления.

Целью является обоснование перспективных направлений развития технического обеспечения зернопродуктового подкомплекса в условиях цифровой трансформации агропромышленного комплекса.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- выявление ограничений традиционной модели технического обеспечения зернового производства;
- анализ трансформации функциональной роли сельскохозяйственной техники в условиях цифровизации;
- определение ключевых направлений развития технического обеспечения зернопродуктового подкомплекса;
- характеристика институциональных условий реализации данных направлений.

Методологической основой служат системный и воспроизводственный подходы, развитые в трудах академика О. Н. Дидманидзе, а также положения институциональной теории применительно к агропромышленному комплексу. Техническое обеспечение зернопродуктового подкомплекса рассматривается как совокупность взаимосвязанных технических, организационных и цифровых

элементов, обеспечивающих функционирование воспроизводственного цикла зерна.

В анализе используются методы структурно-логического и функционального анализа, а также обобщение статистических и экспертных оценок.

В условиях цифровой трансформации агропромышленного комплекса происходит качественное изменение роли сельскохозяйственной техники в зернопродуктовом подкомплексе. Техника перестаёт быть исключительно средством механизации и всё в большей степени выступает элементом цифровой системы управления производством, выполняя функции сбора, обработки и передачи данных.

Ключевым направлением развития технического обеспечения становится формирование парка интеллектуальной и подключённой техники, интегрированной в системы точного земледелия. Применение автопилотов, систем дифференцированного внесения, навигационных и сенсорных решений обеспечивает повышение точности технологических операций, снижение издержек и рост устойчивости зернового производства к климатическим рискам.

Максимальный эффект цифровизации достигается при комплексной интеграции техники, цифровых сервисов и управленческих решений в рамках единой технологической архитектуры. Фрагментарное внедрение отдельных технических или цифровых решений не формирует устойчивого экономического результата.

Развитие технического обеспечения зернопродуктового подкомплекса сопровождается трансформацией моделей его использования. Усиливается роль лизинговых и сервисных механизмов, ориентированных не на владение техникой, а на управление её функциями и результатами. Это снижает инвестиционную нагрузку на сельскохозяйственных товаропроизводителей и ускоряет распространение цифровых технологий.

Существенное значение приобретает институциональная среда развития технического обеспечения. Необходимыми условиями цифровой трансформации выступают формирование нормативной базы, стандартизация программно-аппаратных решений, обеспечение совместимости техники и цифровых платформ, а также подготовка кадров, способных работать с интеллектуальными машинами и данными.

Развитие технического обеспечения зернопродуктового подкомплекса в условиях цифровой трансформации АПК представляет собой базовое условие повышения эффективности, устойчивости и конкурентоспособности зернового производства. Цифровые технологии усиливают требования к функциональности и интеграции сельскохозяйственной техники, формируя предпосылки для перехода к новой модели технического обеспечения.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой методик количественной оценки эффектов цифровизации технического обеспечения, анализом региональной дифференциации уровня технической и цифровой оснащённости хозяйств, а также с изучением механизмов стимулирования обновления техники в зернопродуктовом подкомплексе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе, О. Н. Инновационное развитие технического обеспечения сельского хозяйства / О. Н. Дидманидзе, А. Ю. Измайлов, Ю. Ф. Лачуга // КолосС. – 2019. – 368 с.
2. Дидманидзе, О. Н. Интеллектуализация сельскохозяйственной техники как фактор устойчивого развития АПК / О. Н. Дидманидзе, Л. П. Кормановский // Аграрная наука. – 2021. – № 3. – С. 4–11.
3. Дидманидзе, О. Н. Техническое обеспечение агропромышленного комплекса: теория, методология, практика / О. Н. Дидманидзе // Росинформагротех. – 2016. – 416 с.
4. Дидманидзе, О. Н. Цифровая трансформация технического обеспечения аграрного производства / О. Н. Дидманидзе // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 6. – С. 2–9.
5. Измайлов, А. Ю. Техническая модернизация сельского хозяйства в условиях цифровизации / А. Ю. Измайлов, Ю. Ф. Лачуга // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 10. – С. 2–7.
6. Кудрявцев, А. А. Оценка цифровизации деятельности сельскохозяйственных организаций / А. А. Кудрявцев, И. В. Палаткин, И. В. Каешова // Экономика сельского хозяйства России. – 2025. – № 10. – С. 55–61.
7. Парлюк, Е. П. Жизненный цикл технической системы как экономическая категория / Е. П. Парлюк // Международный технико-экономический журнал. – 2013. – № 2. – С. 43-47.
8. Парлюк, Е. П. Управление инновационными рисками в отраслях продовольственного комплекса / Е. П. Парлюк // Международный технико-экономический журнал. – 2017. – № 1. – С. 33-38.
9. Ткач, А. В. Развитие агропромышленного комплекса России в условиях цифровой экономики / А. В. Ткач, Н. И. Морозова // Экономика сельского хозяйства России. – 2024. – № 11. – С. 124–132.
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 авторе:

Давлетшин Артур Нилович, аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), depressante@ya.ru.

About the author:

Artur N. Davletshin, Postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), depressante@ya.ru.

УДК 631.1(035)

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НИЗКОУРОЖАЙНЫХ ЧАЙНЫХ ПЛАНТАЦИЙ

Р. Н. Дидманидзе, А. Г. Левшин, А. Е. Бутузов
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы восстановления урожайности (низкоурожайных) чайных плантаций, а также предложены агрегаты для каждой операции в отдельности. Определены качественные показатели и осуществлен подбор технических средств для их обеспечения. Основной задачей является техническое обеспечение восстановительных мероприятий, обеспечивающих качественные показатели при возделывании чайного листа на низкоурожайных плантациях.*
Ключевые слова: *рекультивация, повышение урожайности, качество чайного листа, низкоурожайные чайные плантации, восстановление, техническое обоснование, раскорчёвка, внесение удобрений, обеспечение качества, средства механизации, агротехнологии.*

TECHNICAL SUPPORT FOR THE RECLAMATION OF LOW-YIELDING TEA PLANTATIONS

R. N. Didmanidze, A. G. Levshin, A. E. Butuzov
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *This article examines the issues of restoring the productivity of (low-yield) tea plantations and proposes equipment for each operation individually. Quality indicators are identified and technical means for ensuring these are selected. The main objective is to provide technical support for restoration measures that ensure quality indicators in the cultivation of tea leaves on low-yield plantations.*
Keywords: *reclamation, yield increase, tea leaf quality, low-yield tea plantations, restoration, technical justification, uprooting, fertilization, quality assurance, mechanization, agricultural technology.*

Постановка проблемы

Снижение урожайности чайных плантаций – актуальная проблема традиционного чаеводства. Значительная часть мировых и отечественных чайных угодий к 2026 году представлена старыми посадками возрастом более 50…70 лет. Снижение урожайности обусловлено физическим старением кустов, уплотнением почв и зарастанием плантаций сорной древесно-кустарниковой растительностью. Основные причины:

- старение кустов (после 40…60 лет продуктивность падает на 50…70 %);
- истощение почв (дефицит азота, фосфора, калия, микроэлементов);
- изреженность насаждений (деградация кустов из-за болезней, вредителей, механических повреждений);
- нарушение агротехники (неправильная обрезка, нерегулярный полив, недостаточное внесение удобрений);
- эрозия почв (особенно на склоновых участках);
- зарастание сорняками и конкурирующими растениями.

Без рекультивации это ведёт к:

- сокращению площадей продуктивных плантаций;
- росту себестоимости продукции;
- снижению качества чайного листа;
- экономической деградации чаеводческих хозяйств.

Традиционные методы ручной рекультивации экономически неэффективны из-за высокой трудоемкости и дефицита квалифицированных кадров, что требует внедрения новых высокопроизводительных технических решений.

Анализ состояния вопроса

Современные подходы к рекультивации включают:

1) диагностику состояния (инвентаризация кустов, агрохимический анализ почвы, оценка эрозии);

2) раскорчёвку и очистку (удаление нежизнеспособных кустов, сорняков, мусора);

3) восстановление почвенного плодородия (внесение органики, минеральных удобрений, известкование, глубокая обработка);

4) обновление насаждений (тяжёлая подрезка, посадка саженцев, перезакладка плантаций);

5) оптимизацию агротехники (формирование шпалеры, капельное орошение, мульчирование);

6) защиту растений (профилактика болезней и вредителей).

На текущий момент (январь 2026 года) в чаеводстве наметился переход от универсальной сельскохозяйственной техники к специализированным модульным платформам.

Механизация подрезки

Применяются гидравлические навесные устройства с дисковыми пилами, способные проводить «тяжелую» омолаживающую подрезку на высоте 10…15 см от поверхности почвы.

Дроны в агромониторинге: Использование мультиспектральных камер на БАС позволяет с точностью до 95 % определять зоны угнетения растений и дифференцированно вносить удобрения.

Роботизация: Экспериментальные образцы автономных роботов-культиваторов начали внедряться на террасных плантациях для борьбы с сорняками без применения гербицидов.

Методика исследования

Некоторые методы рекультивации низкоурожайных чайных плантаций:

1. Тяжёлая подрезка. Придаёт растению желаемую форму и усиливает его развитие, повышает урожайность более молодых побегов-плешей. Для старых плантаций возрастом 40…60 лет наиболее рациональная операция – тяжёлая подрезка на высоте не более 10…15 см от корневой шейки.

2. Внесение органических удобрений.

3. Орошение.

4. Раскорчёвка насаждений (на сильно амортизированных плантациях).

5. Перезакладка новыми селекционными, высокопродуктивными сортами. Например, в Шри-Ланке ежегодно не менее 3…4 % всех насаждений перезакладывают, что позволяет через 25…30 лет полностью обновлять плантации.

Методы и способы реконструкции разрабатываются в каждом районе в соответствии с конкретными условиями чайного хозяйства и состоянием насаждений на участках.

Некоторые особенности технологии рекультивации низкоурожайных чайных плантаций:

- Ликвидация причин, вызвавших изреженность. Перед ремонтом в первую очередь должны быть ликвидированы причины, вызвавшие изреженность плантаций.
- Заполнение изреженных мест (ремонт) – можно проводить посевом семян, высадкой саженцев, пересадкой взрослых кустов.
- Использование технологической карты по закладке чайных плантаций, которая включает плантажную обработку и окультуривание почвы, внесение органических удобрений, разбивку плантации на участки 5…10 га, подготовку посадочных ям.
- Учёт экологических факторов: количества осадков, силы господствующих ветров, засух – при выборе направления рекультивации.

В случаях, установленных законодательством, проект рекультивации земель до его утверждения подлежит государственной экологической экспертизе.

Восстановительные операции применяются на низкоурожайных плантациях с целью повышения урожайности чайного листа, продления продуктивного периода насаждений, восстановления плодородия почвы, оптимизации структуры посадок, снижения затрат на уход за плантацией в долгосрочной перспективе.

Этапы рекультивации:

1. Диагностика состояния плантации включает:
- инвентаризацию кустов (учёт живых, ослабленных, погибших);
- агрохимический анализ почвы (pH, содержание гумуса, макро- и микроэлементов);
- оценку степени эрозии и уплотнения грунта;
- выявление болезней и вредителей.

2. Раскорчёвка и очистка территории (удаление):
- нежизнеспособные кусты;
- крупные сорняки и древесную поросль;

- мусор и растительные остатки.

3. Восстановление почвенного плодородия:

- внесение органических удобрений (компост, перегной – 10…20 т/га);
- минеральная подкормка (азотные, фосфорные, калийные удобрения по результатам анализа почвы);
- известкование (при кислой реакции почвы);
- глубокая обработка (вспашка на 30…40 см для аэрации и разрушения плужной подошвы).

4. Обновление насаждений:

- тяжёлая подрезка оставшихся кустов (на высоте 10…15 см от корневой шейки) для стимуляции роста новых побегов;
- посадка саженцев на изреженных участках (используют районированные сорта);
- перезакладка плантации (полная замена кустов при сильном истощении).

5. Оптимизация агротехники:

- формирование шпалеры (обрезка для создания равномерного чайного куста);
- системы капельного орошения (экономия воды и точность полива);
- мульчирование (сохранение влаги, подавление сорняков);
- регулярные подкормки (жидкие удобрения в период вегетации).

6. Защита растений:

- профилактические обработки от болезней (фитофтороз, серая гниль) и вредителей (чайная моль, тля);
- использование биопрепаратов и энтомофагов для экологической защиты.

Технологические особенности

Сроки работ. Оптимальное время – осень (для раскорчёвки и подготовки почвы) и весна (для посадки и подрезки).

Схема посадки. Стандартная – 1,2…1,5 м между рядами и 0,3…0,5 м между кустами.

Сортовой состав. Предпочтение отдают устойчивым к болезням и адаптированным к местному климату сортам.

Основные технологические операции и требуемая техника. Раскорчёвка и очистка территории:

- раскорчёвочные машины (например, КМ-1, РРМ-1);
- мульчеры для измельчения древесных остатков;
- погрузчики и самосвалы для вывоза мусора.

Почвоподготовка:

- плуги общего назначения (ПН-4-35) или плантажные (ППН-40) для глубокой вспашки;
- культиваторы (КПС-4) для рыхления и выравнивания;
- бороны (БЗСС-1,0) для дробления комьев;
- разбрасыватели удобрений (РУМ-5, МТТ-4У).

Посадка чайных кустов:

- посадочные машины (например, СКН-6А с адаптацией для чайных саженцев);
- маркеры для разметки рядов;
- ручные посадочные приспособления для точечной высадки.

Орошение:

- системы капельного орошения (трубопроводы, капельные линии, фильтры, насосы);
- дождевальные установки (для стартового увлажнения).

Уход за насаждениями:

- машины для обрезки (например, КОП-1,5);
- межрядные культиваторы (КРН-4,2);
- опрыскиватели (ОП-2000) для защиты растений.

Современные технические решения

Автоматизированные системы капельного орошения с датчиками влажности и программируемыми контроллерами. Позволяют экономить воду (до 40 %) и точно дозировать полив.

Мини-тракторы с навесным оборудованием (например, МТЗ-320 с комплектом для чайных плантаций). Обеспечивают манёвренность на узких междурядьях.

Дроны для мониторинга – контроль состояния насаждений, выявление очагов болезней.

Роботизированные системы обрезки – повышение точности и снижение трудозатрат.

Определение потребности в технике

Для плантации площадью 100 га требуется:

- 1 раскорчёвочная машина (производительность 1…2 га/день);
- 1 плуг + 1 культиватор (обработка 5…7 га/день);
- 1 посадочная машина (высадка 1…1,5 га/день);
- 1 комплект капельного орошения (монтаж 2…3 га/день);
- 1 машина для обрезки (обслуживание 3…4 га/день).

Экономическая эффективность

Затраты на рекультивацию 1 га плантации составляют 250…400 тыс. руб. (в зависимости от объёма работ). Окупаемость: первый урожай – через 2…3 года после начала работ; выход на полную продуктивность – через 5…7 лет; прирост урожайности – до 120…150% относительно исходного уровня.

Механизация рекультивации позволяет:

- сократить сроки работ на 30…50 %;
- снизить трудозатраты на 30…40 %;
- повысить точность выполнения операций (равномерность посадки, дозировка удобрений);
- уменьшить потери саженцев на 15…20 %.

Заключение

Рекультивация низкоурожайных чайных плантаций – ресурсоёмкий, но необходимый процесс для поддержания отрасли чаеводства. Комплексный подход (почвоведение, агротехника, защита растений) позволяет не только

восстановить продуктивность, но и повысить качество чайного листа. Успех зависит от:

- точной диагностики проблем;
- грамотного планирования работ;
- использования современных технологий;
- долгосрочной поддержки со стороны государства и инвесторов.

При соблюдении этих условий рекультивированные плантации могут оставаться продуктивными ещё 30…50 лет, обеспечивая устойчивое производство чая.

Техническое обеспечение рекультивации чайных плантаций – ключевой фактор её эффективности. Основные выводы:

- Комплексный подход к подбору техники (от раскорчёвки до ухода) позволяет сократить сроки работ на 30…50 % и снизить трудозатраты на 30…40 %.
- Специализированное оборудование (посадочные машины, системы капельного орошения) обеспечивает высокое качество выполнения операций и повышает приживаемость саженцев.
- Автоматизация процессов (датчики влажности, программируемые контроллеры) способствует экономии ресурсов и точности агротехнологий.
- Малые формы механизации (мини-тракторы, ручные обрезчики) особенно важны для небольших хозяйств.
- Экономическая целесообразность механизации подтверждается сокращением себестоимости рекультивации и ростом урожайности в перспективе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Джинчарадзе, Н. И. Регенерация кустов на неухоженных чайных плантациях в период реабилитации / Н. И. Джинчарадзе // Научный журнал «Новация». Кутаиси. – 2017. – № 20.

2. Дидманидзе, О. Н. Повышение эффективности процессов производства и реализации чая / О. Н. Дидманидзе, Р. Н. Дидманидзе. – М. : ООО «Триада», 2003. – 120 с. – ISBN 5-9546-0016-3.

3. Дидманидзе, Р. Н. Контроль качества производства чайного листа / Р. Н. Дидманидзе, Н. В. Алдошин // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2021. – № 25 (188). – С. 65-71.

4. Дидманидзе, Р. Н. Обоснование методов оптимального моделирования производственных процессов / Р. Н. Дидманидзе // Международный технико-экономический журнал. – 2018. – № 2. – С. 66-71.

5. Дидманидзе, Р. Н. Перспективный способ восстановления чайных плантаций / Р. Н. Дидманидзе, А. Е. Бутузов, Н. А. Майстренко // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24. № 6. – С. 54-58.

6. Дидманидзе, Р. Н. Перспективы применения малогабаритной техники при восстановлении чайных плантаций / Р. Н. Дидманидзе, А. Е. Бутузов // Чтения академика В. Н. Болтинского : Сборник статей, Москва, 25-26 января

2022 года. Часть 1. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2022. – С. 252-257.

7. Дидманидзе, Р. Н. Повышение эффективности производственных процессов с обеспечением конкурентоспособности продукции / Р. Н. Дидманидзе, А. С. Гузалов // В сборнике: ДОКЛАДЫ ТСХА. Материалы международной научной конференции. – 2018. – С. 91-93.

8. Дидманидзе, Р. Н. Порядок проведения контроля качества механизированных работ / Р. Н. Дидманидзе // Международный научный журнал. – 2014. – № 2. – С. 70-73.

9. Копалиани, Р. Ш. Влияние видов подрезки на урожайность, характер роста и развития кустов на неухоженных чайных плантациях / Р. Ш. Копалиани, Н. И. Джинчарадзе // Научный журнал «Новация». Кутаиси. – 2016. – № 18.

10. Копалиани, Р. Ш. Влияние способов ухода междурядий чайных плантаций на водный режим почвы. / Р. Ш. Копалиани. Сборник научных трудов. – Тбилиси, 1990.

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

Об авторах:

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.

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, alevshin@rgau-msha.ru.

Бутузов Антон Евгеньевич, преподаватель Технологического колледжа, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), abutuzov@rgau-msha.ru.

About the authors:

Remzi N. Didmanidze, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Economics, rdidmanidze@rgau-msha.ru.

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

Anton E. Butuzov, Lecturer at the Technological College, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), abutuzov@rgau-msha.ru.

УДК 631.445.12

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВЫНУЖДЕННОГО ЗАЖИГАНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ НА ЗЕМЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

О. Н. Дидманидзе[1], А. В. Евграфов[1], Е. П. Парлюк[2], А. С. Гузалов[1]
[1]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация
[2]ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *В тексте представлены результаты исследований, посвящённых определению температур нагретых частей автомобиля и расстояния, на котором эти части могут стать причиной возгорания торфяной почвы. Описаны температуры различных компонентов системы отработавших газов автомобиля и температура, при которой происходит самовозгорание торфяной почвы. Также указано минимальное расстояние от нагретых автомобильных деталей до поверхности торфа, при котором может произойти возгорание.*
Ключевые слова: *сельское хозяйство, торфяные пожары, вынужденное зажигание, автомобиль топливозаправщик, система отработавших газов.*

ANALYSIS OF THE REASONS FOR FORCED IGNITION OF PEAT SOILS IN AGRICULTURAL LAND

O. N. Didmanidze[a], A. V. Evgrafov[a], E. P. Parlyuk[b], A. S. Guzalov[a]
[a]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation
[b]Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The text presents the results of studies on determining the temperatures of heated parts of a vehicle and the distance at which these parts can cause peat soil to ignite. The temperatures of various components of a vehicle's exhaust system and the temperature at which peat soil can spontaneously ignite are described. The minimum distance from heated vehicle parts to the peat surface at which ignition can occur is also specified.*
Keywords: *agriculture, peat fires, forced ignition, fuel tanker vehicle, exhaust system.*

Возникновение торфяных пожаров из-за работы техники на полях – это распространенная и крайне опасная причина, которую часто недооценивают. Источниками и причинами возникновения торфяных пожаров на землях

сельскохозяйственного назначения могут являться работающие комбайны, тракторы, выполняющие агротехнологические операции и автомобили для обслуживания и заправки самоходной техники [1].

В малых и средних хозяйствах чаще всего применяются автомобили топливозаправщики (АТЗ) на базе УАЗ-330365, имеющие объем цистерны 3 м³. Данный объём разово может обслужить 3 трактора МТЗ-80/82, 2 трактора Т-150(К) и 1 зерноуборочный комбайн NOVA 340, что в среднем по времени в интервале от 20 до 30 минут.

Обобщенно и принципиально заправка осуществляется следующим образом:

- автомобиль УАЗ-330365 подъезжает на край поля, либо при наличии на специальную подготовленную площадку.
- сельхозмашины заезжают по одной. Движение организуется так, чтобы исключить столкновения и помехи.
- водитель АТЗ подсоединяет раздаточный рукав к баку машины, проверяет надежность соединения.
- после заправки рукав отсоединяется, остатки топлива стравливаются в специальную тару. Механизатор и водитель АТЗ расписываются в путевом листе или накладной о полученном объеме [2].

Несмотря на то, что двигатель заправляемой машины и двигатель топливозаправщика должны быть заглушены, температура остывания нагретых элементов производится достаточно медленно. В некоторых случаях этим правилом пренебрегают, что может привести к возникновению пожароопасной ситуации. Задача лиц, занимающихся организацией работы подвижных средств заправки, состоит в том, чтобы все эти операции выполнялись в оптимальные сроки, без излишних простоев и при минимально возможных материальных затратах [3].

Система отработавших газов автомобиля конструктивно располагается под его днищем и нагревается до высоких температур в диапазоне от 300 до 1200 °С. Такими элементами являются (Рисунок 1):

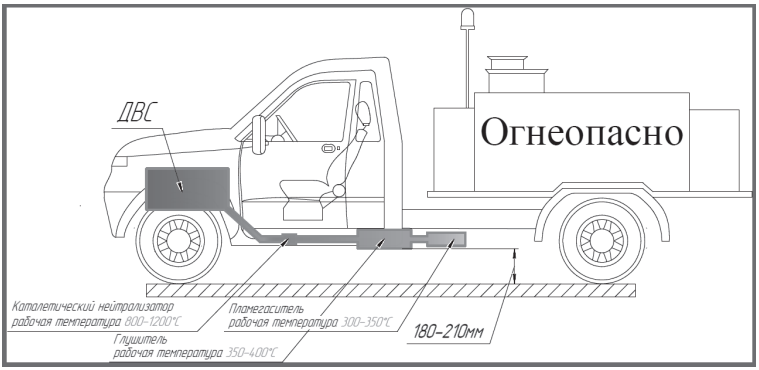


Рисунок 1 – Источники нагрева торфяной почвы на примере автомобиля УАЗ-330365

- Каталитический нейтрализатор;
- Пламегаситель (оборудуются топливозаправщики);
- Резонатор;
- Глушитель.

Как видно из Рисунка 1 рабочая температура глушителя составляет 350…400°С. Согласно проведенным исследованиям [4, 5, 6] температура самовозгорания торфяной почвы за короткий период (в пределах 30 минут) находится в диапазоне 185…210 °С.

Расстояние от нагретых тел, таких как выхлопная система в минимальном диапазоне для легковых автомобилей составляет от 120 до 210 мм. Однако следует учесть, что при полной загрузке транспортного средства, находящегося на «мягкой» неровной поверхности, с учетом коэффициента смятия шин, минимальный диапазон составляет от 100 до 200 мм. Также на данную величину влияет техническое состояние выхлопной системы и количество (толщина) налипшей грязи (Рисунок 2).

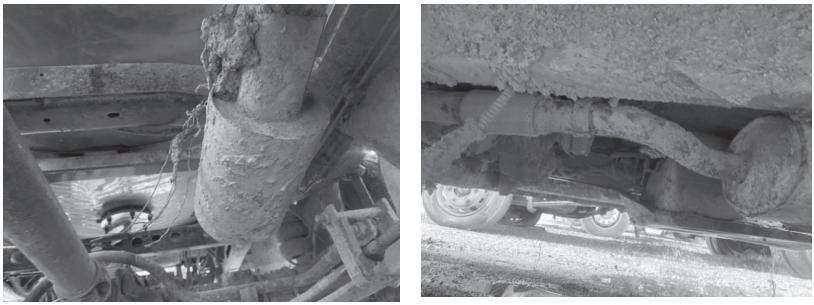


Рисунок 2 – Налипание грязи на поверхность выхлопной системы

В полевых условиях помимо ежесменного ТО (ЕТО), включающего такие операции как контроль уровня жидкостей, очистка радиаторов, проверка крепежей, смазка, осмотр на наличие течей, ТО-1 (первое), включающее более детальный осмотр и регулировку основных систем (тормозов, рулевого управления, навесного устройства) выполняется и текущий ремонт таких неисправностей как замена ремней, шлангов, подшипников, сварка трещин в рамах, регулировка рабочих органов, что занимает по времени от 30 минут до 4 часов.

Выводы

1. Определены температуры нагретых тел, а именно система отработавших газов автомобиля, которая конструктивно располагается под его днищем и нагревается до высоких температур в диапазоне от 300 до 1200 °С: температура глушителя составляет 350…400°С, каталитического нейтрализатора 800…1200°С; пламегасителя 300…350°С; резонатора 700…1000°С. Согласно проведенным в 2024 году исследованиям температура самовозгорания торфяной почвы за короткий период (в пределах 30 минут) находится в диапазоне 185…210 °С.

2. Определены расстояния от нагретых тел до поверхности торфа и время, через которое инициируется процесс вынужденного зажигания от нагретых тел для легковых автомобилей, используемых в сельском хозяйстве. В зависимости от загрузки транспортного средства, типа и плотности поверхности, коэффициента смятия шин, а также технического состояния это расстояние составляет от 100 до 200 мм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Математическое моделирование самовозгорания торфяной почвы / О. Н. Дидманидзе, А. В. Евграфов, А. С. Гузалов [и др.] // Природообустройство. – 2025. – № 1. – С. 48-55. – DOI 10.26897/1997-6011-2025-1-48-55.

2. Пуляев, Н. Н. Способы заправки самоходных комбайнов в полевых условиях / Н. Н. Пуляев // Объединенный научный журнал. – 2005. – № 25(153). – С. 56-58.

3. 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.

4. Experimental Studies on Peat Soils' Fire Hazard Based on Their Physical and Chemical Properties: The Vasilievsky Mokh Deposit Beneath the Tver Region Agricultural Lands / O. N. Didmanidze, A. V. Evgrafov, A. S. Guzalov [et al.] // Fire. – 2025. – Vol. 8, No. 2. – P. 68. – DOI 10.3390/fire8020068.

5. 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.

6. 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.

Об авторах:

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.

Евграфов Алексей Владимирович, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, labpoliv@list.ru.

Парлюк Екатерина Петровна, профессор, ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (105005, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Басманный, ул. 2-я Бауманская, д. 5, с. 1), доктор технических наук, профессор.

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:

Otary N. Didmanidze, Head of the 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.

Alexey V. Evgrafov, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, labpoliv@list.ru.

Ekaterina P. Parlyuk, Professor, Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya Street, 5, Building 1), Doctor of Technical Sciences, Professor.

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.

УДК 630:43

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ЗЕМЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

О. Н. Дидманидзе, Д. А. Москвичев, А. В. Куриленко
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Статья посвящена анализу пожарной опасности лесных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения. Рассматриваются факторы, влияющие на пожарную опасность, такие как тип растительности, состояние насаждений, климатические условия, антропогенное воздействие и особенности ландшафта. Приведены методы оценки и мониторинга пожарной опасности, включая таксационные описания, ГИС-технологии и спутниковые данные. Наиболее эффективным подходом считается комплексный анализ, включающий интеграцию различных данных и использование компьютерного зрения.*
Ключевые слова: *сельское хозяйство, лесные насаждения, пожарная опасность, методы оценки.*

ANALYSIS OF FIRE HAZARD METHODS IN AGRICULTURAL LAND

O. N. Didmanidze, D. A. Moskvichev, A. V. Kurilenko
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article is devoted to the analysis of fire hazard in forest plantations on agricultural lands. The factors affecting fire hazard, such as vegetation type, plantation condition, climatic conditions, anthropogenic impact, and landscape features, are considered. Methods for assessing and monitoring fire hazard, including taxation descriptions, GIS technologies, and satellite data, are presented. A comprehensive analysis, including the integration of various data and the use of computer vision, is considered the most effective approach.*
Keywords: *agriculture, forest plantations, fire hazard, assessment methods.*

К лесным насаждениям на землях сельскохозяйственного назначения относятся древесно-кустарниковая растительность, на которых расположены леса площадью более 0,5 га с деревьями высотой более 5 метров и лесным растительным покровом, составляющим более 75% площади участка, с показателями сомкнутости крон древесного и кустарникового яруса 0,8…1 при одновременном наличии указанных признаков. Анализ пожарной опасности

лесных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения включает оценку ряда факторов, таких как тип растительности, состояние насаждений, климатические условия, антропогенное воздействие и особенностей ландшафта [1].

Хвойные молодняки, которые часто появляются на заброшенных сельскохозяйственных землях, считаются особенно пожароопасными. Это связано с их физиологическими особенностями и быстрым высыханием хвои. Сосняки лишайниковые, вересковые и вейниковые также относятся к категориям с высокой пожарной опасностью.

Расстроенные, отмирающие и сильно повреждённые древостои (сухостой, участки бурелома и ветровала, недорубы), захламлённые гари и места сплошных рубок с оставлением отдельных деревьев повышают риск возникновения и распространения пожаров.

Запас горючих материалов (трава, мох, опад) играет ключевую роль. В весенний период, когда сохраняется рыхлый слой сухой травы, возможно распространение горения. Если запас напочвенных горючих материалов превышает критический уровень (например, 200 г/м²), риск пожара возрастает. В то же время насаждения с преобладанием трав в напочвенном покрове могут быть пожароопасными весной до появления растительности и осенью после её отмирания. Жаркая и сухая погода, сильный ветер способствуют быстрому распространению огня. Длительная засуха увеличивает вероятность возгорания.

Неосторожное обращение с огнём, сельскохозяйственные палы (выжигание стерни, пожнивных остатков), поджоги являются распространёнными причинами пожаров на таких территориях [2].

На склонах, особенно крутых, риск перехода низового пожара в верховой выше. Также опасность возрастает, если лесные насаждения примыкают к дорогам, населённым пунктам или другим территориям с повышенной человеческой активностью.

В России используется пятибалльная шкала классификации природной пожарной опасности лесов. Для земель сельскохозяйственного назначения, на которых сформировались лесные насаждения, применимы те же принципы оценки, как представлено в Таблице 1 [3].

Пожарная опасность может повышаться для небольших участков на суходолах, окружённых лесными насаждениями с более высокой пожарной опасностью, а также для участков, примыкающих к дорогам [4, 5, 6].

На сегодняшний день наиболее распространёнными методами оценки и мониторинга являются таксационные описания и ГИС-технологии [7

]. В первом методе используются данные лесоустроительных материалов, которые включают описание типа леса, состава древостоя, подлеска, напочвенного покрова.

Спутниковые данные позволяют оценивать состояние растительности по поверхности для оценки пожарной опасности. Однако данный способ очень затратный, и его точность зависит от погодных условий, где даже небольшая облачность не позволяет оперативно принимать меры пожарной безопасности.

Таблица 1 – Классификация пожарной опасности

Класс	Характеристика
I (очень высокая)	Хвойные молодняки, захламлённые вырубки, расстроенные древостои. Возможны низовые и верховые пожары в течение всего пожароопасного сезона.
II (высокая)	Сосняки-брусничники с густым подростом или подлеском из можжевельника, лиственничники кедровые. Низовые пожары возможны в течение всего сезона, верховые – в периоды пожарных максимумов.
III (средняя)	Сосняки-кисличники и черничники, лиственничники-брусничники, кедровники (кроме приручейных и сфагновых). Пожары возможны в период летнего максимума, а в кедровниках – также весной и осенью.
IV и V (низкая/отсутствует)	Ельники, березняки, осинники долгомошники, ольшаники. Возникновение пожара возможно только при особо неблагоприятных условиях.

Наиболее точным и эффективным методом оценки пожарной опасности является комплексный подход, включающий анализ влажности, температуры почвенного слоя с интеграцией различных данных (картографические, метеорологические) и компьютерного зрения (фото/видео фиксация). Данный метод при использовании одной метеостанции и комплекса датчиков способен осуществлять мониторинг пожарного состояния лесных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Математическое моделирование самовозгорания торфяной почвы / О. Н. Дидманидзе, А. В. Евграфов, А. С. Гузалов [и др.] // Природообустройство. – 2025. – № 1. – С. 48-55. – DOI 10.26897/1997-6011-2025-1-48-55.

2. Павленко, В. Н. Инновационная система оценки вероятности возникновения лесоторфяных пожаров / В. Н. Павленко, А. В. Евграфов // Природообустройство. – 2015. – № 5. – С. 104-107.

3. Евграфов, А. В. Причины возникновения лесных торфяных пожаров и разработка нового способа их предупреждения / А. В. Евграфов // Нива Поволжья. – 2009. – № 2(11). – С. 87-90.

4. 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.

5. 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.

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. Евграфов, А. В. Приборное обеспечение инновационного метода мониторинга лесоторфяных пожаров / А. В. Евграфов // Инновации и технологии в лесном хозяйстве: Материалы II Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 06-07 февраля 2012 года. Часть 1. – Санкт-Петербург: Федеральное бюджетное учреждение «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства», 2012. – С. 216-223.

Об авторах:

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@rgaumsha.ru.

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.

Куриленко Алексей Викторович, ассистент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), a.kurilenko@rgau-msha.ru.

About the authors:

Otary N. Didmanidze, Head of the 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.

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.

Alexey V. Kurylenko, Assistant, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), a.kurilenko@rgau-msha.ru.

УДК 631.41

МОДЕЛЬ РАСЧЕТА УТИЛИЗАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ ПО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ ПОЧВЫ

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

Аннотация. *Внесение сточных вод из животноводческих комплексов на сельскохозяйственные земли осуществляется преимущественно для их утилизации с последующим снижением негативного воздействия на экосистему. Ключевым вызовом остаётся необходимость использования крупных площадей при массовом содержании скота, а также высокие расходы на подготовку и размещение сточных вод, которые напрямую связаны с масштабами обрабатываемых земель, предназначенных для реализации процесса утилизации ППЖ.*
Ключевые слова: *аммоний, азотные соединения, шланговые системы, поглотительная ёмкость почвы.*

MODEL FOR CALCULATING THE UTILIZATION CAPACITY OF AGRICULTURAL FIELDS BASED ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL

A. V. Evgrafov, D. A. Filimonov
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The application of wastewater from livestock complexes to agricultural land is carried out mainly for its disposal, followed by a reduction in the negative impact on the ecosystem. The key challenge remains the need to use large areas for mass livestock farming, as well as the high costs of wastewater treatment and disposal, which are directly related to the scale of the cultivated land used for the disposal process.*
Keywords: *ammonium, nitrogen compounds, hose systems, soil absorption capacity.*

Соединения аммония представляют собой основной биогенный элемент в сточных водах животноводческих комплексов, что обусловливает необходимость проведения расчетов по NH_4 при их утилизации [1, 2]. Вынос азотных соединений из почв является одним из ключевых факторов их расхода и осуществляется возделываемыми культурами на сельскохозяйственных полях, используемых для утилизации сточных вод (Таблица 1). Урожайность

растениеводческой продукции определяется агрономической службой хозяйства и зависит от природно-климатических условий и почвенных характеристик [3].

Таблица 1 – Вынос азота с сельскохозяйственных полей утилизации животноводческих стоков с продукцией растениеводства

№	Культура	Урожай, т/га	Вынос азота с 1 т продукции, кг	Вынос азота с урожаем с 1 га кг
1	Кукуруза на зеленую массу	25…28	4	100…112
2	Сахарная свекла	24…26	5,9	142…153
3	Многолетние злаковые травы на сено	4,0…5,2	18	72…94
4	Ячмень	2,2…2,4	27	53…58
5	Однолетние травы на сено	3,4…4,1	15	51…61
6	Овес	2,2…2,5	30	64…72
7	Озимая пшеница	2,9…3,2	35	73…80

Влияние почвенно-поглощающего комплекса на дозы внесения азота

Важным фактором, определяющим оптимальные дозы внесения азота, является поглотительная способность почвы, или так называемый почвенно-поглощающий комплекс (ППК). ППК способен сорбировать ионы аммония (NH_4^+), а затем постепенно высвобождать их обратно в почвенный раствор по мере потребления азота сельскохозяйственными культурами.

Расчет количества почвы, взаимодействующей с аммонийным азотом

Количество почвы, активно взаимодействующей с аммонийным азотом, поступающим со стоками животноводства, можно рассчитать по следующей формуле:

$$\text{Мрп} = \rho \cdot n \cdot S, \text{кг}, \quad (1)$$

где ρ – объемная плотность почвы кг/м^3;

n – мощность пахотного горизонта м;

S – площадь м^2.

Определение поглощающей емкости почвенного слоя

Поглощающую емкость почвенного слоя по отношению к ионам NH_4^+ можно определить с помощью уравнения:

$$\text{Кп} = \text{Мрп} \cdot \text{Сппк}, \text{кг}, \quad (2)$$

где Сппк – сорбционная емкость ППК почвы к иону NH_4, мг/кг.

Технологии внесения животноводческих стоков

Наиболее распространенной технологией внесения животноводческих стоков являются шланговые системы (Рисунок 1). Их можно разделить на три основных способа:

1. Запашка в почвенный слой (пахотный горизонт): внесение стоков непосредственно в верхний, обрабатываемый слой почвы.
2. Поверхностное внесение: распределение стоков по поверхности почвы.
3. Запашка в подпочвенный слой (подпахотный горизонт): внесение стоков на глубину ниже пахотного слоя.

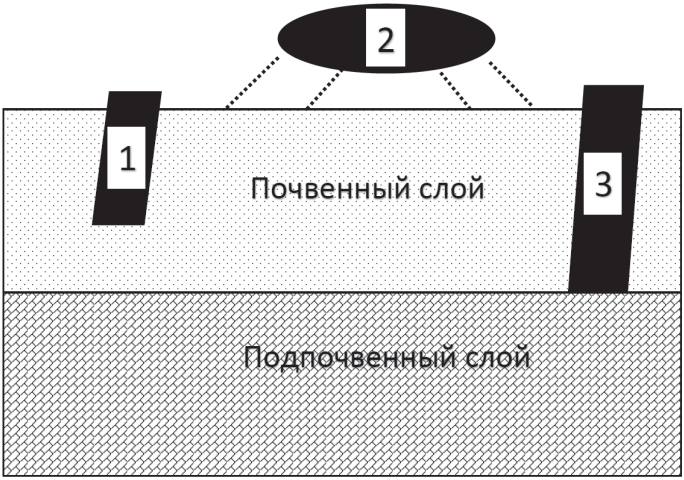


Рисунок 1 – Способы шлангового внесения стоков животноводческих комплексов:
1 – способ запашки в почвенный слой; 2 – способ поверхностного внесения; 3 – запашка в подпочвенный слой

Существует два основных периода для внесения удобрений – весенний, предшествующий посеву, и осенний, следующий за сбором урожая. Однако, этот подход имеет свои недостатки. Весной, когда растения только начинают развиваться, однократное внесение большой дозы азота может привести к его вымыванию в грунтовые воды, загрязняя окружающую среду. Растения не успевают полностью усвоить весь объем азота, что может вызвать его дефицит в период вегетации и потребовать дополнительной подкормки. Осенью, внесение удобрений также не предотвращает вымывание азота, поскольку вегетационный период уже завершен. При внесении вглубь почвы, лишь частично ионы аммония поглощаются почвенным комплексом, а в верхние слои они попадают за счет капиллярного поднятия влаги. Эффективность этого процесса зависит от текущей влажности почвы, что также может приводить к попаданию части удобрений в грунтовые воды.

Поверхностное внесение удобрений чревато распространением неприятного запаха из-за испарения азотных соединений. Хотя этот метод также приемлем весной и осенью для однолетних культур, при выращивании многолетних трав его можно использовать чаще – до четырех раз за вегетационный период (после каждого укоса). При использовании поверхностного внесения на многолетних культурах, обеспечивается более равномерное распределение удобрений в течение всего периода роста, совпадающее с фазами развития растений. Это позволяет максимально усваивать азот из удобрений, снижая загрязнение грунтовых вод и окружающей среды, что является важной целью экологически безопасной утилизации отходов [4-6].

Внесение удобрений непосредственно в подпочвенный слой также имеет недостатки: возможность внесения ограничена весной и осенью, а большая часть удобрений фильтруется в грунтовые воды, минуя почвенный комплекс.

Сельскохозяйственные культуры, выращиваемые на полях, являются главным средством удаления азота из почвы, обеспечивая экологически безопасную утилизацию сточных вод. В период вегетации растения поглощают азотные соединения. В остальное время аммоний переходит в почвенный раствор и, не потребляясь растениями, попадает в грунтовые воды. Пористость почвы также влияет на ее способность к утилизации отходов. При поверхностном внесении, отходы, попадая на поверхность, проникают в почву, замещая почвенный раствор и заполняя поры, обеспечивая насыщение почвенного комплекса аммонием.

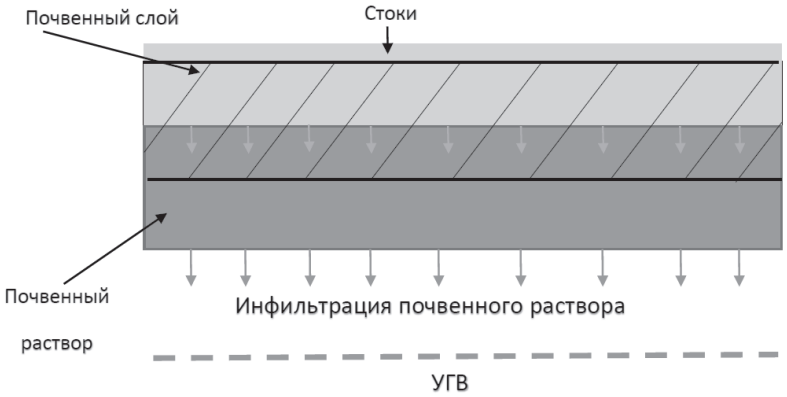


Рисунок 2 – Вытеснение сточными водами, при поверхностном внесении, почвенного раствора из порового пространства слоя почвы

Объем стоков, который может разово вместить почвенный слой сельскохозяйственного поля, определяется по зависимости:

$$\text{Вп} = \frac{V\text{п} \cdot \text{Пп}}{100}, \text{ м}^3, \quad (3)$$

где Vп – объем расчетного почвенного слоя, м^3;

Пп – пористость расчетного почвенного слоя, %.

Вынос азота с урожаем считается по чистому веществу, в 1 кг NH_4 содержится 77,65 % N или 0,7765 кг, что следует учитывать при расчетах.

Утилизационную способность почвы определим по зависимости:

$$K\text{ам} = \frac{\text{Кп} \cdot 1000}{\text{Вп}}, \text{ мг/л}, \quad (4)$$

где Kам – концентрация NH_4 в стоках животноводческих комплексов мг/л.

На основании определенных физико-химических характеристик почвы, это уравнение дает возможность рассчитать максимально разрешенный объем NH_4 в животноводческих стоках, приготовленных к переработке, для обеспечения экологической безопасного внесения [7, 8].

Выводы

1. При экологически безопасной переработке навозных стоков ключевую роль в определении норм внесения азота играет поглотительная ёмкость почвы – её поглощающий комплекс (ППК), способный задерживать соединения аммония.

2. При экологически безопасной переработке навозных стоков ключевую роль в определении норм внесения азота играет поглотительная ёмкость почвы – её поглощающий комплекс (ППК), способный задерживать соединения аммония.

3. Эффективное удаление азота, необходимое для экологически чистой утилизации сточных вод из животноводческих хозяйств, обеспечивается сельхозкультурами, выращиваемыми на участках утилизации.

4. Уровень утилизационной емкости почвы напрямую зависит от её пористости, которая определяет объём сточных вод, аккумулируемых в порах почвенного профиля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Marriaga-Cabrales, N. Fundamentals of electrocoagulation / N. Marriaga-Cabrales, F. Machuca-Martínez // Evaluation of electrochemical reactors as a new way to environmental protection. – 2014. – No. 661. – Pp. 1-16.

2. Optimization of color and COD removal from livestock wastewater by electrocoagulation process: application of Box-Behnken design (BBD) / B. Y. Tak, B. S. Tak, Y. J. Kim [et al.] // Journal of industrial and engineering chemistry. – 2015. – No. 28. – Pp. 307-315.

3. Парлюк, Е. П. Управление инновационными рисками в отраслях продовольственного комплекса / Е. П. Парлюк // Международный технико-экономический журнал. – 2017. – № 1. – С. 33-38.

4. Методика обеспечения экологически безопасной утилизации животноводческих стоков на земледельческих 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.

5. 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.

6. Филимонов, Д. А. Методы внесения стоков животноводческих комплексовна 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.

7. Патент № 2846627 C1 Российская Федерация, МПК C02F 1/461, C25B 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».

8. Динамическая электролизная установка для снижения токсичности животноводческих стоков / О. Н. Дидманидзе, А. В. Евграфов, А. С. Гузалов, Д. А. Филимонов // Техника и оборудование для села. – 2025. – № 6(336). – С. 36-38. – DOI 10.33267/2072-9642-2025-6-36-38.

Об авторах:

Евграфов Алексей Владимирович, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, a.v.evgrafov@rgau-msha.ru.

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, filimonov.dmitrii@rgau-msha.ru.

About the authors:

Alexey V. Evgrafov, Associate Professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, a.v.evgrafov@rgau-msha.ru.

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, filimonov.dmitrii@rgau-msha.ru.

УДК 656

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ОТ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

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

Аннотация. *В работе исследуется перспективное направление в области интеллектуальных транспортных систем, связанное с формированием и использованием информационных потоков, генерируемых системами подвески современных транспортных средств. Рассматривается эволюция подвесок от пассивных демпфирующих систем к активным и адаптивным комплексам, оснащенным системами сбора данных. Основное внимание уделяется возможности применения данных, получаемых в реальном времени о динамических нагрузках и вертикальных ускорениях в пятне контакта колеса с дорогой, как для оперативной адаптации работы подвески и траектории движения автомобиля, так и для сбора объективной информации о состоянии дорожного полотна. Показано, что собранные данные от парка оснащенных транспортных средств могут служить основой для создания систем мониторинга дорожной инфраструктуры, что позволяет оптимизировать планирование ремонтных работ и повысить общий уровень безопасности дорожного движения.*
Ключевые слова: *интеллектуальная система подвески, мониторинг дорожного покрытия, датчики вертикальных ускорений, информационные потоки в реальном времени, активная безопасность, геолокация дорожных дефектов.*

MONITORING OF ROAD SURFACE CONDITION BASED ON DATA FROM MOVING OBJECTS

R. N. Egorov, N. N. Larionov
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The paper explores a promising area in the field of intelligent transport systems related to the formation and use of information flows generated by suspension systems of modern vehicles. The evolution of suspensions from passive damping systems to active and adaptive complexes equipped with data acquisition systems is considered. The main focus is on the possibility of using real-time data on dynamic loads and vertical accelerations at the contact point of the wheel with the road, both for operational adaptation of the suspension and the trajectory of the car, and for collecting objective information about the condition of the roadway. It is shown that the collected data from the fleet of equipped vehicles can serve as the basis for the*

creation of monitoring systems for road infrastructure, which makes it possible to optimize the planning of repair work and improve the overall level of road safety.
Keywords: *intelligent suspension system, pavement monitoring, vertical acceleration sensors, real-time information flows, active safety, geolocation of road defects.*

Современный этап развития автомобилестроения характеризуется интенсивной интеллектуализацией всех систем транспортного средства, направленной на повышение активной безопасности, энергоэффективности и комфорта [1, 2]. Одной из ключевых систем, претерпевающей значительную трансформацию, является подвеска. Её традиционная функция – изоляция кузова и пассажиров от неровностей дорожного покрытия – дополняется задачами сбора и обработки данных о дорожных условиях [3, 4]. Интеграция в конструкции подвески сложных датчиков (акселерометров, датчиков перемещения, лидаров) и высокоскоростных шин передачи данных превращает её в источник ценной информации о состоянии дорожного полотна в режиме реального времени.

Исторически развитие систем подвески шло по пути повышения их пассивных демпфирующих характеристик. Однако с появлением электронных блоков управления и быстродействующих исполнительных механизмов стали возможными активные (active) и адаптивные (adaptive) системы. Они способны изменять свои параметры (жесткость, степень демпфирования) в зависимости от дорожной обстановки и манёвров автомобиля [5]. Фундаментальным отличием современных систем является не только реакция, но и проактивный сбор данных. Датчики, установленные на неподрессоренных и подрессоренных массах, непрерывно регистрируют вертикальные, продольные и поперечные ускорения, угловые скорости, перемещения элементов подвески относительно кузова.

Получаемый сигнал содержит информацию о воздействующем возмущении, то есть о профиле дорожного покрытия. Динамический коэффициент, связывающий параметры неровности и отклик системы, может быть описан зависимостью вида:

$$K_д = 1 + (2\pi^2 v^2 y)/(gl) + Q_к/(Q_{тс} + Q_к), \quad (1)$$

где v – скорость движения;

y – высота неровности;

l – длина неровности;

g – ускорение свободного падения;

$Q_{тс}$, $Q_к$ – подрессоренная и неподрессоренная массы.

Графическая интерпретация данной зависимости (Рисунок 1) наглядно демонстрирует нелинейный рост динамической нагрузки на подвеску с увеличением скорости и высоты неровности, подтверждая необходимость адаптивного управления.

Таким образом, анализируя отклик системы с известными массо-инерционными параметрами и скоростью, можно с определённой точностью реконструировать характеристики пройденной неровности.

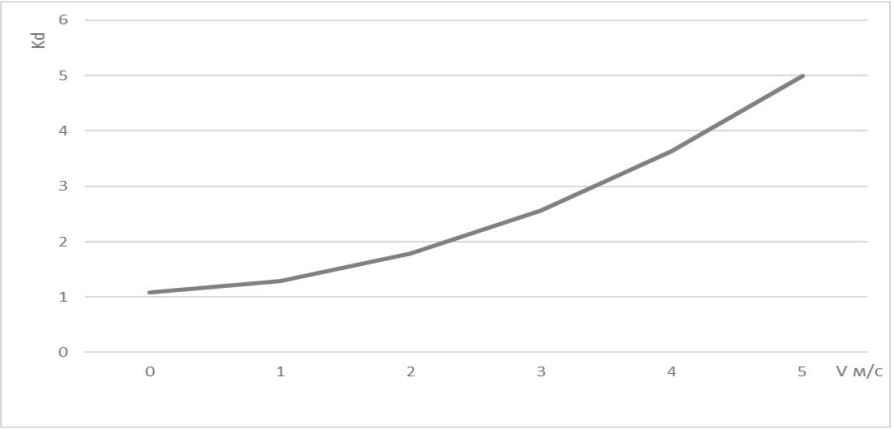


Рисунок 1 – Зависимость динамического коэффициента $K_д$ от скорости движения v при фиксированной длине неровности l

Для идентификации неровностей применяются как контактные (например, магнитострикционные датчики хода штока амортизатора), так и бесконтактные методы (ультразвуковые, лидарные). Лидары, в частности, позволяют осуществлять предиктивный анализ дорожного профиля на некотором расстоянии перед автомобилем, что даёт системе подвески время для подготовки к воздействию [6].

Ключевым аспектом является привязка зафиксированных данных о неровности к географическим координатам с использованием спутниковых систем навигации (ГЛОНАСС/GPS). Это позволяет создать привязку дефекта (ямы, волны, наплыва) к конкретной точке на цифровой карте. Центральный блок управления транспортного средства (ЭБУ) осуществляет первичную обработку сигналов, фильтрацию шумов и формирование структурированного пакета данных, содержащего координаты, усреднённую характеристику неровности (например, условную «жёсткость» удара или глубину), временную метку и идентификатор транспортного средства.

На Рисунке 2 представлена принципиальная схема цикла «сбор-обработка-передача» данных от датчиков подвески, иллюстрирующая информационные потоки внутри транспортного средства и передачу агрегированных данных во внешнюю систему мониторинга.

Собранная информация используется на двух уровнях:

1. Локальный уровень (борт транспортного средства): Данные в реальном времени поступают в алгоритмы управления адаптивной подвеской и системами активной безопасности (например, ESP). Это позволяет оптимизировать силовые характеристики демпфирования для конкретного колеса, проезжающего неровность, минимизировать крен кузова и сохранять стабильный контакт шины с дорогой. В перспективе данные могут учитываться системами автоматического управления для корректировки траектории с целью объезда опасных дефектов [7, 8].

Рисунок 2 – Принципиальная схема формирования информационного потока о состоянии дорожного покрытия:
1 – датчики подвески и навигации; 2 – бортовой ЭБУ (первичная обработка, фильтрация, формирование пакета); 3 – адаптивная подвеска (локальная обратная связь); 4 – передача агрегированных данных в облачную платформу мониторинга

2. Глобальный уровень (облачная платформа): Анонимизированные и агрегированные данные от множества транспортных средств передаются на централизованный сервер. Накопление статистики по одной и той же географической точке от разных автомобилей в разное время позволяет с высокой достоверностью выявить, классифицировать и отследить деградацию дорожного дефекта. Для обработки таких больших массивов данных (Big Data) применяются современные методы, включая машинное обучение и рекуррентные нейронные сети [9].

Эффективность агрегации данных подтверждается графиком (Рисунок 3), показывающим, как с увеличением количества проездов (N) по одному и тому же участку дороги снижается дисперсия в оценке параметра неровности (например, условной глубины), повышая достоверность данных для дорожных служб.

Создание распределённой системы мониторинга на основе движущихся транспортных средств обладает значительным экономическим и эксплуатационным потенциалом:

- Оперативность: Постоянный поток данных позволяет выявлять вновь появившиеся дефекты в кратчайшие сроки, что критически важно для организации оперативного ремонта.

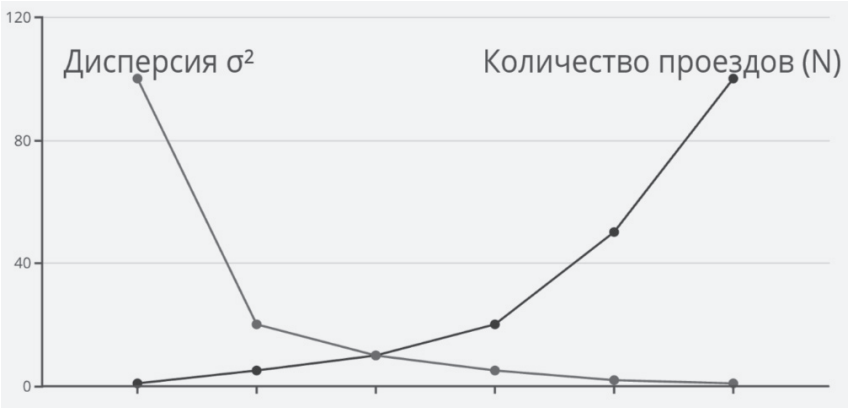


Рисунок 3 – Зависимость дисперсии (σ^2) оценки параметра дорожной неровности от количества проездов (N) транспортных средств, оснащенных датчиками. Аппроксимация кривой $\sigma^2 \sim 1/N$.*

- Объективность и полнота: Традиционные методы визуального обследования или патрулирования уступают по охвату и частоте. Данные от автомобилей формируют непрерывную «тепловую карту» состояния дорожной сети.
- Планирование ремонтов: Дорожные службы получают инструмент для приоритизации участков ремонта на основе объективных данных о фактическом состоянии покрытия, что способствует оптимальному распределению бюджетов и поддержанию дорог в нормируемом состоянии (соответствии ГОСТ Р 50597-2017).
- Косвенный эффект: Улучшение состояния дорожного полотна, как и выбор траектории движения колеса в рамках дорожной полосы, напрямую снижает динамические нагрузки на ходовую часть транспортных средств, что ведёт к сокращению затрат на ремонт подвески и шин, уменьшению расхода топлива и повышению обшей транспортной безопасности [10].

Трансформация системы подвески из пассивного элемента в активный источник данных открывает новые горизонты для повышения безопасности и эффективности дорожного движения. Формируемые информационные потоки позволяют не только оптимизировать поведение отдельного автомобиля на дороге, но и создавать принципиально новую, динамическую систему мониторинга транспортной инфраструктуры. Внедрение таких технологий требует решения ряда задач, связанных со стандартизацией форматов данных, обеспечением информационной безопасности и снижением стоимости сенсорного оборудования. Однако перспективы, связанные с повышением безопасности, комфорта и экономической эффективности как эксплуатации транспорта, так и содержания дорог, обуславливают актуальность и необходимость дальнейших исследований в данном направлении.

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 имени К. А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.

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. 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.

4. Совершенствование системы навигации автотранспорта с использованием IT / 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.

5. Semi-Active Suspension Control Design for Vehicles / S. M. Savaresi, C. Poussot-Vassal, C. Spelta [et al.] // Oxford: Butterworth-Heinemann. – 2010.

6. Егоров, Р. Н. Совершенствование транспортно-технологического обслуживания районных сельскохозяйственных предприятий : дис. … канд. техн. наук : 05.20.01 / Егоров Роман Николаевич. – Москва, 2006. – 144 с.

7. Rajamani, R. Vehicle Dynamics and Control / R. Rajamani // New York: Springer. – 2012.

8. 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 имени К. А. Тимирязева, 2022. – С. 15-21.

9. Liu, Y. Adaptive Vehicle Suspension Control with Recurrent Neural Networks / Y. Liu, L. Zuo, X. Li // IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems. – 2020. – Vol. 31, No. 8. – Pp. 3217-3228.

10. 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. – DOI 10.34286/1995-4646-2020-72-3-62-67.

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.

Ларионов Николай Николаевич, магистрант, 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.

Nikolai N. Larionov, Master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

УДК 378

РОЛЬ НАУЧНЫХ ТРУДОВ ВАСИЛИЯ НИКОЛАЕВИЧА БОЛТИНСКОГО В РАЗВИТИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТРАКТОРОСТРОЕНИЯ

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

Аннотация. *Рассмотрена роль научных трудов В. Н. Болтинского в развитии сельскохозяйственного тракторостроения. Приведен анализ влияния неустановившихся нагрузок на эффективность работы машинотракторных агрегатов.*
Ключевые слова: *В. Н. Болтинский, тракторостроение, двигатель, неустановившиеся нагрузки.*

THE ROLE OF THE SCIENTIFIC WORKS OF VASILY NIKOLAEVICH BOLTINSKY IN THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL TRACTOR MANUFACTURING

M. N. Erokhin, D. M. Skorokhodov
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The role of V. N. Boltinsky's scientific works in the development of agricultural tractor manufacturing is examined. An analysis of the impact of transient loads on the performance of machine-tractor units is presented.*
Keywords: *V. N. Boltinsky, tractor engineering, engine, unsteady loads.*

В 2002 году заведующим кафедрой тракторов и автомобилей профессором Кутьковым Г. М. организован постоянно действующий семинар «Чтения академика В. Н. Болтинского», который не только продолжает действовать в наши дни, но практически превратился в постоянно действующую международную конференцию. Интерес к наследию Болтинского, к разработкам его последователей растёт с каждым годом.

В. Н. Болтинский стоял у истоков сельскохозяйственного тракторостроения. Он внес существенный вклад в формирование учебно-методического комплекса для подготовки инженерных кадров в Московском институте механизации сельского хозяйства им. Молотова. Закончив в 1927 году теоретический курс инженерного отделения Тимирязевки, он, по предложению В. П. Горячкина, приступает к работе лаборантом в тракторном отделе МИС, руководимой Василием Прохоровичем. Постановлением Совета Труда и

Обороны и Совнаркома от 18 декабря 1928 г. № 283 на базе МИС Тимирязевской академии был организован Всесоюзный научно-исследовательский институт сельскохозяйственной механики, реорганизованный в 1931 году во Всесоюзный научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения (ВИСХОМ). Штат этого института был укомплектован из сотрудников МИС, профессорско-преподавательского состава и выпускников инженерного факультета академии [1]. В ВИСХОМе Болтинский В. Н. работает стажёром, инженером, заместителем заведующего тракторным отделом до 1933 года включительно. За эти годы им было испытано более 25 моделей импортных и отечественных тракторов, что позволило начинающему исследователю накопить большие знания по конструкции тракторов, оценке их достоинств и недостатков и приобрести богатый опыт методиста-исследователя.

После открытия в 1930 году Московского института механизации и электрификации сельского хозяйства Василий Николаевич пришел на работу в должности доцента на формируемую кафедру тракторов и автомобилей. Для работы на этой кафедре были приглашены ведущие профессора, основоположники теории трактора Е. Д. Львов и Д. К. Карельских. Под их руководством Василий Николаевич с первых дней пребывания на кафедре включился в работу по организации и совершенствованию учебного процесса. За короткий период с его участием и непосредственно им был создан полный комплекс учебно-методической литературы. Уровень этой работы можно охарактеризовать таким примером. В 1935 году В. Н. Болтинский опубликовал учебник «Автотракторные двигатели», предназначенный для подготовки инженеров сельскохозяйственного профиля. Этот учебник выдержал семь изданий, был переведён и издан на болгарском, китайском, корейском и румынском языках, широко использовался в МВТУ имени Н. Э. Баумана, в Военной академии механизированных и бронетанковых войск имени И. В. Сталина, Военно-транспортной и артиллерийской академии и других. В результате к 1940 году кафедра тракторов и автомобилей МИМЭСХ превратилась в научно-методический центр по теории трактора, по разработке методических и учебных пособий для изучения автомобилей и тракторов.

Особый расцвет кафедра получила в годы заведования кафедрой В. Н. Болтинским (1948-1968 годы).

Высокие организаторские способности, высокая требовательность к себе и сотрудникам, трудолюбие позволили Василию Николаевичу создать прекрасный научный педагогический коллектив. На кафедре работали пять профессоров (по тем временам неслыханная роскошь). Учебные кабинеты и лаборатории были оснащены всем необходимым оборудованием для проведения занятий и исследований.

Кафедра оказывала большую помощь сельскохозяйственным вузам, как нашей страны, так и зарубежным, принимая на стажировку преподавателей и аспирантов. Коллектив кафедры, следуя горячкинским традициям, оказывал активную помощь производству в подготовке и повышении квалификации механизаторских кадров. Преподаваемые дисциплины полностью были обеспечены учебно-методическими пособиями и соответствующей

документаций. Учебники и разработки, созданные на кафедре под руководством и при непосредственном участии В. Н. Болтинского, использовались не только в нашей стране, но и за рубежом.

Параллельно с учебным процессом преподаватели кафедры активно занимались исследованиями. Научная деятельность профессорско-преподавательского состава кафедры тракторов и автомобилей МИМЭСХ была сосредоточена на разработке и обосновании выбора основных параметров тракторов, их рационального типажа, совершенствовании показателей тракторных двигателей [2].

В. Н. Болтинский в своих исследованиях уделял особое внимание повышению эффективности и топливной экономичности работы тракторных двигателей. В 1949 году, обобщая результаты многолетних исследований, В. Н. Болтинский опубликовал монографию «Работа тракторного двигателя при неустановившейся нагрузке», которая вызвала огромный резонанс в научных кругах. Ранее при проектировании двигателей характер нагрузки считался стационарным. В результате при эксплуатационных испытаниях тракторов не удавалось получить расчетные параметры. Василий Николаевич показал, что при выполнении сельскохозяйственных технологических операций происходят колебания нагрузки в результате влияния неоднородности почвы, микро и макрорельефа поля, неравномерности сопротивления качению, особенностям технологического процесса выполняемых операций. Неустановившийся характер нагрузки оказывает большое влияние: на потери мощности двигателя, на частоту вращения коленчатого вала двигателя, на степень неравномерности момента сопротивления ведущего колеса. Все эти параметры, в конечном счёте, оказывают большое влияние на производительность МТА и на качество выполнения сельскохозяйственных операций. Степень неравномерности момента сопротивления двигателя может достигать величины 0,3…0,4, а среднее значение момента сопротивления может отклоняться на 35…40 %. Работа тракторного двигателя в этих условиях приводит к значительным падениям мощности, ухудшению экономичности и повышению износа. Опираясь на теоретические и экспериментальные данные, Василий Николаевич получил математические зависимости, позволяющие определить приведенный момент инерции машинно-тракторного агрегата и маховика двигателя с учетом неустановившихся нагрузок.

В этой же работе автор изложил направления, по которым необходимо проводить дальнейшее изучение влияния неустановившейся нагрузки на работу тракторного двигателя и его механизмов.

Это прежде всего:

а) исследование внутренних потерь износов и протекания рабочих процессов топливоподачи и смесеобразования при неустановившейся нагрузке;

б) исследование процесса разгона машинно-тракторного агрегата и двигателя, как одного из факторов неустановившегося режима;

в) исследование работы системы регулирования тракторного двигателя при неустановившейся нагрузке;

г) исследование влияния протекания характеристики двигателя при работе трактора в производственных условиях;

д) исследование влияния неустановившейся нагрузки на работу механизмов трактора (муфта сцепления, коробка передач, ходовой аппарат и др.)

Работы Василия Николаевича были приняты на вооружение научными коллективами страны.

Под руководством профессора Иофинова С. А. (Ленинградский СХИ) был проведён цикл работ по исследованию влияния характера нагрузки на показатели машинно-тракторных агрегатов.

Под руководством профессора Лурье А. Б. проведены работы по управлению динамическими процессами.

Для снижения негативного влияния неустановившейся нагрузки на работоспособность сельскохозяйственных машин в МИМЭСХе, ВИМе и других научных организациях был проведён цикл работ по использованию в конструкциях трактора упругих элементов, гидротрансформаторов, по упругому креплению рабочих органов сельхозмашин и т.д.

Активные исследования двигателей и МТА при работе на неустановившихся нагрузках, выполненные научными школами Москвы, Ленинграда, Челябинска, Казани, Уфы, Волгограда и др., способствовали становлению сельскохозяйственного машиностроения страны. Уже к 1965-1970 годам были разработаны и освоены выпуски тракторов МТЗ-80/82, Т-150К, Т-150 и комплексы сельскохозяйственных машин к ним, обеспечивающие повышение производительности труда машинно-тракторных агрегатов в 1,5…2 раза.

В настоящее время двигатель внутреннего сгорания рассматривается как элемент сложной динамической системы, в которой динамические характеристики его рабочих процессов согласовываются с характеристиками нагрузки. Изучаются динамические характеристики двигателя, трансмиссии и сельскохозяйственных машин.

Следует отметить успешную работу в этом направлении Дальневосточного, Уфимского, Казанского аграрных университетов и др. [3, 4, 5, 6]. Их работы подтверждают, что согласование динамических характеристик двигателей и рабочих органов сельхозмашин позволяет добиться повышения эффективности работы МТА на 15…20 %.

Современное компьютерное оснащение позволяет проводить эти работы на более высоком и менее затратном уровне.

БИБЛИОГРАФИЧЕКИЙ СПИСОК

1. Василий Николаевич Болтинский / Автор вступительной статьи академик РАН М. Н. Ерохин, автор очерка проф. Г. М. Кутьков // Иркутск: ООО «Мегапринт». 2018. – 157 с.

2. Академик ВАСХНИЛ Василий Николаевич Болтинский / Г.М. Кутьков, М. Н. Ерохин, О. Н. Дидманидзе, А. Ю. Алипичев / Вестник МГАУ имени В. П. Горячкина. – 2019. – № 1 (89). – С. 66-72.

3. Пути повышения эффективности использования двигателей внутреннего сгорания автомобилей и машинно-тракторных агрегатов в условиях эксплуатации / А. К. Юлдашев, С. А. Синицкий, В. М. Медведев, К. М. Латышев / Вестник Московского государственного агроинженерного университета им. В. П. Горячкина. М. – 2007. – № 1 (21).

4. Медведев, В. М. Работа газодизельного двигателя при неустановившейся нагрузке / В. М. Медведев, С. А. Синицкий, К. М. Латышев / Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию института механизации и технического сервиса Казанского государственного аграрного университета. Часть 1 «Инженерная наука – агропромышленному комплексу» – Казань : Издательство Казанского ГАУ, 2010.

5. Щитов, С. В. Влияние неустановившегося характера нагрузки на тягово-сцепные и эксплуатационные показатели энергетического средства / С. В. Щитов, В. А. Сенников, Н. В. Спиридончук. – Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2013. – 175 с. – ISBN 978-5-9642-0191-5.

6. Ахметов, А. Ф. Повышение эффективности использования машинно-тракторного агрегата с почвообрабатывающе-посевным комплексом: дис. … канд. техн. наук / Ахметов Альберт Фоатович, 2024. – 133 с.

Об авторах:

Ерохин Михаил Никитьевич, профессор кафедры сопротивления материалов и деталей машин, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), академик РАН, доктор технических наук, профессор, n.erohin@rgau-msha.ru.

Скороходов Дмитрий Михайлович, доцент кафедры сопротивления материалов и деталей машин, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, d.skorokhodov@rgau-msha.ru.

About the authors:

Mikhail N. Erokhin, Professor, Department of Strength of Materials and Machine Components, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering Sciences, Professor, n.erohin@rgau-msha.ru.

Dmitry M. Skorokhodov, Associate Professor, Department of Strength of Materials and Machine Components, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Engineering Sciences, d.skorokhodov@rgau-msha.ru.

УДК 629.016

ПОТЕРИ МОЩНОСТИ В ТРАНСМИССИИ ТРЕХОСНОГО АВТОМОБИЛЯ ПРИ РАБОТЕ НА ТВЕРДОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В. А. Исмаилов, В. А. Оберемок, И. О. Цыркунов
ФГБОУ ВО «Донской ГАУ», г. Зерноград, Ростовская область, Россия

Аннотация. *Рассмотрено влияние типа привода ведущих мостов и условий движения на энергетическую эффективность работы полноприводного автомобиля 6х6. Проведен сравнительный анализ вариантов управления ведущими мостами в зависимости от скоростного и нагрузочного режимов работы на твердой опорной поверхности.*
Ключевые слова: *автомобиль, полный привод, трансмиссия, кинематическое рассогласование, устройство, алгоритм.*

POWER LOSSES IN THE TRANSMISSION OF A THREE-AXLE VEHICLE WHEN OPERATING ON A HARD SURFACE

V. A. Ismailov, V. A. Oberemok, I. O. Tsyrkunov
Don State Agrarian University, Zernograd, Rostov Region, Russia

Abstract. *The influence of the drive type of driving axles and driving conditions on the energy efficiency of a 6x6 all-wheel drive car is considered. A comparative analysis of the options for controlling the drive axles depending on the speed and load modes of operation on a solid support surface has been carried out.*
Keywords: *car, four-wheel drive, transmission, kinematic mismatch, device, algorithm.*

Необходимость выполнять транспортные работы не только по дорогам общего пользования, но и вне дорог определила появление автомобилей повышенной проходимости различных колесных формул.

Такие машины успешно эксплуатируются во многих отраслях народного хозяйства, в том числе и на селе [1, 2].

Эффективность работы полноприводного автомобиля зависит как от условий движения, так и от типа привода крутящего момент к ведущим моста [3].

Цель работы – снижение энергетических затрат и улучшение топливно-экономических показателей при движении полноприводного автомобиля по твердой опорной поверхности путем рационального отключения ведущих мостов.

Объект исследований – процесс движения трехосного полноприводного автомобиля по твердой опорной поверхности.

Предмет исследований – закономерности изменения затрат энергии на передвижение трехосного автомобиля различных колесных формул в зависимости от скоростного и нагрузочного режимов работы.

Наиболее простым конструктивно и позволяющим реализовывать максимум тяги на колесах, добиваться увеличение КПД машины и снижения расхода топлива является блокированный межосевой привод, нашедший применение в различных колесных машинах, в том и числе и автомобилях. Однако, у него есть ряд существенных недостатков из-за появляющегося кинематического рассогласования сблокированных осей главным образом при движении по твердой опорной поверхности: неравномерное распределение крутящих моментов по осям, циркуляция паразитной мощности в замкнутом контуре трансмиссии, повышение сопротивления качению колес, повышенное буксование (скольжение) колес, снижение КПД автомобиля и т.д.

Существующие способы устранения кинематического несоответствия, такие как: установка межосевых дифференциалов, регулировка вертикальных нагрузок и давления воздуха в шинах и др. дают наилучший результат при определенных условиях движения машины.

Учитывая, что полноприводные автомобили передвигаются по твердым опорным основаниям столько же, сколько и по слабонесущим [4-6] интересно рассмотреть способы компенсации кинематического несоответствия путем рационального отключения и включения ведущих осей.

Потери мощности от кинематического рассогласования можно распределить между потерями мощности в контуре трансмиссии и потерями мощности от дополнительной тангенциальной деформации шин (Рисунок 1).

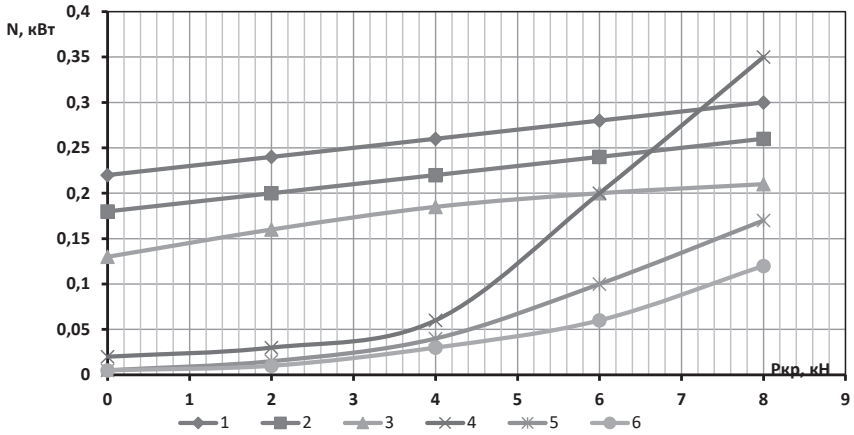


Рисунок 1 – Показатели мощностных потерь автомобиля КамАЗ 4310 при движении с крюковой нагрузкой на асфальте:

1, 2, 3 – потери в трансмиссии для колесных формул: 6х6, 6х4, 6х2; 4, 5, 6 – потери из-за тангенциальной деформации шин соответственно: 6х2, 6х4, 6х6

Расчеты показали, что при движении автомобиля КамАЗ 4310 с различными колесными формулами (6х6, 6х4, 6х2) и крюковой нагрузкой до 8 кН потери на трение в агрегатах трансмиссии отличаются незначительно (0,04…0,09 кВт). В связи с чем при малых скоростях движения эти потери не оказывают заметного влияния на баланс мощности трехосного автомобиля.

Тангенциальные потери мощности автомобиля с колесной формулой 6х2 при движении с крюковой нагрузкой свыше 4 кН возрастают интенсивнее, чем у автомобилей 6х4 и 6х6, а у автомобиля с колесной формулой 6х4 сильнее, чем у полноприводного автомобиля. Кроме того, полноприводный автомобиль затрачивает мощность на компенсацию кинематического несоответствия в блокированной задней тележке. В сумме потери мощности в шинах и агрегатах у сравниваемых трансмиссий оказываются примерно равными с разницей 1…2%.

При работе с крюковыми нагрузками более 8 кН потери в трансмиссии и шинах автомобилей с колесными формулами 6х4 и 6х2 превышают аналогичные потери мощности в трансмиссии автомобиля с колесной формулой 6х6, и, следовательно, необходимо включение дополнительных ведущих мостов.

При работе трехосного автомобиля на асфальте минимизировать суммарные потери мощности при том или ином нагрузочном режиме можно путем рационального отключения (включения) ведущих мостов.

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 имени К. А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.

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. Автомобиль: основы конструкции и расчета / В. А. Кравченко, В. А. Оберемок, В. А. Исмаилов. – Зерноград : ФГОУ ВПО АЧГАА, 2009. – 235 с.

4. Исмаилов, В. А. Снижение отрицательного влияния кинематического несоответствия в трансмиссии полноприводных колесных машин / В. А. Исмаилов, И. М. Меликов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 114. – С. 837-849.

5. Пирковский, Ю. В. Теория движения полноприводного автомобиля / Ю. В. Пирковский, С. Б. Шухман. – М. : Изд. отдел АОЗТ ЦНИИ ОМТП, 1999. – 151 с.

6. Метод выявления потери устойчивости движения тракторов при реализации тягового усилия на прицеп или сцепной агрегат / М. М. Жилейкин, П. В. Сиротин, С. С. Носиков, Н. Н. Пуляев // Тракторы и сельхозмашины. – 2023. – Т. 90, № 1. – С. 39-48. – DOI 10.17816/0321-4443-321266.

Об авторах:

Исмаилов Владимир Атабаевич, доцент, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ (347740, Российская Федерация, Ростовская область, Зерноград, ул. Ленина, д. 21), кандидат технических наук, vladimirismailov@yandex.ru.

Оберемок Виктор Алексеевич, доцент, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ (347740, Российская Федерация, Ростовская область, Зерноград, ул. Ленина, д. 21), кандидат технических наук, Oberemok56@yandex.ru.

Цыркунов Иван Олегович, магистрант, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ (347740, Российская Федерация, Ростовская область, Зерноград, ул. Ленина, д. 21), sugrob-21@mail.ru.

About the authors:

Vladimir A. Ismailov, Associate Professor, Azov-Black Sea Engineering Institute of the Don State Agrarian University (347740, Russian Federation, Rostov Region, Zernograd, Lenina St., 21), Candidate of Technical Sciences, vladimirismailov@yandex.ru.

Viktor A. Oberemok, Associate Professor, Azov-Black Sea Engineering Institute of the Don State Agrarian University (347740, Russian Federation, Rostov Region, Zernograd, Lenina St., 21), Candidate of Technical Sciences, Oberemok56@yandex.ru.

Ivan O. Tsyrkunov, Master's student, Azov-Black Sea Engineering Institute of the Don State Agrarian University (347740, Russian Federation, Rostov Region, Zernograd, Lenina St., 21), sugrob-21@mail.ru.

УДК 621.43

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕТОНАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ

А. В. Капустин[1], В. Л. Чумаков[2], А. В. Бижаев[2]
[1]ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», г. Великий Новгород, Российская Федерация
[2]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *На основе расчетного моделирования рабочего цикла поршневого бензинового двигателя прогнозируется влияние частоты вращения двигателя на антидетонационные характеристики и КПД двигателя. Показаны пути корректировки математической модели процесса сгорания для получения высокой адекватности модели и экспериментов.*
Ключевые слова: *расчетное моделирование, рабочий цикл, детонация.*

PREDICTION OF DETONATION DEPENDING ON THE ROTATION FREQUENCY OF A PISTON ENGINE

A. V. Kapustin[a], V. L. Chumakov[b], A. V. Bizhaev[b]
[a]Novgorod State University named after Yaroslav the Wise, Veliky Novgorod, Russian Federation
[b]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Based on computational modeling of the operating cycle of a piston gasoline engine, the effect of engine speed on antiknock performance and engine efficiency is predicted. Ways to adjust the mathematical model of the combustion process to achieve high model and experimental accuracy are demonstrated.*
Keywords: *computational modeling, operating cycle, detonation.*

Изменение детонационных характеристик двигателя на том или ином топливе в значительной мере определяет его эффективные показали. Оценка октановых чисел бензина проводится на определенных режимах работы в соответствии с ГОСТ 511-82 и ГОСТ Р 51850-2001. Определяемые октановые числа исследовательским или моторным способами зависят от температурной чувствительности автомобильных бензинов (S), которую оценивают косвенно через разницу октановых чисел, полученных по моторному (ОЧМ) и исследовательскому (ОЧИ) методам на одноцилиндровых установках с переменной степенью сжатия. Эта разница (S = ОЧИ – ОЧМ) служит мерой температурной чувствительности: чем она больше, тем выше чувствительность топлива к повышению температуры и нагрузки в двигателе. Принято считать,

что S ≈ 0…3 единицы соответствует низкой чувствительности топлива, и бензин стабилен в широком диапазоне температур, а S > 7…10 единиц соответствует высокой чувствительности топлива к температуре [1].

Модели рабочего цикла двигателя, оценивающие режимы детонации должны учитывать температурную чувствительность топлив даже при одинаковых формальных октановых числах. Но при моделировании детонации на основе задержек самовоспламенения возникают сложности, связанные с тем, что поведение при самовоспламенении разных групп углеводородов, входящих в состав бензинов, существенно отличается между собой в зависимости от времени и температуры. Так, задержки самовоспламенения парафиновых углеводородов (алканов) сильно зависят от скорости сжатия и мало зависят от начальной температуры сжатия. Задержки самовоспламенения ароматических углеводородов (аренов), наоборот, практически не зависят от скорости сжатия, но очень чувствительны к изменению температурного режима.

Классические результаты экспериментальных исследований, полученные в установках импульсного сжатия, показывают, что условия самовоспламенения топлива и его детонационные характеристики в значительной мере зависят от состава углеводородного топлива, и существенно меняются при изменении режима работы двигателя. В работе [2] показано, что у малочувствительных к температуре топлив давление взрыва (т.е. самовоспламенения) – $P_в$ увеличивается с ростом скорости сжатия, а давление взрыва у топлив с высокой температурной чувствительностью практически не зависит от скорости сжатия (Рисунок 1).

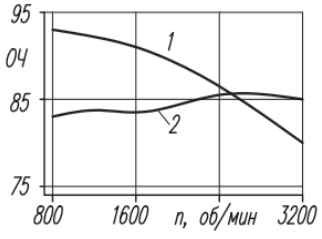


Рисунок 1 – Влияние скорости сжатия *dp/dτ* на давление самовоспламенения:

1 – топливо с низкой температурной чувствительностью;
2 – топливо с высокой температурной чувствительностью

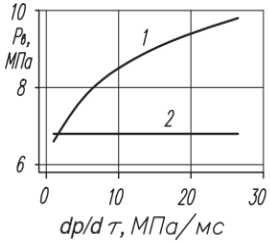


Рисунок 2 – Влияние частоты вращения двигателя *n* на требуемое октановое число топлива:

1 – топливо с низкой температурной чувствительностью;
2 – топливо с высокой температурной чувствительностью

Соответственно, как показано в работе [3], при моторных испытаниях требования двигателя к октановому числу (ОЧ) малочувствительных к температуре топлив снижаются с увеличением частоты вращения, а требования

к ОЧ топлив с высокой температурной чувствительностью почти не меняются при изменении скоростного режима (Рисунок 2). Причем из Рисунка 2 можно графически, по крайним точкам кривой 1, определить, что среднее снижение требований к ОЧ малочувствительного к температуре топлива в расчете на 1000 об/мин составляет:

$$\frac{\Delta ОЧ}{\Delta n} \times 1000 = \frac{93-80}{3200-800} \times 1000 = 5{,}4 \text{ ед. ОЧ на 1000 об/мин.}$$

В настоящей работе поставлена задача обеспечения адекватности математической модели рабочего цикла с расчетом параметров начала детонации, уточнения расчетных формул в соответствии с эмпирическими зависимостями, и оценки точности математического прогнозирования детонации при изменении скоростного режима двигателя. Расчет термодинамического цикла двигателя выполнялся по упрощенной математической модели, изложенной в работе [4]. Математическое прогнозирование детонации выполнено по методике, изложенной в работе [5].

На первом этапе исследований, расчетами по модели рабочего цикла определена допустимая по условию детонации степень сжатия ε при изменении скорости двигателя для топлив с октановым числом ОЧ = 100. Момент самовоспламенения несгоревшего заряда рассчитывался по двум эмпирическим формулам, известными, но принципиально разными методами [4]:

1) по формуле Дауда и Эйза, полученной непосредственно при испытании серийных двигателей на бензинах;

2) по формуле Воинова и Скороделова, полученной для изооктана на установке импульсного сжатия.

Результаты представлены на Рисунке 3.

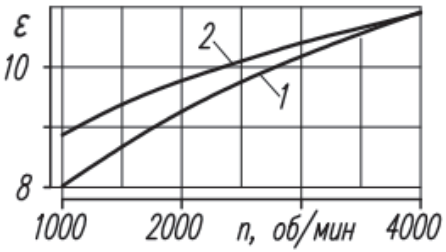


Рисунок 3 – Расчетный анализ влияния скорости двигателя *n* на допустимую по условию детонации степень сжатия (ОЧ = 100):
1 – расчет по формуле Дауда и Эйза; 2 – расчет по формуле Воинова и Скороделова.

Оба метода показывают одинаковое принципиальное влияние частоты вращения двигателя на допустимую по детонации степень сжатия, хотя степень влияния несколько отличается в зависимости от метода. Среднее приращение допустимой по детонации степени сжатия на каждые 1000 об/мин можно оценить графически по крайним точкам кривых, условно допуская полученные

зависимости линейными. Соответствующие значения составляют 0,97 и 0, 67 ед. ε на 1000 об/мин:

расчет по формуле Дауда и Эйза (кривая 1):

$$1000 \cdot \frac{\Delta\varepsilon}{\Delta n} = \frac{10{,}9-8}{4000-1000} = 0{,}97 \text{ ед. } \varepsilon \text{ на 1000 об/мин;}$$

расчет по формуле Воинова и Скороделова (кривая 2):

$$1000 \cdot \frac{\Delta\varepsilon}{\Delta n} = \frac{10{,}9-8{,}9}{4000-1000} = 0{,}67 \text{ ед. } \varepsilon \text{ на 1000 об/мин.}$$

Полученные данные достаточно хорошо согласуются с классической трактовкой условий детонации в зависимости от степеней сжатия, диаметра камеры сгорания и октанового числа топлива [6]. На Рисунке 4 представлены графики средних статистических зависимостей требуемых октановых чисел от степени сжатия при различных диаметрах цилиндров с традиционным рабочим процессом – однородной рабочей смесью мощностного состава $\alpha = 0{,}9$. В диапазоне изменения степени сжатия от 8 до 11 требования двигателя к октановому числу изменяется, составляя 5,3 ед. ОЧ на 1 ед. ОЧ при диаметре 120 мм, 5,8 ед. ОЧ на 1 ед. ε при диаметре 90 мм, и 6,3 ед. ОЧ на 1 ед. ε при диаметре 80 мм.

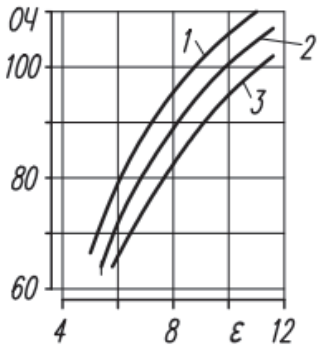


Рисунок 4 – Средние статистические зависимости требуемых октановых чисел от степени сжатия при различных диаметрах цилиндров [6]:
1 –120 мм; 2 – 90 мм; 3 – 80 мм.

Сравнение расчетных и экспериментальных данных по оценке условий начала детонации показывает некоторые отличия для топлив с различным октановым числом. В частности, исходя из экспериментальных данных Рисунка 4 можно принять в качестве среднестатистических, среднее значение $\frac{\Delta ОЧ}{\Delta\varepsilon} = 5{,}8$ ед. ОЧ на 1 ед. ε. Исходя из этого уже расчетным путем переведем показатели изменения допустимой по детонации степени сжатия на каждые 1000 об/мин к изменению расчетных значений ОЧ топлива на 1000 об/мин двумя названными методами.

Для топлив с октановым числом ОЧ = 100:

Расчет по формуле Дауда Эйза (кривая 1) показывает теоретически 5,6 ед. ОЧ на 1000 об/мин – против экспериментальных 5,4 ед. ОЧ на 1000 об/мин (Рисунок 1): теоретически $\frac{\Delta ОЧ}{\Delta n}$ =5,8 × 0,97 = 5,6 ед., экспериментально – 5,4 ед. ОЧ на 1000 об/мин.

Расчет по формуле Воинова и Скороделова (кривая 2) показывает, что теоретически $\frac{\Delta ОЧ}{\Delta n}$ =5,8× 0,67 = 3,9 ед. ОЧ на 1000 об/мин – против экспериментальных 5,4 ед. ОЧ на 1000 об/мин (Рисунок 2).

Для теории горения и взрыва такое совпадение результатов расчета и опыта считается вполне хорошим.

Для топлив с октановым числом ОЧ = 60, результаты расчетов показывают существенные расхождения экспериментальных и расчетных данных. У топлив с ОЧ = 60 расчетная зависимость ОЧ от скорости несколько сильнее, чем у топлив с ОЧ = 100, соответственно, 6,3 ед. ОЧ на 1000 об/мин и 4,4 ед. ОЧ на 1000 об/мин, против экспериментальных 5,4. Расхождение составляет примерно 12,5 %.

Таким образом, для малочувствительных к температуре топлив расчетное прогнозирование детонации по методике расчета рабочего цикла [5] вполне приемлемо и согласуется с рядом экспериментальных исследований [8]. Однако для топлив с высокой температурной чувствительностью расчетные формулы требуют внесения изменений. К топливам с высокой температурной чувствительностью в первую очередь относится группа ароматических углеводородов. Самовоспламенение таких углеводородов протекает по одностадийному механизму, и выражение для расчета момента самовоспламенения оценивается исходя из уравнения Аррениуса [4]:

$$A_c \cdot \int_0^{\tau} p^{m_c} \cdot e^{-B/T} \cdot d\tau \geq 1, \qquad (1)$$

где кинетические константы (A_c, m_c, B) подбираются экспериментальным путем и отражают в уравнении Аррениуса: A_c – предэкспонентный множитель, m_c – порядок химической реакции, B – энергию активации, деленную на универсальную газовую постоянную.

В математической модели рабочего цикла двигателя, выражению (1) соответствует формула Дауда и Эйза

$$\frac{1}{19{,}75} \cdot \left(\frac{ON}{100}\right)^{-3.4107} \cdot \int_0^{\tau} (10{,}2 \cdot p)^{1{,}7} \cdot e^{-3800/T_н} \cdot d\tau \geq 1, \quad (2)$$

где $\frac{1}{19{,}75}$ = 0,0506 = A_c; 1,7 = m_c; B = 3800, а член выражения $(ON/100)^{-3{,}4107}$ в принципе корректирует предэкспонентный множитель A_c в зависимости от детонационной стойкости бензина.

Показатель порядка химической реакции зависит от концентрации реагирующих веществ и практически не зависит от температуры. Определяющим параметром для скорости цепных химических реакций является энергия активации [7], которую условно характеризует показатель B. Чем больше абсолютное значение этого показателя, тем сильнее зависимость скорости химических реакций от температуры и меньше от времени. Поэтому по расчетной программе цикла с прогнозированием детонации подбиралось такое

значение числа $B > 3800$, чтобы расчетная допустимая по детонации степень сжатия как можно меньше изменялась от частоты вращения. Увеличение B уменьшает значение интеграла в формуле (2), он может не достичь значения 1 и самовоспламенение не произойдет. Компенсировать это можно за счет увеличения предэкспонентного множителя A_c. Первоначально числа B и A_c подбирались для скорости $n = 1000$ об/мин, так, чтобы расчетное значение допустимой степени сжатия совпадало расчетной ε по исходной формуле (2).

Результаты расчетов показали, что предлагаемые классические методы расчета условий детонации требуют учета состава топлива, октанового числа и других, влияющих на энергию активации, константы скоростей химических реакций, эмпирических коэффициентов уравнения Аррениуса. В противном случае проблематично обеспечить адекватность математических моделей детонации. В частности, например увеличение энергии активации B до 24000 требует корректировки, увеличения исходного значения предэкспонентного множителя $A_c = 0{,}0506$ в 10^9. При этом, в отличие от ожидаемых по экспериментах данным, допустимая по детонации степень сжатия все равно заметно увеличивалась с ростом скорости n. В диапазоне от $n = 1000$ об/мин до $n = 4000$ об/мин это изменение степени сжатия составило $\Delta\varepsilon = 1$ ед. и, соответственно, $\Delta\varepsilon/\Delta n = 0{,}33$ ед. ε на 1000 об/мин, против 0,97 по исходной расчетной формуле.

Чтобы уменьшить изменение чувствительности низкооктановых топлив к детонации в исследованном скоростном диапазоне до величины $\Delta\varepsilon/\Delta n = 0{,}1$ ед. ε на 1000 об/мин нужно увеличить параметр, характеризующие энергию активации B до $B = 380000$, а предэкспонентный множитель A_c до $A_c = 0{,}0506 \cdot 10^{162}$. Но такие значения этих параметров практически невозможно обосновать исходя из теории горения, и скорости предпламенных химических реакций углеводородов, у которых давление самовоспламенения (взрыва) не зависят от скорости сжатия (Рисунок 1), вряд ли можно описать обычным уравнением Аррениуса. Механизм развития предпламенных процессов таких углеводородов требует изучения и расчетно-экспериментальных исследований.

Выводы

1. Детонационная стойкость топлива в значительной мере зависит как от режима работы двигателя, так и от группового состава топлива, величины октанового числа, степени сжатия двигателя, механизма самовоспламенения топлива.

2. Задержки самовоспламенения парафиновых углеводородов (алканов) сильно зависят от скорости сжатия и мало зависят от начальной температуры сжатия. Специфика самовоспламенения топлив с высоким содержанием алканов должна учитываться в расчетных моделях детонационного сгорания.

3. Расчет самовоспламенения несгоревшей части заряда в поршневом двигателе с искровым зажиганием на основе формально-кинетических выражений задержек самовоспламенения топлив, полученных в установках адиабатного сжатия со стопорением поршня, требует учета группового состава топлива.

4. При смеси двух топлив, высокооктанового и низкооктанового, относительный вклад в развитие самовоспламенения больше у низкооктанового топлива. Поэтому для создания более высокооктановых топлив в первую очередь следует уменьшать долю самых низкооктановых топливных компонентов.

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. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. – С. 10-19.

2. 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, Москва, 20-21 января 2021 года. Часть 2. – М. : ООО «Сам полиграфист», 2021. – С. 86-95.

3. Saidaminov, S. S. Effects of Fuel Structure on the Autoignition of Fuel-Air Mixtures / S. S. Saidaminov // SAE Paper. – 1980. – № 800046. – 20 p.

4. Математическое моделирование детонации в двигателях с искровым зажиганием / А. В. Капустин, В. Л. Чумаков, С. Н. Девянин, Б. А. Жоробеков // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 4. – С. 43-51. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-4-43-51.

5. Воинов, А. Н. Сгорание в быстроходных поршневых двигателях / А. Н. Воинов. – М. : Машиностроение, 1977. – 277 с.

6. Богатырев, А. В. Основы теории и расчета автотракторных двигателей : Рекомендовано Научно-методическим советом по технологиям, средствам механизации и энергетическому оборудованию в сельском хозяйстве Федерального УМО по сельскому, лесному и рыбному хозяйству для использования в учебном процессе в качестве учебника при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Агроинженерия» / А. В. Богатырев, А. Н. Корабельников, В. Л. Чумаков. – М. : ООО Издательско-книготорговый центр «Колос-с», 2021. – 279 с. – ISBN 978-5-00129-070-4.

7. Семенов, Н. Н. О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности / Н. Н. Семенов. – М. : Изд. АН СССР, 1958. – 698 с.

8. Капустин, А. В. Влияние добавки воды на детонационные характеристики двигателя / А. В. Капустин, В. Л. Чумаков // В кн.: Проблемы экономии топлива на автомобильном транспорте. – Сборн. научн. тр./МАДИ. – 1983. – С. 62-69.

Об авторах:

Капустин Александр Васильевич, доцент, ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого» (173003, Российская Федерация, Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, 41), кандидат технических наук, Aleksandr.Kapustin@novsu.ru.

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.

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:

Alexander V. Kapustin, Associate Professor, Novgorod State University named after Yaroslav the Wise (173003, Russian Federation, Veliky Novgorod, Bolshaya St. Petersburg str., 41), Candidate of Technical Sciences, Aleksandr.Kapustin@novsu.ru.

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.

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.

УДК 629.3.082.3

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ДИАГНОСТИКИ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ

В. В. Карякин, А. Ю. Фомин, Э. Н. Халилов
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Представлены современные технологии, применяемые при проведении технического обслуживания и ремонта автомобилей, и перспективы их дальнейшего развития с учётом применения искусственного интеллекта, а также современных и перспективных средств и методик.*
Ключевые слова: *предиктивная диагностика, автоматизированный автосервис, цифровизация, CRM-система, машинное обучение, техническое состояние, ремонт автомобилей, диагностика, интеллектуальные системы.*

MODERN TECHNOLOGIES AND PROSPECTS OF AUTOMATION OF DIAGNOSTICS AND REPAIR OF CARS

V. V. Karyakin, A. Yu. Fomin, E. N. Khalilov
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article presents modern technologies used in the maintenance and repair of vehicles, as well as the prospects for their further development, taking into account the use of artificial intelligence, as well as modern and promising tools and methods.*
Keywords: *predictive diagnostics, automated car service, digitalization, CRM system, machine learning, technical condition, car repair, diagnostics, intelligent systems.*

Современная индустрия автосервисов подошла к рубежу коренных изменений, вызванных стремительным внедрением цифровых технологий в науке и промышленности и этот процесс перетекания фундаментальных знаний в практическое применение, выраженный в конкретных технологиях совпадает с запросами современного общества. И связанно это прежде всего с тем, что сегодня обычный потребитель как никогда находится на «одной волне» с промышленностью, а виной всему вроде как простой термин – цифровизация.

Благодаря цифровизации обычному человеку стали доступны технологии, которые раньше были приоритетом узкоспециализированных специалистов или предприятий. Буквально десять лет назад считалось уделом избранных провести диагностику современного автомобиля или изменение его параметров, сегодня это доступно каждому благодаря широкому ассортименту и доступности как средств диагностики, так и программного обеспечения, повсеместному

использованию всеми продуктов цифровизации в повседневной жизни, мало того сегодня практически каждый имеет возможность самостоятельного изготовления отдельных деталей и механизмов используя 3D принтер.

В таких условиях малый и средний бизнес должен максимально быстро подстраиваться под новые тенденции, внедряя современные методики как ведения бизнеса, так и технологических процессов. И связано это в первую очередь с тем, как меняется автопарк современных автомобилей. Прежде всего это касается появления большого количества электромобилей на наших дорогах, по данным компании McKinsey & Company в мире доля электромобилей составляет около 35 %, по данным агентства «АВТОСТАТ» доля электромобилей в России в 2025 году составила скромные 0,12 % от всех легковых машин (59,6 тыс.), но рост продаж за два последних года увеличился в 6 раз и тенденция увеличения количества таких транспортных средств на дорогах сохраняется.

Следующая причина, по которой современный автосервис не может игнорировать современные методы диагностики и ремонта машин, это активное внедрение не только в электромобилях, но и в машинах с традиционными двигателями внутреннего сгорания систем автономного вождения и различных электронных ассистентов, таких как системы удержания полосы, адаптивный круиз-контроль, автоматическая парковка и распознавание дорожных знаков, кроме того активная интеграция с мобильными приложениями, голосовые ассистенты, системы подключения к Интернету. По данным агентства JATO Dynamics в 2025 году доля таких машин в Северной Америке и Европе уже составила более 60 %.

Главная причина, придавшая новый импульс и новые темпы развития, это использование искусственного интеллекта и машинного обучения, значительно расширяющие возможности применения автоматизированных систем и открывающая новые перспективы развития не только автосервиса, но и других систем коммуникаций и управления в автоиндустрии. И если говорить о секторе автосервисов, то мы всегда помним, что театр начинается с вешалки, а наш автосервис с приёмки автомобиля, записи на диагностику, заказа запчастей и т. д., и здесь без внедрения CRM-систем (Customer Relationship Management – «управление взаимоотношениями с клиентами») не обойтись. Автоматизация клиентского сервиса – основа эффективности современного автосервиса. Задачи, возложенные на CRM – управлять: проведением современных ремонтных работ, связанных с электрификацией и подключенными системами, контролем истории обслуживания автомобиля, планированием, автоматизацией ведения учёта запчастей и интеграцией с поставщиками.

В то же время система CRM как самостоятельная единица может существовать, но если говорить о современном автосервисе, то естественно такие системы должны взаимодействовать в одной связке с современными системами предиктивной диагностики. Пока данный вид диагностики только набирает обороты, но учитывая современные тенденции развития автомобильной отрасли, предиктивная диагностика будет занимать значительное место в системе современных автосервисов. Прежде всего мы конечно же имеем в виду обслуживание электромобилей и автомобилей

гибридов, именно эти категории транспортных средств максимально цифровизированы, а значит максимально приспособлены к данному виду диагностики благодаря большому количеству систем контроля работы автомобиля и его батареи, в частности, плюс ко всему именно эти транспортные средства по умолчанию имеют выход в глобальную сеть Интернет.

Если говорить об автомобилях с традиционной силовой установкой, то многие современные автомобили также имеют возможность выхода в сеть Интернет, но даже если автомобиль возрастной и не имеет такой конструктивной особенности, то современные технологии позволяют с минимальными затратами оборудовать такой автомобиль необходимым оборудованием для обеспечения такой возможности через диагностический разъем OBD II, установленный на автомобилях заводом изготовителем.

В такой ситуации естественно, предиктивная диагностика будет иметь больше возможностей по определению предпосылок возможных неисправностей на более современных автомобилях, но и на обычных автомобилях при существующих штатных системах возможности диагностики достаточно велики. Так, например, существует модель определения неисправности на автомобилях, штатно оборудованных системами курсовой устойчивости (ESC, ESP, VSC). Модель диагностирует неисправности подвески автомобиля в режиме реального времени, обрабатывая при помощи искусственного интеллекта данные, полученные от системы курсовой устойчивости автомобиля, и сопоставляя их с нормативными значениями углов развала и схождения колёс данного автомобиля. В данной модели искусственный интеллект анализирует данные, поступающие от датчиков системы курсовой устойчивости, в частности, от датчика угла поворота руля и датчиков увода автомобиля, акселерометра и других, определяя при этом причину изменений, происходящих в движении автомобиля. Естественно, кроме данных автомобиля искусственный интеллект анализирует данные о дорожном покрытии, погодных условиях и т.д. Данная модель по мере накопления информации в данном направлении постоянно совершенствуется и обучается, тем самым повышая точность диагностики и сводя к минимуму вероятность ошибок при выявлении нарушении углов развала и схождения колёс на раннем этапе возникновения отклонений и как следствие минимизирует потери на техническое обслуживание, продлевает срок службы шин автомобиля и одновременно повышает безопасность движения.

Кроме разрабатываемых моделей предиктивной диагностики существуют вполне осязаемые серийные образцы современного автомобилестроения такие как Tesla Model S, которую с 2024 года оснащают системами, которые самостоятельно предупреждают автовладельца о необходимости проведения технического обслуживания. Компания Bosch, являясь крупнейшим поставщиком электронных компонентов на конвейеры автопроизводителей, предлагает программные продукты непрерывного контроля и оценки состояния систем, агрегатов и механизмов автомобиля, используя, в том числе, данные облачной информации в целях заблаговременного выявления неисправностей автомобиля.

В России, несмотря на проблемы, связанные с введением недружественными странами санкций в отношении отечественных компаний, вопрос с разработкой

оборудования и программных продуктов предиктивной диагностики тоже развивается достаточно динамичными темпами и с учётом особенностей отечественной автомобильной промышленности. К примеру, российские компании АвтоДиагностик и Gipix разработали и вывели на рынок системы интегрированные с LLM (большие языковые модели, нейросетевой алгоритм, обученный на больших массивах данных, который получает входной текст, анализирует его и генерирует продолжение, ответ или объяснение в зависимости от задачи (Large Language Models), позволяющими перерабатывать огромные объемы данных, полученных с датчиков автомобиля, и в режиме реального времени вырабатывать предложения по той или иной проблеме, возникшей в компонентах автомобиля. По мнению экспертов, основой будущей автоэлектроники и электронных помощников водителя/автовладельца станут именно LLM модели. Принцип работы LLM модели основан на идентификации неисправностей автомобиля в автоматическом режиме, проверяя данные мультимедийных датчиков автомобиля и проводя интеллектуальный анализ полученной информации. По оценкам экспертов благодаря применению LLM моделей время диагностики автомобиля может быть снижено на 30…50 % при повышении точности выявления неисправностей до 98%.

Учитывая всё вышесказанное, необходимо указать на то, что весь процесс, связанный с проведением предиктивной диагностики и главное – повышение качества данного процесса, невозможен без такого понятия как машинное обучение, которое играет главную роль в процессе совершенствования и дальнейшего развития не только процессов, связанных с диагностикой автомобилей, но и всей автомобильной промышленности.

Именно машинное обучение благодаря использованию статических моделей и алгоритмов, позволяет транспортным средствам, средствам диагностики совершенствоваться и обучаться, анализируя колоссальные объёмы данных об эксплуатации и поведении автомобилей в различных условиях, что позволяет в конечном итоге вырабатывать оптимальные решения практически без привлечения человека.

На практике машинное обучение и применение искусственного интеллекта в целях проведения предиктивной диагностики существенным образом востребовано автопредприятиями, имеющими большой парк автомобилей. Именно в этом секторе от предиктивной диагностики будет получен максимальный эффект в виде сокращения незапланированных простоев автотранспорта по причине поломки и возможность корректировки графиков выхода в рейс автотранспорта на основе данных по планируемому выходу в ремонт, а также снижение затрат на проведение технического обслуживания и ремонта одновременно с увеличением моторесурса транспортных средств, что в целом повысит эффективность предприятия.

Применительно к автосервису в условиях глобальной цифровизации можно выделить основные направления, от которых будет зависеть конкурентоспособность предприятия в современных условиях развития автоиндустрии.

Профессиональная подготовка сотрудников, ориентированная на знание методик технического обслуживания и ремонта гибридных и электромобилей, бортовых компьютерных и ADAS систем автомобиля. Проведение тренингов

персонала в том числе с проведением онлайн-симуляций и практических мастер-классов.

Приобретение современного диагностического оборудования, оборудования для технического обслуживания и ремонта, современного программного обеспечения, батарейных тестеров, роботизированных комплексов. В частности, роботизированные комплексы доказали свою высокую эффективность, например, в области кузовных работ. Благодаря программному обеспечению роботизированные покрасочные камеры обеспечивают высокое качество лакокрасочного покрытия с точным соблюдением параметров, заложенных для конкретного автомобиля. Кроме того, сокращается время покраски автомобиля и минимизируется расход лакокрасочных материалов. Следующий пример роботизированная мойка автомобилей компании из Санкт-Петербурга AutoClean Robotics позволяет обслужить до 80 автомобилей за одну смену сократив время обработки одного автомобиля с 15…20 минут до 5…7 минут. Продолжая тему кузовного ремонта, можно привести пример использования сканеров AutoScan Pro или VisionIQ, которые позволяют выявлять самые незначительные повреждения и дефекты кузова. Точность работы такого оборудования достигает 98 %, что существенно поднимает качество кузовных работ.

Автоматизация предприятия происходит путём внедрения CRM-систем в целях повышения эффективности системы управления и расширения базы клиентов, учёта, потребности и снабжения запчастями, учёта выполнения ремонтных работ и ведения истории обслуживания автомобилей.

Несмотря на существенные преимущества автоматизации процессов технического обслуживания и ремонта есть и определённые трудности, связанные с переходом на новые методы работы автосервиса и прежде всего это материальные затраты, связанные с закупкой современного оборудования, особенно в части касающейся робототехники, современных расходных материалов и программного обеспечения. Следующая проблема, это адаптация к новым технологическим процессам существующего порядка действий и здесь самым важным фактором выступает уровень подготовки персонала автосервиса и его готовность к работе в новых условиях или способность перестроиться и освоить новые методики и оборудование.

По оценкам экспертов при условии успешного внедрения новых технологий в производственные процессы автосервиса прибыль предприятия повысится на 20…30 % с одновременным повышением качества и скорости выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей. Автовладельцы в свою очередь получат понятную и прозрачную историю обслуживания своего автомобиля, возможность удобного планирования обслуживания своего автомобиля, своевременность проведения ремонтных работ, снижение затрат на ремонт и обслуживание автомобиля с более высоким качеством, в том числе, и благодаря машинному обучению которое позволит проводить техническое обслуживание и ремонт автомобиля учитывая марку, модель, комплектацию, год выпуска, пробег автомобиля, условия эксплуатации,

ранее выявленные неисправности и конечно же огромную базу данных по истории обслуживания аналогичных автомобилей за весь период.

По прогнозам специалистов, благодаря машинному обучению, увеличению степени цифровизации и автоматизации процессов технического обслуживания и ремонта в автосервисах в будущем нас ждёт качественное повышение уровня как обслуживания, так и качества работ. Внедрение более совершенных сенсоров и компьютерного зрения позволит максимально точно определять неисправность и предлагать оптимальные методы устранения неисправности с высокой точностью и в максимально короткие сроки.

Значительная роль отводится автоматизированным системам диагностики в будущем в сфере управления беспилотным транспортом, в котором по определению только удалённая система в состоянии обнаружить неисправность и предложить пути её устранения оператору. В этом же направлении можно рассматривать транспортные средства, принадлежащие компаниям каршеринга и других крупных транспортных предприятий, у которых предусмотрен планово-предупредительный метод технического обслуживания и ремонта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дополненная реальность эмуляции рельефа местности и нештатных ситуаций в тренажерах техники для АПК / А. Ю. Фомин, А. С. Апатенко, Н. С. Севрюгина, А. А. Лосев // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 4. – С. 64-68.

2. 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. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025. – С. 333-340.

3. 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, посвященной 70-летию ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, Красноярск, 19-21 апреля 2022 года. Часть 2. – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2022. – С. 131-134.

4. Modernizing Machines to Extend Their Life / I. G. Golubev, N. S. Sevryugina, A. S. Apatenko, A. Yu. Fomin // Russian Engineering Research. – 2023. – Vol. 43, No. 3. – P. 258-263. – DOI 10.3103/s1068798x23040111.

5. Научно-аналитический обзор технологий ресурсосбережения при эксплуатации технических средств в АПК / А. С. Апатенко, И. Н. Кравченко, Н. С. Севрюгина [и др.]. – Саратов : ООО «Амирит», 2023. – 152 с.

6. Патент № 2652696 C2 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» Министерства обороны Российской Федерации.

7. Работоспособность технических систем / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2022. – 379 с.

8. Патент № 2613132 C Российская Федерация, МПК B62D 13/04, B62D 5/00. Система управления поворотом транспортного средства : № 2015117108 : заявл. 05.05.2015 : опубл. 15.03.2017 / А. Ю. Фомин, В. Ф. Васильченков, С. А. Карпухин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище (военный институт) имени генерала армии В.Ф. Маргелова» Министерства обороны Российской Федерации, Российская Федерация.

9. Фомин, А. Ю. Система управления устойчивостью полуприцепа / А. Ю. Фомин, А. С. Апатенко, Н. С. Севрюгина // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 8(302). – С. 12-16. – DOI 10.33267/2072-9642-2022-8-12-16.

Об авторах:

Карякин Владимир Владимирович, преподаватель военного учебного цента, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), vladimir144808@yandex.ru.

Фомин Александр Юрьевич, доцент военного учебного центра, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), a.fomin@rgau-msha.ru.

Халилов Эйнур Николаевич, начальник военного учебного центра, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), halilov@rgau-msha.ru.

About the authors:

Vladimir V. Kariakin, Lecturer at the Military training center, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), vladimir144808@yandex.ru.

Alexander Yu. Fomin, Associate Professor at the Military training center, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), a.fomin@rgau-msha.ru.

Einur N. Khalilov, Head of the Military training center, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), halilov@rgau-msha.ru.

УДК 631.3

ВИДЫ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАГРЯЗНЕНИЙ НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МАШИН

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

Аннотация. *Приведена классификация загрязнений поверхностей сельскохозяйственных машин. В основу классификации загрязнений положены механизм их образования, адгезия к очищаемой поверхности и специфика удаления при техническом обслуживании и ремонте машин.*
Ключевые слова: *эксплуатационные загрязнения, характер загрязнений, способ очистки, режимы очистки.*

TYPES AND CHARACTERISTICS OF POLLUTION OF OUTDOOR SURFACES OF MACHINES

V. M. Korneev
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The classification of pollution of surfaces of agricultural machines is given. The classification of pollution is based on the mechanism of their formation, adhesion to the cleaned surface and the specifics of removal during maintenance and repair of machines.*
Keywords: *operational pollution, nature of pollution, cleaning method, cleaning modes.*

Машинно-тракторный парк эксплуатируется в сложных условиях. Из-за контакта с почвой, растениями, топливо-смазочными материалами, удобрениями, ядохимикатами, а также вследствие атмосферных воздействий и влияния других факторов наружные поверхности тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин покрываются загрязнениями разнообразного состава [1, 2].

Наличие эксплуатационных загрязнений на наружных поверхностях приводит к уменьшению устойчивости лакокрасочных покрытий, повышению скорости коррозионных процессов, снижению производительности труда и уровня культуры технического обслуживания и ремонта и, как следствие, к понижению надежности машин.

Таким образом, в целях исследования и обоснования способов повышения эффективности наружной очистки машин возникает необходимость в изучении состава и свойств эксплуатационных загрязнений [3, 4].

Растительные остатки образуются при работе сельскохозяйственной техники в полевых условиях во время уборки урожая или выполнения технологических операций. Солома, полова и другие растительные остатки в смеси с пылью и частицами почвы скапливаются на поверхности и в бункерах сельскохозяйственных машин. Присутствие влаги и растительных соков содействует прочному их скреплению. Данные загрязнения являются слабосвязанными. Сложность их удаления заключается в труднодоступности мест их скопления.

Пылегрязевые отложения формируются по причине содержания в атмосферном воздухе пыли, образующейся под воздействием потоков воздуха на частицы почвы, которые при взаимодействии с влагой способны образовать твердые слои загрязнений. Загрязненность зависит от условий эксплуатации (сезон полевых работ, дорожные условия и т.п.); прочность удержания частиц грязи на поверхности (адгезия) – от шероховатости поверхности, размера частиц, влажности воздуха и других факторов.

Отложения ядохимикатов и удобрений представляют собой минерало-органический комплекс, состоящий из различных загрязнений (масла, смазки, дорожная грязь и др.) в смеси с ядохимикатами, используемыми при внесении удобрений и борьбе с вредителями полей. Характеризуются токсичностью и агрессивностью (корродируют металл, разрушают лакокрасочные покрытия). Загрязнения требуют разложения пестицидов в моюще-дегазирующих растворах.

Маслогрязевые отложения образуются при оседании дорожной грязи и пыли на замасленные поверхности машин. Возможно и обратное явление, дорожная грязь, попавшая на поверхности машин, пропитывается маслом, происходит как бы склеивание частиц между собой, тем самым создается плотная масса загрязнений. В среднем величина адгезии маслянисто-грязевых отложений к поверхности составляет 0,005…0,02 МПа.

Лакокрасочные покрытия в обычном понимании не являются загрязнениями, а используются, как средство для защиты от коррозии и придания машинам соответствующего товарного вида. Защитные свойства обусловлены тем, что на металлической поверхности образуется лакокрасочное покрытие, которое изолирует металл от воздействия окружающей среды, препятствуя при этом проникновению реагентов, вызывающих коррозию. Однако при ремонте техники практически всегда приходится выполнять работы по удалению старых лакокрасочных покрытий, следовательно, они выступают в роли специфического загрязнения, имеющего большое сцепление с очищаемой поверхностью.

Продукты коррозии. Техника в процессе эксплуатации и при длительном хранении подвергается воздействию окружающей среды и атмосферным осадкам, приводящим к возникновению коррозионных процессов. В результате коррозии появляются многочисленные трещины и разрывы металла. Вследствие этого снижаются работоспособность и ресурс машин. Наличие в загрязнениях продуктов коррозии металлов способствует образованию групп загрязнений, прочно соединяющихся между собой и имеющих большое сцепление с

очищаемой поверхностью. Удаление этого вида загрязнения требует весьма значительных усилий и выполнения специальных операций.

Противокоррозионные материалы. При очистке техники во время ее ремонта и обслуживания возникает необходимость удалять не только загрязнения, образовавшиеся при эксплуатации техники, но и остатки противокоррозионных материалов. Как правило, указанные материалы не претерпевают существенных изменений, поэтому целесообразно иметь сведения об их составе и характеристиках в целях правильного подбора растворителей и технических моющих средств для эффективного удаления с поверхности техники перед ремонтом.

В качестве противокоррозионных материалов применяют в основном пластичные смазки; консервационные масла, мастики, пленкообразующие ингибиторные нефтяные составы.

При старении противокоррозионных материалов могут образовываться конгломераты продуктов окисления и коррозии. Подобные загрязнения обладают большой свободной поверхностью и склонны к полимеризации.

По связи с очищаемой поверхностью все загрязнения можно разделить на три основные группы, которые различаются трудностью удаления и их физико-химическими и механическими свойствами [5, 6].

Первая группа – слабосвязанные загрязнения без примесей органических веществ, содержащие до 83 % абразивных частиц. Такие загрязнения смываются струей воды под давлением 0,15…0,3 МПа.

Вторая группа – слабосвязанные загрязнения с примесью органических веществ до 35 %. Удаляются струей воды под давлением 0,3…0,5 МПа.

Третья группа – прочносвязанные загрязнения, в составе которых кроме пыли и грязи содержатся цементирующие и склеивающие вещества (цемент, гашеная известь, минеральные удобрения). Такие загрязнения удаляются с помощью химических растворов с одновременным применением какого-либо вида механического воздействия или струей моющей жидкости под давлением до 10 МПа.

Рассмотренные выше виды загрязнений являются общими и наиболее часто встречающимися в системе технического сервиса агропромышленного комплекса. Ими подвержены до 95 % площади поверхности узлов и деталей, подлежащих очистке при техническом обслуживании и ремонте сельскохозяйственных машин. Удаление таких загрязнений является трудоемкой операцией. Установлено [7], что для удаления распространенных загрязнений расходуется значительная энергия, кДж/м^2:

- дорожно-почвенные загрязнения – 3600;
- масляногрязевые – 7200;
- лакокрасочные покрытия – 14400.

Если рассматривать физико-химический состав загрязнений и необходимость в их удалении перед проведением операций технического обслуживания или ремонта, то между ними просматривается определенная связь, которая проявляется в выборе оптимальных способов очистки,

технологического режима очистки и оборудования в зависимости от вида загрязнения [8, 9, 10].

Исследования показали, что при разработке технологического процесса очистки наружных поверхностей машин наиболее существенными свойствами загрязнений являются следующие: физическое состояние и вид связи загрязнений с очищаемой поверхностью, склонность компонентов загрязнения к полимеризации, наличие в загрязнениях продуктов окисления и коррозии металлов в смеси с твердыми частицами, гранулометрический состав загрязнений, наличие в смеси загрязнений атмосферной пыли. В этой связи научно обоснованный выбор способа очистки и его технологических режимов, которые соответствуют характеру удаляемых загрязнений, требует дифференцированного подхода и является непременным условием получения регламентированного качества очистки, обеспечивающего эксплуатационную надежность машин при минимальных издержках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.

2. 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.

3. Тельнов, Н. Ф. Технология очистки сельскохозяйственной техники / Н. Ф. Тельнов. – М. : Колос, 1983. – 256 с.

4. Шемякина, Е. Ю. Технология очистки сельскохозяйственных машин с обоснованием параметров и режимов работы моечной установки с воздушным экраном : автореф. дис…канд. техн. наук : 05.20.03 / Шемякина Евгения Юрьевна. – Рязань, 2009. – 22 с.

5. Сливов, А. Ф. Совершенствование технологии наружной очистки сельскохозяйственной техники : автореф. дис … канд. техн. наук : 05.20.03 / Сливов Анатолий Федорович. – М., 1992. – 17 с.

6. Козлов, Ю. С. Очистка изделий в машиностроении / Ю. С. Козлов, О. К. Кузнецов, А. Ф. Тельнов. – М. : Машиностроение, 1982. – 261 с.

7. Бондаренко, Е. В. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования / Е. В. Бондаренко, Р. С. Фаскиев. – М. : Академия, 2011. – 304 с.

8. 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 имени К. А. Тимирязева, 2022. – С. 15-21.

9. Очистка поверхностей деталей при их восстановлении / И. Н. Кравченко, А. Ф. Сливов, В. М. Корнеев, Ю. В. Катаев // Сельский механизатор. – 2019. – № 8. – С. 38-40.

10. Дидманидзе, О. Н. Анализ эффективности внедрения технологии ультразвуковой очистки деталей сельскохозяйственной техники / О. Н. Дидманидзе, Д. Ю. Петрик // Техника и оборудование для села. – 2025. – № 7(337). – С. 37-38. – DOI 10.33267/2072-9642-2025-7-37-38.

Об авторе:

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 author:

Victor M. Korneev, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, tsmo@rgau-msha.ru.

УДК 631.61

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС МАШИН ДЛЯ ВВОДА В ОБОРОТ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ И ТРЕБОВАНИЯ К ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ СРЕДСТВАМ

А. В. Кудрявцев, Ф. Л. Блинов, В. В. Голубев
ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», Тверь, Российская Федерация

Аннотация. *В работе рассмотрен вопрос ввода залежных земель в севооборот. Выделены основные этапы с приведением технологического комплекса работ. На основании комплекса и условий проведения технологических операций по вводу залежи описаны требования к энергетическим средствам, описаны специфические риски в процессе эксплуатации машинно-тракторных агрегатов. Для повышения конкурентоспособности, производительности, улучшений условий труда, выделены перспективные направления развития энергетических средств отечественного машиностроения.*
Ключевые слова: *залежные земли, машинные технологии, машинно-тракторный агрегат, энергетические средства.*

TECHNOLOGICAL COMPLEX OF MACHINES FOR INTRODUCTION OF DEFERRED LAND INTO CIRCULATION AND REQUIREMENTS FOR ENERGY MEANS

A. V. Kudryavtsev, F. L. Blinov, V. V. Golubev
Tver State Agricultural Academy, Tver, Russian Federation

Abstract. *The paper considers the issue of introduction of fallow land into crop rotation. The main stages are highlighted with the presentation of the technological complex of works. Based on the complex and conditions of carrying out technological operations for the deposit introduction, the requirements for energy means are described, and specific risks in the process of operation of machine-tractor units are described. To increase competitiveness, productivity, and improve working conditions, promising directions for the development of energy means of domestic mechanical engineering are highlighted.*
Keywords: *fallow lands, machine technologies, machine-tractor unit, energy means.*

Вовлечение залежных земель – это стратегическая задача для обеспечения продовольственной независимости и экономического роста страны [1]. Совместная работа государств, регионов и сельхозтоваропроизводителей позволит максимально эффективно использовать этот ценный ресурс. По данным статистики, в России за 30-летний период площади сельскохозяйственных угодий сократились на 19 млн га (со 213 до 199 млн га) [2]. Согласно доктрине

продовольственной безопасности РФ стоят задачи в увеличении объема производства продукции АПК на 25 % к 2030 году [3]. Одним из инструментов для этого служит государственная программа эффективного вовлечения к обороту земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса РФ. Так на региональном уровне Тверской области установлены показатели по вводу залежных земель к 2030 году в районе 80 тыс. га [4].

Процесс ввода в оборот многоступенчатый (Рисунок 1). Рассмотрим ключевые этапы.

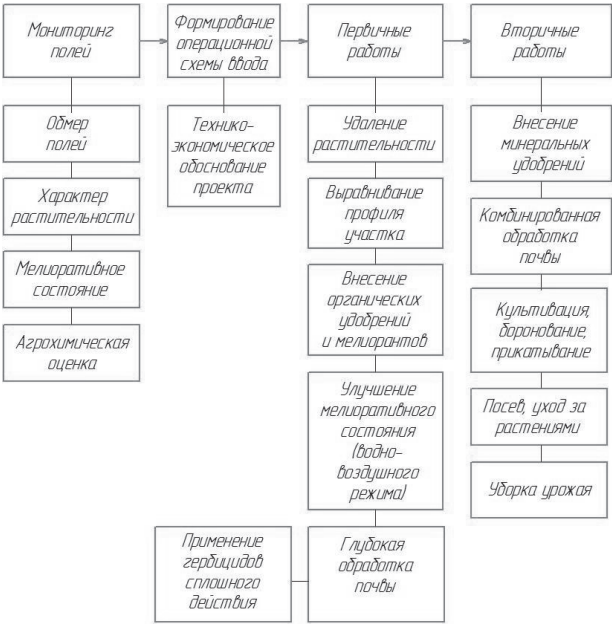


Рисунок 1 – Этапы освоения залежных земель

Мониторинг участков залежных земель заключается в уточнении размеров и контуров полей, изучении видов растительности, определение мелиоративного состояния и агрохимической оценки почвы. С декабря 2025 года появилась возможность уточнения размеров, мелиоративного состояния и агрохимии через ФГИС системы. Это значительно снижает трудоемкость данного этапа. Мониторинг позволяет отнести рассматриваемый участок к определенной категории залежных земель [5]. Далее выбирается машинная технология.

Формирование машинной технологии начинается с выбора культуры. При вводе залежи в первую очередь производят посев культур – сидератов или культур с мощной корневой системой, способных произвести разуплотнение подпочвенного покрова. Вторым важным фактором при выборе машинной технологии стоит площадь вводимой залежи. От этого зависит выбор машинно-

тракторных агрегатов для проведения технологических операций, что напрямую скажется на технико-экономическом обосновании проекта.

Независимо от категории вводимой залежи технологические операции можно разделить на три этапа: первичные, вторичные работы и уборка.

Первичные работы включают следующие технологические операции. Удаление древесно-кустарниковой, сорной растительности и посторонних предметов, ее измельчение и уборка остатков. Данные операции возможно производить с помощью таких машин и машинно-тракторных агрегатов как ротоваторы, мульчеры, фрезы, кусторезы, корчеватели, камнеуборочные машины, бульдозеры, харвесторы и т.д.

Выравнивание профиля участка заключается в использовании планировщиков. Это могут быть бульдозеры на базе тракторов ДТ-75, Т-100, Т-130 с модификациями [6]. Или специальные сельскохозяйственные машины, в основном прицепного типа. На сегодняшний день из выпускаемых промышленностью отечественных марок можно привести следующие машины: планировщик почвы ПАУ-2,5/3,6/4,2, грейдер полуприцепной БЛ-105А, скрепер планировщик УСП-4,2.

Операции по внесению органических удобрений и мелиорантов осуществляется машинами по внесению органических и минеральных удобрений в основном разбросным способом, но возможно и внутрипочвенное внесение. К новым технологиям можно отнести внесение жидких органических удобрений через систему гибких шлангов, такая система относится к системам гидравлического трубопроводного транспорта.

Если участок ранее относился к мелиоративным землям и имеет мелиоративную системы открытого или закрытого типа производят прочистку дрен, открытых каналов. Для проведения технологических операций используются: дренеры, кротователи, щелерезы, машины для открытого и закрытого дренажа.

Залежные земли, вне зависимости от ее возраста, имеют переуплотнение подплужной подошвы почвы. С целью улучшения водно-воздушного режима, ослабления эмиссии почвы проводят обработку почвы на глубину более 30 см.

С целью уничтожения кустарниковой или сорной растительности, в частности борщевика Сосновского, в первичном комплексе работ по вводу залежи используют гербициды сплошного действия, при проведении операции – химическая защита растений. Проведение операции возможно опрыскивателями и распылителями. Операция проводится до посева культур, но при положительных температурах не ниже +10…15 °С [7].

Приведенные технологические операции первичной обработки почвы могут проводиться не в полном объеме, а согласно сформированной машинной технологии.

Вторичная обработка почвы заключается в проведении предпосевной обработки почвы с внесением минеральных удобрений. Для снижения эксплуатационных затрат рекомендуется применение комбинированных машинно-тракторных агрегатов, способных за один проход производить культивацию, боронование и прикатывание, а возможно и посев. В зависимости

от возделываемой культуры уход подразумевает такие операции как опрыскивание, подкормка, междурядная обработка и т.д.

Каждый этап требует специализированной техники с определёнными характеристиками.

Согласно расчетам, научными исследованиями установлено, что эксплуатационные затраты МТА в зависимости от категории залежи составляют от 30 до 60 % производственных затрат [8].

Плотность механизированных работ при вводе залежных земель находится на уровне 10…19 ус. эт. га/га.

Для снижения показателя плотности работ необходимо:

- применение комбинированных МТА;
- выбор оптимальных технологических операций для выполнения одного и того же вида работ;
- минимизация перекрытий и холостых проходов.

Работа на залежных землях предъявляет повышенные требования к энергосредствам.

Минимальная мощность ДВС должна составлять не менее 200 л. с. при этом запас мощности должен составлять не менее 30 % от номинального значения.

Тяговое усилие заключается в достаточном крутящем моменте на низких оборотах энергетической установки с возможностью работы на 1 и 2 передачах без пробуксовки.

Ходовая часть энергетического средства должна иметь высокую надежность и износостойкость от абразивного износа от почвы с дерниной и древесно-кустарниковой растительности.

С целью минимизации эксплуатационных затрат машинно-тракторный агрегат (МТА) должен обладать топливной экономичностью. Наименьшие значения данного показателя достигаются на бесступенчатой или автоматической трансмиссия энергетического средства.

Так как при вводе залежи конуры участка в основном представлены сложной формой, расположение древесно-кустарниковой растительности хаотично, МТА должен обладать маневренностью, заключающейся в малых радиусах поворота и наличием реверсивной передачи.

Для улучшений условий труда оператора энергетическое средство должно быть оборудовано климатической установкой кабины, повышенной шумо- и виброизоляцией с системами мониторинга нагрузки ДВС, трансмиссии.

Адаптивность энергетического средства к возможности установки GPS-навигации позволяет использовать приемы для точного земледелия, а интеграция с системами телеметрии позволяет получать данные онлайн в настоящий момент времени.

При работе на залежных землях возникают специфические риски, влияющие на эксплуатацию МТА. К ним относятся: повышенный износ рабочих органов, подшипников и шарниров, шин или гусениц, риск перегрева двигателя или трансмиссии при длительной работе на низких скоростях.

С целью снижения вероятности текущих ремонтов интервалы проведения ежесменного технического обслуживания и технического обслуживания некоторых узлов и механизмов следует уменьшать. К таким операциям стоит отнести: очистку радиаторов и фильтров, контроль уровня масла и гидравлических жидкостей.

Для повышения экономической и эксплуатационной эффективности освоения залежных земель перспективно развитие энергетических средств в следующих направлениях: автоматизация и роботизация, использование гибридных и электрических тракторов, что позволяет снижать шум и выбросы углекислого газа в атмосферу и почвы, а через систему рекуперации энергии снижать расход топлива. Цифровые платформы энергетического средства позволят прогнозировать ресурс техники и проводить удалённую диагностику.

Повышение экономической эффективности при вводе залежных земель можно достигнуть за счёт: оптимизации затрат на технику, использования МТС и кооперации хозяйств, внедрения ресурсосберегающих технологий.

Для масштабирования практики ввода залежей в оборот необходима государственная поддержка, заключающаяся в льготном лизинге, субсидиях, развитии сети машинно-тракторных станций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.

2. Леонов, В. И. Основные направления вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения / В. И. Леонов // Устойчивое развитие территорий : Материалы XVII Ежегодной международной научно-практической конференции, Москва, 12 декабря 2025 г.

3. Указ Президента Российской Федерации от 18.06.2024 г. № 529 «Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического развития и перечня важнейших наукоемких технологий» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/409113212/?ysclid=mmwd97wdww407339304.

4. Постановление правительства Тверской области от 25.01.2021 №-пп «О государственной программе Тверской области «Сельское хозяйство Тверской области» на 2021-2026 годы (с изменениями на 5 мая 2023 года)». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/571098623?ysclid=liolkgyefz518385012.

5. Анализ состояния поверхности вводимой залежи / А. В. Кудрявцев, А. С. Фирсов, Ф. Л. Блинов и [др.] // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК : материалы XXII международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Заслуженного работника сельского хозяйства РСФСР, заведующего Кокинским опорным пунктом НИЗИСНП, доцента кафедры плодоовощеводства Брянского СХИ А. А. Высоцкого и 85-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки РФ, доктора сельскохозяйственных наук,

профессора, заведующего кафедрой общего земледелия и растениеводства Брянской ГСХА В. Ф. Мальцева. – Брянск, 2025. – С. 19-23.

6. Кудрявцев, А. В. Технические средства мелиоративных работ / А. В. Кудрявцев, В. В. Голубев, Е. В. Копаев. – Тверь : Тверская ГСХА, 2017. – 131 с.

7. Маркевич, А. Е. Основы эффективного применения пестицидов: Справочник в вопросах и ответах по механизации и контролю качества применения пестицидов в сельском хозяйстве / А.Е. Маркевич, Ю.Н. Немировец. – Горки : учреждение образования «Могилевский государственный учебный центр подготовки, повышения квалификации, переподготовки кадров, консультирования и аграрной реформы», 2004. – 60 с.

8. Ларин, Д. В. Технологические аспекты введения залежных земель в сельскохозяйственное производство / Д. В. Ларин, В. В. Голубев // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2025. – № 3. – С. 301-304.

Об авторах:

Кудрявцев Андрей Васильевич, доцент кафедры «Технологические и транспортные машины и комплексы», ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия» (170904, Российская Федерация, Тверь, ул. Маршала Василевского (Сахарово), д. 7), кандидат технических наук, akud@tvgsha.ru.

Блинов Филипп Леонидович, доцент кафедры «Технологические и транспортные машины и комплексы», ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия» (170904, Российская Федерация, Тверь, ул. Маршала Василевского (Сахарово), д. 7), кандидат технических наук, ya@melioratorbfl.ru.

Голубев Вячеслав Викторович, заведующий кафедрой «Технологические и транспортные машины и комплексы», ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия» (170904, Российская Федерация, Тверь, ул. Маршала Василевского (Сахарово), д. 7), доктор технических наук, профессор, профессор РАН, slavasddg@mail.ru.

About the authors:

Andrey V. Kudryavtsev, Associate Professor of the Department of Technological and Transport Machines and Complexes, Tver State Agricultural Academy (170904, Russian Federation, Tver Region, Tver, Marshal Vasilevsky (Sakharovo) St., 7), Candidate of Technical Sciences, akud@tvgsha.ru.

Filipp L. Blinov, Associate Professor of the Department of Technological and Transport Machines and Complexes, Tver State Agricultural Academy (170904, Russian Federation, Tver Region, Tver, Marshal Vasilevsky (Sakharovo) St., 7), Candidate of Technical Sciences, ya@melioratorbfl.ru.

Vyacheslav V. Golubev, Head of the Department of Technological and Transport Machines and Complexes, Tver State Agricultural Academy (170904, Russian Federation, Tver Region, Tver, Marshal Vasilevsky (Sakharovo) St., 7), Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Russian Academy of Sciences, slavasddg@mail.ru.

УДК 629.018

ПРОБЛЕМАТИКА ИСПЫТАНИЯ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ АВТОНОМНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ В АПК

А. Ю. Кульчев[1], В. К. Зимогорский[2]
[1]ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», г. Москва, Российская Федерация
[2]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *В статье рассматривается проблема развития сельскохозяйственных автономных мобильных роботов – отсутствие методов оценки эффективности и надёжности тормозных систем в реальных условиях эксплуатации. Проведен анализ современных типов тормозов (дисковых, барабанных, электромагнитных, рекуперативных, интегрированных), применяемых на мобильных роботах. Сформулирована научно-техническая задача по разработке новых принципов натурной диагностики, способной обеспечить достоверные сравнительные данные для инженеров-конструкторов.*
Ключевые слова: *автономные мобильные роботы, тормозные системы, полевые испытания, диагностика, надёжность, безопасность.*

THE PROBLEMS OF TESTING BRAKING SYSTEMS OF AUTONOMOUS MOBILE ROBOTS IN AGRICULTURE

A. Yu. Kulchev[1], V. K. Zimogorsky[2]
[1]Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation
[2]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article discusses the problem of the development of agricultural autonomous mobile robots – the lack of methods for evaluating the effectiveness and reliability of braking systems in real-world operating conditions. The analysis of modern types of brakes (disc brakes, drum brakes, electromagnetic brakes, regenerative brakes, integrated brakes) used on mobile robots is carried out. The scientific and technical task of developing new principles of field diagnostics capable of providing reliable comparative data for design engineers is formulated.*
Keywords: *autonomous mobile robots, braking systems, field tests, diagnostics, reliability, safety.*

Современный вектор развития тракторостроения определяется цифровой трансформацией сельского хозяйства и выражается в последовательном

переходе к созданию автономных мобильных роботов. Эти машины, представляющие собой гибрид механической части (шасси) и интеллектуальной киберфизической системы, призваны решать задачи в рамках концепций «умного» и точного земледелия [1-3]. Однако рост автономности и сложности функций кратно повышает требования к надёжности и безопасности всех подсистем, выводя на первый план вопросы их валидации в реальных условиях [4, 5]. Контроль в процессе производства оказывает существенное влияние на качество техники [6], но эксплуатация вносит свои коррективы [7, 8]. Существующие методы испытаний, включая полевые, разработанные для тракторов с оператором, сталкиваются с новыми методологическими вызовами при испытании систем полностью автономных роботов [9].

Особое место среди этих подсистем занимает тормозная система. Для автономных мобильных роботов, работающих на сложном рельефе, вблизи людей, инфраструктуры и других машин, способность к гарантированному, предсказуемому и стабильному торможению является не просто техническим параметром, а базовым условием функциональности и допуска к эксплуатации. При этом парадигма проектирования тормозов для автономных роботов существенно отличается от таковой для традиционной техники: на первый план выходят требования к интеграции с системами автоматического управления, точному дозированию усилия, энергоэффективности (вплоть до рекуперации энергии) и работе в условиях интенсивного загрязнения.

Существует фундаментальное противоречие: тормозные системы для автономных мобильных роботов проектируются и сертифицируются на основе методов, унаследованных от автомобиле- и тракторостроения, но эксплуатируются в принципиально новых, более жёстких и дифференцированных условиях. Это создаёт «серую зону» неопределённости, потенциально ведущую к отказам, неоптимальным конструкторским решениям и сдерживанию темпов внедрения агророботов.

Для автономных мобильных роботов сельскохозяйственного назначения применяется различные тормозные системы, каждая из которых обладает уникальным набором преимуществ и ограничений:

- Дисковые тормоза: стандарт для многих платформ. Преимущества – высокая стабильность момента, хороший теплоотвод, линейность управления. Ключевые полевые риски – абразивный износ от пыли и песка, загрязнение фрикционной пары, влияющее на коэффициент трения.
- Барабанные тормоза: часто применяются на тяжёлых или низкоскоростных платформах. Главное преимущество в полевых условиях – высокая защищённость от прямого попадания грязи и влаги. Основная проблема – склонность к перегреву и «провалу» эффективности при циклической работе из-за худшего теплоотвода, что критично на длинных склонах.
- Электромагнитные тормоза-замедлители: бесконтактные системы, перспективные для точного дозирования усилия. Их эффективность в поле напрямую зависит от системы охлаждения, так как вся кинетическая энергия преобразуется в тепло в роторе. Также они не обеспечивают полной остановки.

- Рекуперативное торможение: режим работы тягового электродвигателя, критически важный для повышения энергоэффективности. Однако его вклад в общее замедление сильно зависит от скорости, состояния аккумулятора и не может обеспечить финальную остановку, требуя обязательной комбинации с фрикционным тормозом.

- Интегрированные (планетарные) тормоза: компактные решения, работающие в масляной ванне редуктора. Их диагностика в полевых условиях крайне сложна, а износ ведёт к загрязнению масла, влияя на ресурс всего узла.

Эффективность каждой системы жестко подчиняется условиям эксплуатации и определяется не паспортными данными изделия, а совокупностью факторов «среда-режим»: тип и влажность грунта (определяет сцепление), уклон местности, температура окружающего воздуха, интенсивность и частота циклов торможения, уровень загрязнённости. Стационарный стенд, фиксирующий момент на сухом чистом барабане, не способен смоделировать эту совокупность.

Современные стандартизированные методики полевых испытаний тормозов сельхозтехники решают задачу контроля соответствия нормативу безопасности. Для разработки и отладки автономных мобильных роботов этого недостаточно. Необходимы методы, решающие задачи сравнительного инжиниринга и сбора данных:

1. Необходимость сравнительного анализа в идентичных условиях. Выбор между дисковым, барабанным или электромагнитным тормозом для конкретной платформы требует не просто проверки на соответствие ГОСТ, а сравнения их работы в одном и том же месте, на одном грунте, при одинаковых температурах и уклонах для получения объективных данных по износу, тепловым режимам, реакции на влажность. Проводить такие сравнения на полноразмерных опытных образцах разных роботов – крайне затратно и малорепрезентативно из-за различий в шасси.

2. Требование к воспроизводимости и детализации измерений. Стандартные испытания часто фиксируют интегральный результат (путь). Для обучения систем управления автономных мобильных роботов и прогноза остаточного ресурса необходимы высокочастотные данные о динамике изменения тормозного момента, температуры в зоне контакта в реальном времени, влиянии микропрофиля пути – параметры, которые на классических испытаниях часто не измеряются с нужной точностью.

3. Проблема тестирования гибридных и адаптивных систем состоит в том, как оценить вклад рекуперативного торможения в общий баланс на склоне и проверить алгоритм адаптивного распределения тормозного усилия между колесами на рыхлом грунте. Существующие методики не ориентированы на декомпозицию вклада подсистем и работу с электронными управляющими сигналами.

4. Экономическая и логистическая сложность. Проводить длительные ресурсные испытания или тесты в широком диапазоне условий (разный тип почвы, влажность, уклон) на дорогостоящем полноценном роботе-прототипе нерационально из-за его простоя и износа.

Следовательно, актуальной научно-технической задачей является развитие и стандартизация методов сравнительных натурных испытаний тормозных систем и их компонентов. Речь идет о создании методик и специализированных средств (мобильных испытательных стендов), позволяющих в полевых условиях с высокой степенью воспроизводимости и детализации данных испытывать не целый робот, а его ключевые подсистемы, прежде всего тормозные модули. Это позволит перенести значительную часть испытаний и доводки с этапа испытаний готового прототипа на более ранний, лабораторно-полевой этап проверки узлов, что ускорит цикл разработки и повысит её качество.

Решение этой проблемы открывает значительные перспективы для развития автотракторного машиностроения:

1. Появление достоверных данных о работе тормозов в поле станет основой для разработки новых, адаптированных к полевым условиях конструкций, включая гибридные и полностью электрические системы с интеллектуальным управлением.

2. Накопленный опыт позволит инициировать разработку новых отечественных стандартов и процедур сертификации тормозных систем для автономной техники.

3. Возникает потребность в создании специализированных полигонов и мобильных лабораторий, что само по себе является новым направлением для машиностроительных предприятий.

Формирования новых методов испытаний мобильных роботов является не только актуальной научно-технической задачей, но и образовательным вызовом. Работа над подобной комплексной задачей требует от будущих специалистов синтеза знаний из традиционных и новых дисциплин. Внедрение подобных междисциплинарных проектов в учебный процесс позволит готовить инженеров-интеграторов, способных формулировать и решать задачи на стыке областей знаний, что в полной мере соответствует запросу на опережающую подготовку кадров для цифровой трансформации агропромышленного комплекса и всей отечественной промышленности.

Проблема достоверной оценки тормозных систем автономных мобильных роботов для АПК вышла за рамки узкой инженерной задачи и стала значимым фактором, сдерживающим внедрение перспективных технологий.

Преодоление методологического разрыва между лабораторными и полевыми испытаниями является необходимым условием для обеспечения безопасности, надёжности и, как следствие, коммерческого успеха отечественных разработок в области сельскохозяйственной робототехники.

Решение лежит в плоскости создания новых методов и устройств для натурной диагностики и реализации воспроизводимых полевых испытаниях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кульчев, А. Ю. Ключевые технологии индустрии 4.0 в рамках цифровой трансформации сельскохозяйственной мелиорации / А. Ю. Кульчев, А. К. Боровая, Н. П. Попова // Мелиорация: история и современность :

Материалы международной научно-практической интернет-конференции, к 80-летию победы в Великой Отечественной войне и 100-летию ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова , Москва, 15 апреля 2025 года. – М. : Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, 2025. – С. 116-121. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2025.81.69.017.

2. 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.

3. Прокопов, М. А. Применение бесколлекторных двигателей в гидротехнике и мелиорации / М. А. Прокопов, А. Ю. Кульчев // Сельский механизатор. – 2025. – № 6. – С. 40-41. – DOI 10.47336/0131-7393-2025-6-40-41.

4. Научное и технологическое развитие комплексных мелиораций / Л. В. Кирейчева, Д. А. Рогачев, В. М. Яшин [и др.]. – М. : Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, 2025. – 230 с. – ISBN 978-5-907464-87-2. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2025.53.94.001.

5. 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.

6. 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.

7. Парлюк, Е. П. Управление инновационными рисками в отраслях продовольственного комплекса / Е. П. Парлюк // Международный технико-экономический журнал. – 2017. – № 1. – С. 33-38.

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. Цифровое сельское хозяйство: сельскохозяйственная техника и системы / М. А. Караваев, В. К. Зимогорский, Д. А. Беда, Н. Н. Пуляев // Наука в современных условиях: от идеи до внедрения : материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию Ульяновского государственного аграрного университета имени П. А. Столыпина, Ульяновск, 15 декабря 2022 года. – Ульяновск : Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, 2022. – С. 2466-2471.

Об авторах:

Кульчев Андрей Юрьевич, младший научный сотрудник, ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, к. 2), аспирант, andreikulchev@yandex.ru.

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), zimogorskij@rgau-msha.ru.

About the authors:

Andrey Yu. Kulchev, Junior research Assistant, Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, (127434, Russian Federation, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya street, 44/2), Postgraduate student, andreikulchev@yandex.ru.

Vladislav K. Zimogorsky, Assistant Professor 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.

УДК 629.366: 629.3.032.2: 629.3.052.9

ВИДЕОРЕГИСТРАЦИЯ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ

С. Н. Девянин, А. В. Куриленко, А. С. Гузалов
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Статья посвящена определению действительной скорости трактора видеорегистрацей опорной поверхности. В ней раскрыты основные количественные и качественные показатели, позволяющие говорить о том, что данный метод является перспективным.*
Ключевые слова: *действительная скорость, видеорегистрация, трактор, буксование.*

VIDEO RECORDING AS A PROSPECTIVE METHOD FOR DETERMINING THE ACTUAL SPEED

S. N. Devyanin, A. V. Kurilenko, A. S. Guzalov
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article is devoted to the determination of the actual speed of a tractor by means of a video recorder of the supporting surface. It reveals the main quantitative and qualitative indicators that allow us to say that this method is promising.*
Keywords: *actual speed, video recording, tractor, slipping.*

Существуют различные методы определения действительной скорости движения, такие как, использование мерного участка, метод, использующий в своей основе измерительное колесо, геопозиционный метод (GPS/Глонасс), метод использующий эффект Доплера, а также оптические методы, которые используют в своей основе фото или видеорегистрацию [1-3]. Если сравнить эти методы между собой по таким показателям как точность измерения, время измерения, возможность использования в процессе управления, перспективы дальнейшего развития, а также стоимость оборудования, то преимуществом по сравнению с представленными методами будут обладать оптические методы.

В статье предлагается рассмотреть метод, использующий видеорегистрацию поверхности (опорной), по которой движется трактор. Оптический датчик расположен на корпусе трактора и создан на базе серийно выпускаемого видеорегистратора.

В процессе движения трактора оптический датчик регистрирует перемещение опорной поверхности, которая попадает в объектив видеорегистратора, за тем используя методику, описанную в статье [4], в

результате компьютерной обработки данных рассчитывается действительная скорость движения трактора.

На базе ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева проводилась серия экспериментов на различных почвенных фонах таких как снег, стерня, поле под посев, асфальт, брусчатка, поверхность, покрытая водой и измерялась действительная скорость разработанным методом в диапазоне рабочих скоростей трактора до 15 км/ч с нагрузкой для определения буксования в процессе движения и без неё [5]. Полевой эксперимент показал, что действительную скорость движения на поверхности покрытой водой данным методом определить нельзя, во всех остальных случаях метод достаточно хорошо справлялся с поставленной задачей.

Для оценки точности результаты определения действительной скорости трактора видеорегистрацией опорной поверхности сравнивались с результатами, полученными с прибора ИСД 3.1 имеющего погрешность 0,1…0,2 % и внесенного в Госреестр № 75983-19.

Сопоставление результатов измерений действительной скорости по прибору ИСД 3.1 с результатами измерений по видеорегистратору по всем проведенным исследованиям на различных фонах опорной поверхности показали высокую достоверность результатов измерений, для которых во всех исследованиях коэффициент детерминации имел значения в диапазоне R^2 = 0,88…0,98. Значения коэффициента пропорциональности между результатами измерений предложенным способом и прибором находилось в диапазоне 0,9966…1,0083, т.е. его изменение было в пределах ±1 %. Среднее значение ошибки по всем результатам измерений составило $\Delta V_{ср}$ = 0,035 км/ч, максимальная ошибка, полученная в результате измерений, составила ΔV = 0,12 км/ч.

Скорость получения данных методом видеорегистрацией опорной поверхности зависит от частоты съёмки оптическим датчиком. Нами был использован датчик Sony IMX363, в котором частота опроса составляла 0,016 с.

Однако рассматриваемый метод чувствителен к виброускорениям видеорегистратора в следствие работы ДВС, проблема была решена использованием демпфирующего устройства, что позволило снизить виброускорения на регистраторе с 225 до 78 см/с^2, т.е. на 147 см/с^2 или в 2,9 раза. Данное значение виброускорения оказалось достаточным для корректной работы разработанного метода.

Стоимость оптического датчика соизмерима с ценой серийно выпускаемого видеорегистратора, что делает датчик доступным для массового применения. Однако, следует отметить, что оптические датчики чувствительны к грязи и пыли, но эти проблемы можно решить конструктивными мероприятиями.

Таким образом, оптический метод, использующий видеорегистрацию опорной поверхности, обладает достаточной для использования точностью измерения, малым временем измерения, возможностью использования в процессе управления, доступным по цене для массового применения, и поэтому перспективным для дальнейшего развития.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 30745-2001 (ИСО 789-9-90). Тракторы сельскохозяйственные. Определение тяговых показателей.

2. Арженовский, А. Г. Метод получения тяговой характеристики трактора в эксплуатационных условиях / А. Г. Арженовский, Д. С. Козлов, Н. А. Петрищев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2018. – № 12(5). – С. 25-30. – https://doi.org/10.22314/2073-7599-2018-12-5-25-30.

3. Галиуллин, Р. Р. К вопросу повышения точности определения координат машинно-тракторного агрегата информационно-навигационным оборудованием системы параллельного вождения / Р. Р. Галиуллин // Тракторы и сельхозмашины. – Том 89, № 4. – 2022. – С. 243-254.

4. Куриленко, А. В. Методика определения скорости трактора по видеонаблюдению / А. В. Куриленко // АгроЭкоИнженерия. – 2025. – № 3(124). – С. 120-133. – DOI 10.24412/2713-2641-2025-3124-120-132.

5. Результаты исследования определения действительной скорости тягово-транспортного средства по видеорегистрации / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, А. В. Куриленко [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2025. – Т. 17, № 3. – С. 90-96. – DOI 10.36508/RSATU.2025.56.71.012.

Об авторах:

Девянин Сергей Николаевич, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор, s.devyanin@rgau-msha.ru.

Куриленко Алексей Викторович, ассистент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, a.kurilenko@rgau-msha.ru.

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

About the authors:

Sergey N. Devyanin, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, Professor, s.devyanin@rgau-msha.ru.

Alexey V. Kurylenko, Assistant, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, a.kurilenko@rgau-msha.ru.

Artembek S. Guzalov, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, guzalov@rgau-msha.ru.

УДК 658

ПРЕИМУЩЕСТВА ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕМОНТНОГО ПРОФИЛЯ

Т. А. Левина
ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *В статье обозначены основные причины и предпосылки для принятия решения руководством о разработке и внедрении интегрированных систем менеджмента на ремонтном предприятии, а также определены преимущества ее внедрения.*
Ключевые слова: *интегрированная система менеджмента, агропромышленный комплекс, сельскохозяйственное машиностроение, ремонтные предприятия.*

ADVANTAGES OF IMPLEMENTING AN INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM IN REPAIR FIRMS

T. A. Levina
Moscow Polytechnic University, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article outlines the main reasons and prerequisites for the management's decision to develop and implement integrated management systems at a repair facility, as well as the benefits of its implementation.*
Keywords: *integrated management system, agro-industrial complex, agricultural engineering, and repair enterprises.*

Сельское хозяйство является ключевой отраслью экономики страны, которая обеспечивает продовольственную безопасность страны, занятость населения и экспортный потенциал. Для обеспечения роста отрасли важно состояние парка сельскохозяйственной техники, в связи с этим возрастает роль эффективной организации технического обслуживания и ремонта имеющейся техники. В связи с ускоренным развитием отечественного сельскохозяйственного машиностроения актуальными стали задачи не только повышения энергоемкости техники наравне с зарубежными аналогами [1, 2], но и вопросы обеспечения и улучшения качества выпускаемой и ремонтируемой продукции [3-6]. Если требования к контролю снижены, возникают риски и потери от брака, что отрицательно сказывается на экономике предприятиям [7-10].

Ряд авторов [11-14] считает, что технический сервис является одним из главных факторов, характеризующих эффективную систему

агропромышленного комплекса, поэтому его развитие должно быть предусмотрено в стратегии развития регионального сельского хозяйства. Важное значение, для обеспечения качественного ремонта и технического обслуживания техники, имеет эффективная организация управления на предприятии, с учетом всех необходимых требований к организациям данного типа. Для повышения конкурентоспособности и улучшения качества выполняемых работ предприятие должно создавать систему менеджмента, ориентированную на выявление требований всех заинтересованных сторон и повышение их удовлетворенности, упорядочение документации и процессов внутри организации.

В настоящее время сельскохозяйственные предприятия ремонтного профиля, обеспечивающие ремонт и техническое обслуживание техники в АПК, в основном представляют собой небольшие предприятия. Малые предприятия чаще разрабатывают и внедряют отдельные системы менеджмента, ориентированные на выполнение требований определенных стандартов. При создание интегрированной системы менеджмента (ИСМ) предприятия могут иметь определенные трудности при ее разработке и внедрении и поэтому неохотно идут на ее создание, но в перспективе комплексная система управления позволит оптимизировать все процессы организации и повысить их качество.

В связи с этим, актуальным вопросом является выявление и определение предпосылок и обоснование преимуществ построения интегрированной системы менеджмента (ИСМ) для сельскохозяйственного предприятия ремонтного профиля.

Для обоснования предпосылок и преимуществ внедрения ИСМ проводился анализ состояния отрасли АПК в части сельскохозяйственных предприятий ремонтного профиля, с использованием отдельных и комплексных методов сбора и обработки информации, теоретического и эмпирического исследования, анализа и синтеза.

В современном мире недостаточно закупить высокотехнологичное оборудование и сотрудников высокой квалификации для того, чтобы стать успешным предприятием отрасли. В связи с этим многие организации обращаются к внедрению стандартизированных систем менеджмента как универсальному средству комплексного решения широкого круга организационно-производственных задач. Однако одновременное внедрение нескольких стандартов нередко сопровождается рядом специфических затруднений, среди которых выделяются избыточность управленческих процедур, несогласованность стратегических целей отдельных подсистем менеджмента, формирование административных преград при выработке решений, трудности поддержания интегрированных систем в функционально эффективном состоянии. Одним из способов преодоления указанных препятствий является создание единой интегрированной системы менеджмента (ИСМ).

Необходимость формирования ИСМ может возникать под воздействием значительного числа факторов и предпосылок, которые принято разделять на две группы: внешние и внутренние (Рисунок 1).

Рисунок 1 – Внешние и внутренние предпосылки разработки и внедрения ИСМ в ремонтном предприятии

К внешним предпосылкам формирования интегрированной системы менеджмента на ремонтном предприятии можно отнести:

1. Необходимость соответствия требованиям стандартов – сертификаты на системы менеджмента включаются в состав документов, предоставляемых организациями для участия в конкурсах и программах, подтверждающих высокое качество продукции и услуг.

2. Ориентация на устойчивое развитие – оптимальное сочетание управленческих функций и объема делегируемых полномочий и других

инструментов, предлагаемых стандартами ИСО для систем менеджмента, позволяют значительно улучшить качество управления организацией.

3. Участие в тендерах и других конкурсных процедурах на выполнение ремонтных работ, оказание услуг часто предполагает наличие на предприятии сертифицированных отдельных систем менеджмента – их интегрирование может существенно снизить нагрузку на предприятие;

4. Подтверждение соответствия в контрактных ситуациях, возможности страхования, факторинга, кредитования и некоторые другие виды поддержки финансовыми институтами – требуют подтверждения стабильности организации и наличия сертифицированной ИСМ.

В свою очередь, к числу внутренних предпосылок разработки и внедрения ИСМ в ремонтных предприятиях АПК можно отнести:

1. Создание современной системы менеджмента качества;
2. Улучшение коммуникации внутри предприятия;
3. Минимизация рисков;
4. Необходимость оптимизировать затраты на формирование и развитие менеджмента за счёт устранения дублирующих процессов;
5. Повышение ответственности за качество труда;
6. Необходимость создания безопасной рабочей среды.

Вне зависимости от того, какая из перечисленных предпосылок выступит ключевой при принятии стратегического решения по разработке и внедрению ИСМ на ремонтном предприятии, его основой должна стать готовность руководства, под которой подразумевается выполнение лидерских функций на всех этапах реализации проекта по формированию ИСМ.

Основные положительные эффекты внедрения ИСМ на ремонтном предприятии:

1. Комплексное управление рисками – объединяя системы управления качеством, охраной труда, экологической безопасностью и др., ИСМ позволяет эффективно управлять всеми видами рисков.

2. Повышение удовлетворенности клиентов – единый подход к управлению позволяет обеспечивать стабильное качество оказываемых услуг, сокращать количество рекламаций и улучшать репутацию предприятия.

3. Сокращение административных расходов – за счет объединения дублирующихся функций и унификации документов снижается нагрузка на административные подразделения, уменьшается необходимость многократных проверок и согласований.

4. Соответствие международным стандартам – получение сертификата соответствия международным стандартам подтверждает высокий уровень управления предприятием и открывает доступ к крупным заказчикам и инвестиционным ресурсам.

5. Уменьшение количества несоответствий – единая база данных позволяет оперативно реагировать на отклонения, что способствует быстрому принятию решений и уменьшению числа нарушений.

6. Устойчивое развитие предприятия – стратегический подход к управлению различными аспектами деятельности создает основу для долгосрочной устойчивости предприятия, позволяя адаптироваться к изменениям рынка и регулирующим нормам.

7. Прозрачность и открытость – открытая коммуникационная среда внутри организации способствует формированию доверительных отношений между сотрудниками, руководством и партнерами, укрепляя внутреннюю дисциплину и мотивацию персонала.

8. Консолидация усилий всех служб – координация действий различных отделов и подразделений повышает общую эффективность предприятия, ускоряя процессы принятия решений и реализацию проектов.

Вывод

Таким образом, вне зависимости от того, по каким причинам руководство принимает решение по разработке ИСМ на ремонтном предприятии, ее внедрение будет способствовать достижению высоких показателей качества выполняемых работ и услуг, снижению финансовых и операционных рисков, повышению лояльности клиентов и укреплению имиджа предприятия на внутреннем и международном рынках.

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. 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.

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. Оценка качества процесса обработки опорных шеек распредвалов под ремонтный размер с помощью статистических инструментов контроля / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, П. В. Голиницкий [и др.] // Агроинженерия. – 2025. – Т. 27, № 6. – С. 75-81. – DOI 10.26897/2687-1149-2025-6-75-81.

6. 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.

7. 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.

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

9. Парлюк, Е. П. Управление инновационными рисками в отраслях продовольственного комплекса / Е. П. Парлюк // Международный технико-экономический журнал. – 2017. – № 1. – С. 33-38.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. Унификация технологических процессов ремонта автомобильной техники / О. Н. Дидманидзе, Л. Л. Зиманов, В. И. Карагодин, А. А. Солнцев // Транспортное дело России. – 2024. – № 2. – С. 203-206.

14. Чепурин, А. В. Организация фирменного сервиса отечественной сельскохозяйственной техники / А. В. Чепурин, Е. Л. Чепурина, Д. Л. Кушнарева // Сельский механизатор. – 2023. – № 4. – С. 40-43. – DOI 10.47336/0131-7393-2023-4-40-41-42-43.

Об авторе:

Левина Татьяна Анатольевна, заведующий кафедрой «Стандартизация, метрология и сертификация», ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет» (107023, Российская Федерация, Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38), кандидат экономических наук.

About the author:

Tatyana A. Levina, Head of the Department of Standardization, Metrology and Certification, Moscow Polytechnic University (107023, Russian Federation, Moscow, B. Semyonovskaya st., 38), Candidate of Economic Sciences.

УДК 004.896:621.313:629.025

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА РОБОТА-ПРОПОЛЬЩИКА

А. А. Лысаков, Г. В. Никитенко
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь, Российская Федерация

***Аннотация**. В статье представлены результаты исследования и разработки линейного электродвигателя для исполнительного механизма робота-пропольщика. Анализ способов уничтожения сорняков и вредителей, обзор приводных механизмов для удаления сорняков позволили разработать конструкцию линейного электродвигателя для исполнительного механизма робота-пропольщика. Также была разработана схема робота-пропольщика. Основным элементом конструкции являются два линейных электродвигателя, которые перемещаются в горизонтальной и вертикальной плоскости, и с очень высокой точностью позволяют уничтожать сорняки, не задевая культурные растения. Также рассмотрено моделирование влияния внешних факторов на ток якоря электродвигателя, угол и положение ротора, электродвижущую силу.*
***Ключевые слова:** линейный электродвигатель, робот-пропольщик, сорняк, прополка.*

IMPROVEMENT OF THE ROBOT-WEEDER'S ACTUATING MECHANISM

A. A. Lysakov, G. V. Nikitenko
Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russian Federation

***Abstract.** The article presents the results of research and development of a linear electric motor for the robot-weeder's actuating mechanism. The analysis of methods for eliminating weeds and pests, as well as a review of drive mechanisms for removing weeds, allowed for the development of a linear electric motor for the robot-weeder's actuating mechanism. A robot weeder has also been developed. The main element of the design is two linear electric motors that move in the horizontal and vertical planes, allowing for very precise removal of weeds without damaging cultivated plants. The model also considers the impact of external factors on the current of the electric motor's armature, the angle and position of the rotor, and the electromotive force.*
***Keywords:** linear electric motor, weeding robot, weed, weeding.*

Ежегодно заражение сорняками приводит к огромным потерям в сельскохозяйственном производстве во всем мире. Для борьбы с сорняками используется большое количество ручного труда и гербицидов. Однако, в

настоящее время растет спрос на продукты питания, выращенные без использования химических веществ. Также борьба с сорняками является одной из самых утомительных операций в сельском хозяйстве, требует больших затрат ручного труда, времени и сопровождается ошибками и усталостью человека при выполнении рутинных повторяющихся действий.

Все эти факторы, а также современные тренды, направленные на роботизацию и цифровизацию сельского хозяйства, делают проблему разработки агроробота актуальной [1, 2].

Научно-технический обзор способов уничтожения сорняков и вредителей сельскохозяйственных растений показал, что наиболее распространенными являются такие способы, как химические, механические, с применением электричества, магнетизма и излучений. Биологические способы являются менее распространенными. Наиболее безопасным способом остается механический способ удаления сорняков, при котором производится вырывание сорняка с корнями из почвы или разрезание и забивание сорняка под почву.

Обзор роботизированных устройств, применяемых для уничтожения сорняков и вредителей сельскохозяйственных растений показал, что такие роботы имеют корпус (шасси, раму), на котором установлены система управления и навигации, аккумуляторные батареи, система обнаружения и распознавания растений, колеса или гусеницы для перемещения, исполнительный механизм для уничтожения сорняков и вредителей сельскохозяйственных растений. В зависимости от способа уничтожения сорняков выбирается и конструкция робота. Если используется механическое удаление сорняков, то в конструкции предусматриваются приспособления типа ножей или ножниц. При использовании электрических и магнитных полей, а также лазерного луча, используются генераторы соответствующих излучений. При использовании точечного нанесения гербицидов на сорняки в конструкции робота используются емкости и дозаторы химикатов. Некоторые конструкции роботов имеют сменные модули для присоединения блока механического удаления сорняков или блока электрического или лазерного уничтожения сорняков. В последнем случае также оказывается негативное подавляющее воздействие на взрослые особи и личинок насекомых-вредителей [3].

Обзор приводных механизмов для удаления сорняков показал, что они могут приводиться в действие пневматической, гидравлической или электрической системой. Наиболее перспективными являются электрические двигатели, поскольку они имеют ряд преимуществ по сравнению с остальными – имеют меньшие массогабаритные параметры, обладают более высокой точностью регулировки. Однако, классические двигатели постоянного или переменного тока имеют вращающиеся части, которые увеличивают массу самого двигателя, что влияет на конечную массу агроробота [4].

Поэтому, для успешной борьбы с сорняками необходимо иметь привод, который является удобным в управлении, обладает высокой точностью, высокой скоростью перемещения, малой инерцией, с низким уровнем шума даже при максимальной скорости, с возможностью реализации малых рабочих ходов; не

содержит вращающихся частей, как двигатель постоянного или переменного тока. Таким приводом является линейный электрический двигатель.

В результате теоретических исследований разработана конструкция цилиндрического линейного электродвигателя для привода исполнительного механизма робота-пропольщика. По сравнению с классическими двигателями постоянного и переменного тока при одинаковой мощности линейный двигатель имеет меньшие габариты и массу, а также развивает большее усилие и обладает более высокой точностью.

Также разработана схема робота-пропольщика с манипулятором на основе линейного электрического двигателя, которая в настоящий момент не имеет аналогов среди агророботов. Схема агроробота представлена на Рисунке 1. Основным элементом конструкции являются два линейных электродвигателя (составные части которых обозначены 9-15), которые перемещаются в горизонтальной и вертикальной плоскости, и с очень высокой точностью позволяют уничтожать сорняки, не задевая культурные растения [5].

По сигналам системы управления агроробот двигается среди растений, система распознавания сорняков при помощи линейных двигателей наводит режущий инструмент над сорняком и уничтожает его. Все механизмы агроробота работают от аккумуляторных батарей, в перспективе возможно использование солнечных элементов для зарядки батарей.

Для моделирования работы исполнительного механизма робота-пропольщика в имитационной среде MATLAB/SIMULINK была создана модель. В модели рассматривается влияние внешних факторов на ток якоря электродвигателя, угол и положение ротора, электродвижущую силу [6, 7].

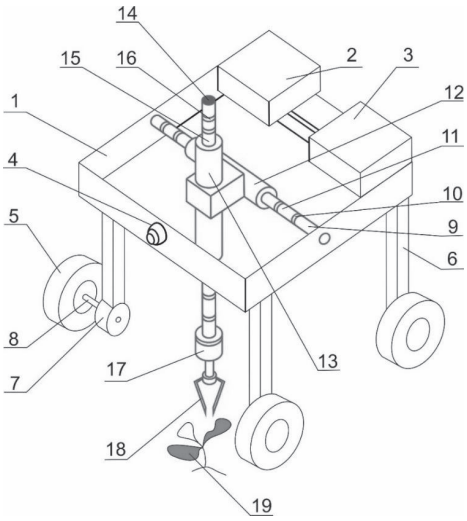


Рисунок 1 – Конструкция робота для уничтожения сорняков с линейным двигателем:
1 – рама; 2 – система управления и навигации; 3 – аккумуляторные батареи; 4 – система обнаружения и распознавания растений; 5 – колесо; 6 – стойка с поворотным механизмом; 7 – двигатель постоянного тока для привода колеса; 8 – вал колеса; 9 – неподвижный наборный якорь; 10, 15 – магнитные вставки; 11, 16 – немагнитные кольца; 12 – подвижный статор; 13 – неподвижный статор; 14 – подвижный наборный якорь; 17 – двигатель постоянного тока для привода режущего инструмента; 18 – режущий инструмент; 19 – сорняк

Модель контроля гистерезиса тока предназначена для получения ШИМ. Когда фактический ток *i* равен максимуму тока сравнения *i**, то сигнал ШИМ равен 0, и происходит закрытие устройства коммутации. Уменьшение тока обмотки *i* до минимума *i**, то сигнал ШИМ равен 1, и происходит открытие устройства коммутации и ток обмотка увеличивается.

Работа модели по получению сигнала ШИМ управляется моделью контроля гистерезиса тока (Рисунок 2), используя блок реле (Relay) для установления ширины гистерезиса HB.

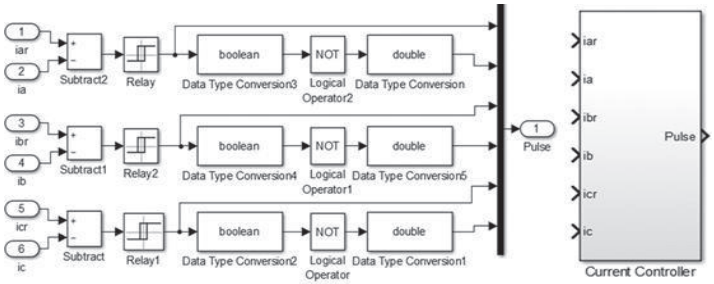


Рисунок 2 – Субблок и блок контроля гистерезиса тока

Функция преобразователя напряжения позволяет изменять напряжение аккумулятора до напряжения питания двигателя, с целью управления скоростью двигателя.

Модель преобразователя напряжения (Рисунок 3) содержит блок питания постоянного тока (DC Voltage Source) и универсальный мост (Universal Bridge), которые выбраны из библиотеки SimPowerSystems. Данная модель содержит 3 плеча силовых электронных устройств MOSFET, которые позволяют управлять трехфазным мостом бесколлекторного двигателя постоянного тока. Кроме того, данная модель содержит 3 блока измерения напряжения (Voltage).

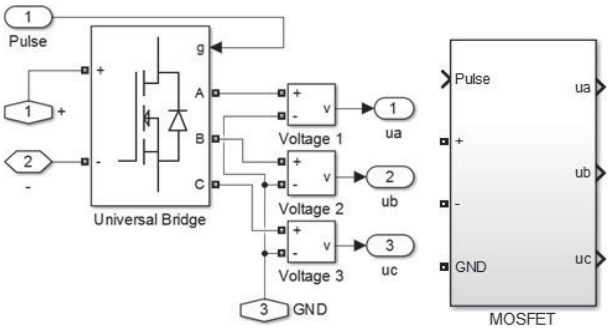


Рисунок 3 – Субблок и блок преобразователя напряжения

Результат моделирования электродвижущей силы в фазовых обмотках двигателя показан на Рисунке 4. Форма волны противодействующей

электродвижущей силы фазовых обмоток двигателя трапециевидная, разница фаз ЭДС равна 120°.

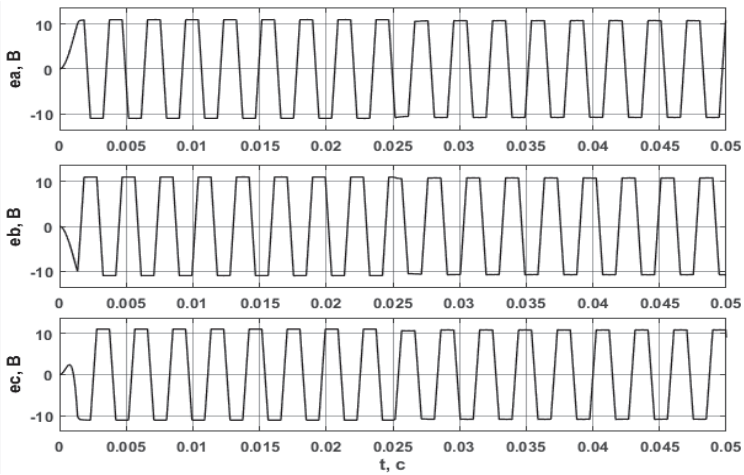


Рисунок 4 – График электродвижущей силы

Результат моделирования электромагнитного момента *M* показан на Рисунке 5. В первый момент просматривается резкий скачок электромагнитного момента. Когда момент нагрузки становится равен 0,05 Н·м по истечении *t* = 0,025 с, происходит стабилизация электромагнитного момента двигателя.

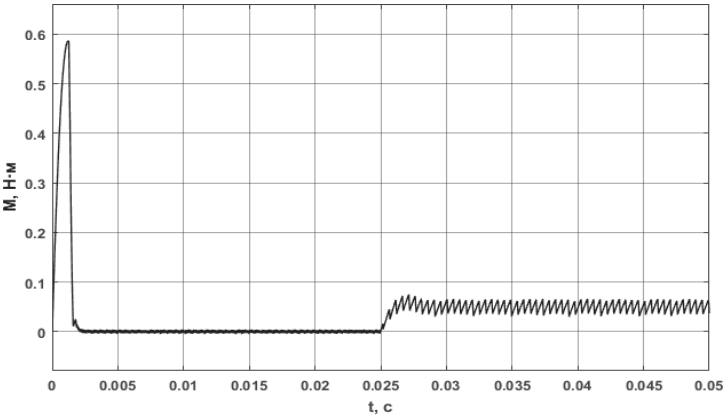


Рисунок 5 – График электромагнитного момента

Моделирование показало, что при выполнении исполнительным механизмом работы происходит стабилизация момента, а следовательно, мощности, как можно наблюдать на графиках.

Работа выполнена в рамках Соглашения о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий в соответствии с пунктом 4 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации «26» июня 2025 г., № 075-15-2025-591 (ИГК 0000000007525RQ50002), заключенного между ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ и Минобрнауки России в рамках реализации программы развития научного центра мирового уровня «Агроинженерия будущего».

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 имени К. А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.

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. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2020. – С. 11-19.

3. Никитенко, Г. В. Пропольщик с линейным электродвигателем / Г. В. Никитенко, А. А. Лысаков // Сельский механизатор. – 2021. – № 9. – С. 30-32.

4. Development of a weeding robot with tubular linear electric motors / A. A. Lysakov, G. V. Masyutina, A. T. Rostova, A. A. Eliseeva, V. F. Lubentsov // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. «Innovative Technologies in Agroindustrial, Forestry and Chemical Complexes and Environmental Management, ITAFCCEM 2021». – 2021. – С. 012063.

5. Патент № 2766888 C1 Российская Федерация, МПК A01M 21/02, A01B 39/18, B25J 5/00. Беспилотный робот-пропольщик : № 2021123506 : заявл. 06.08.2021 : опубл. 16.03.2022 / Г. В. Никитенко, А. А. Лысаков, Е. В. Коноплев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет».

6. Методика расчета магнитной системы осесимметричной цилиндрической модели синхронного генератора с двухконтурной магнитной системой / Г. В. Никитенко, И. В. Атанов, Е. В. Коноплев, А. А. Лысаков // Электротехника. – 2022. – № 7. – С. 23-27. – DOI 10.53891/00135860_2022_7_23.

7. Моделирование магнитных полей устройства магнитной обработки клубней и корнеплодов / А. А. Лысаков, Г. В. Никитенко, В. А. Гринченко, А. В. Бобрышев // Сельский механизатор. – 2022. – № 6. – С. 32-33.

Об авторах:

Лысаков Александр Александрович, доцент, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (355017, Российская Федерация, Ставропольский край, Ставрополь, Зоотехнический пер., д. 12), кандидат технических наук, s_lysakov@mail.ru.

Никитенко Геннадий Владимирович, заведующий кафедрой электрооборудования и энергообеспечения АПК, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (355017, Российская Федерация, Ставропольский край, Ставрополь, Зоотехнический пер., д. 12), доктор технических наук, профессор, nikitenko_gv@mail.ru.

About the authors:

Alexander A. Lysakov, Associate Professor, Stavropol State Agrarian University (355017, Russian Federation, Stavropol region, Stavropol, Zootechnichesky per., 12), Candidate of Technical Sciences, s_lysakov@mail.ru.

Gennady V. Nikitenko, Head of the Department of Electrical Equipment and Power Supply for the Agro-Industrial Complex, Stavropol State Agrarian University (355017, Russian Federation, Stavropol region, Stavropol, Zootechnichesky per., 12), Doctor of Technical Sciences, Professor, nikitenko_gv@mail.ru.

УДК 004.032.26

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ

А. С. А. Мутхана, Е. В. Ляпунцова
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *В статье анализируются проблемы диагностики болезней растений, связанные с поздним выявлением и трудоемкостью традиционных методов. Рассматриваются современные подходы на основе искусственного интеллекта и компьютерного зрения, включая сверточные нейронные сети и методы передачи обучения. Подчеркивается значимость отбора и сжатия признаков для повышения эффективности и интерпретируемости моделей. Предлагаются направления развития: доменно-осмысленная предобработка изображений и многозадачные архитектуры, что способствует повышению точности, переносимости и компактности решений для полевых условий.*
Ключевые слова: *искусственный интеллект, машинное обучение, болезни растений, компьютерное зрение, сверточные нейронные сети.*

APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHODS FOR IDENTIFYING PLANT DISEASES

A. S. A. Muthana, E. V. Lyapuntsova
National University of Science and Technology «MISIS», Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article analyzes the problems of diagnosing plant diseases associated with late detection and the labor-intensive nature of traditional methods. Modern approaches based on artificial intelligence and computer vision are examined, including convolutional neural networks and transfer learning techniques. The importance of feature selection and compression for improving the efficiency and interpretability of models is emphasized. Directions for further development are proposed, such as domain-specific image preprocessing and multitask architectures, which contribute to enhancing the accuracy, portability, and compactness of solutions for field conditions.*
Keywords: *artificial intelligence, machine learning, plant diseases, computer vision, convolutional neural networks.*

Сельскохозяйственная отрасль является опорой экономики многих стран; для значительной доли домохозяйств в слаборазвитых государствах это основной источник дохода [1]. При этом сектор уязвим перед болезнями и вредителями растений, последствия которых могут быть катастрофическими для фермеров и национальных экономик [2-5]. Ключевая трудность диагностики и

лечения состоит в запоздалом выявлении: симптомы нередко фиксируются уже на развитых стадиях, когда меры защиты дороже и менее эффективны. Дополнительный фактор – пространственная протяженность посевов: большие фермы не позволяют полагаться на невооруженный глаз и традиционные методы осмотра [6]. На фоне ожидаемого роста населения планеты сельскому хозяйству требуется одновременно нарастить объемы и темпы производства. Болезни способны полностью подорвать производительность, приводя к угрозам продовольственной безопасности: по оценкам, вредители и заболевания ежегодно уничтожают 20…40 % мирового урожая культур [7].

Поражения чаще всего проявляются на листьях – наиболее «видимой» части растения. Традиционные лабораторные методы (например, экстракция ДНК и полимеразная цепная реакция, ПЦР) обеспечивают высокую точность, но остаются дорогими и трудоемкими при массовой проверке больших выборок. Следовательно, необходимо предложить методологию, доступную практикующим агрономам и фермерам для оперативного выявления и классификации болезней на основе образов.

Искусственный интеллект (ИИ) уже демонстрирует значимый эффект в ряде отраслей – здравоохранении, транспорте, производстве и сельском хозяйстве [8-10], причем в агросекторе темпы внедрения особенно высоки [11]. ИИ позволяет повышать урожайность, сокращать использование пестицидов и оптимизировать ресурсы [12]. В задаче раннего обнаружения болезней по изображениям листьев это выражается в ускоренной и стандартизованной диагностике: применение ML/DL повышает общую эффективность, улучшает устойчивость агросистем и снижает экологический след. Распространение ИИ обусловило широкое принятие машинного обучения для диагностики болезней растений [13], что в перспективе позволит вытеснять исключительно лабораторные процессы в пользу комбинированных полевых/цифровых схем.

В компьютерном зрении (CV) за последнее десятилетие для распознавания болезней использовались как классические алгоритмы (KNN, искусственные нейронные сети, Random Forest, SVM), так и их комбинации [7-9]. Эти подходы опираются на наборы вручную задаваемых (hand-crafted) признаков: матрицы совместной встречаемости уровней серого (GLCM, SGLDM), векторы цветовой когерентности (CCV), матрицы совпадения цвета (CCM), цветовые моменты, локальные бинарные шаблоны (LBP), гистограммы цвета и др. [10-13]. Однако инженерия таких признаков трудоемка, чувствительна к условиям съемки (освещение, фон, окклюзии), а дискриминативность ограничена.

Сверточные нейронные сети (CNN) продемонстрировали превосходство как в извлечении признаков, так и в конечной классификации, обеспечивая более высокие показатели по сравнению с hand-crafted-признаками. Тем не менее современные CNN-семейства (MobileNetV2, GoogLeNet, AlexNet, DenseNet, ResNet) часто ресурсоемки и ориентированы на крупные датасеты. Передача обучения (transfer learning, TL) смягчает эти ограничения – сокращает время обучения, повышает качество и уменьшает потребность в больших объемах разметки. Эффективным оказался и гибридный прием: использовать CNN как экстрактор, а поверх – «поверхностный» классификатор (например, SVM или

XGBoost), сочетая преимущества глубинных представлений и простоты финального решателя. При этом глубокие векторы признаков могут быть избыточными: без отбора или понижения размерности растут вычислительные затраты и риск переобучения, особенно в задачах с высокой размерностью и малым числом наблюдений (типичные для агродомена несбалансированные наборы, биоинформатика и т. п.). Поэтому важны методы отбора и сжатия признаков – фильтры, обертки и встроенные процедуры, повышающие интерпретируемость и снижающие стоимость вычислений.

Несмотря на успешность CNN в распознавании заболеваний растений, сохраняются вызовы: тонкие, малоконтрастные симптомы, схожесть визуальных паттернов у разных болезней, вариативность фона и освещения, а также требования к компактности моделей для полевых/облачных сценариев. Это мотивирует дальнейшие исследования по двум направлениям: (i) доменно-осмысленная предобработка сигнала, которая подчеркивает физиологически релевантные аспекты изображения (например, использование индекса зелени ExG для подавления влияния фона и усиления хлорофилл-связанных признаков), и (ii) постановка задачи в многозадачном формате («вид + болезнь»), выступающая как естественная регуляризация признакового пространства. В сочетании с TL и аккуратным отбором признаков такая стратегия позволяет одновременно повысить точность, улучшить переносимость на реальные условия съемки и сдержать сложность моделей – что и определяет мотивацию настоящего исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.

2. Muthana, A. S. (2025). Leaf disease recognition using deep learning methods / A. S. Muthana, E. V. Lyapuntsova // Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science. – 2025. – No. 33(4). – Pp. 361-373.

3. Traditional and current-prospective methods of agricultural plant diseases detection: A review / A. Khakimov, I. Salakhutdinov, A. Omolikov, S. Utaganov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – DOI 10.1088/1755-1315/951/1/012002.

4. Recognition and segmentation model of tomato leaf diseases based on deconvolution-guiding / S. Ren, F. Jia, X. Gu, P. Yuan, W. Xue, H. Xu // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, - 2020. – Vol. 36, No. 12. – DOI 10.11975/j.issn.1002-6819.2020.12.023.

5. Strange, R. Plant Disease: A Threat to Global Food Security / R. Strange, P. Scott // Annu Rev Phytopathol. – 2005. – Vol. 43. – Pp. 83-116. – DOI 10.1146/annurev.phyto.43.113004.133839.

6. Advanced methods of plant disease detection. A review / F. Martinelli [et al.] // Agron Sustain Dev. – 2015. – Vol. 35, No. 1. – Pp. 1-25.

7. Non-invasive plant disease diagnostics enabled by smartphone-based fingerprinting of leaf volatiles / Z. Li [et al.] // Nat Plants. – 2019. – Vol. 5, No. 8. – Pp. 856-866.

8. Deep Learning-Based Pedestrian Detection in Autonomous Vehicles: Substantial Issues and Challenges / S. Iftikhar, Z. Zhang, M. Asim, A. Muthanna, A. Koucheryavy, A. A. Abd El-Latif // Electronics (Basel). – 2022. – Vol. 11, No. 21. – Pp. 3551.

9. Classification Framework for Medical Diagnosis of Brain Tumor with an Effective Hybrid Transfer Learning Model / N. A. Samee // Diagnostics. – 2022. – Vol. 12, No. 10. – Pp. 2541.

10. An efficient deep learning approach for colon cancer detection / A. S. Sakr, N. F. Soliman, M. S. Al-Gaashani, P. Pławiak, A. A. Ateya, M. Hammad // Applied Sciences. – 2022. – Vol. 12, No. 17. – Pp. 8450.

11. Data-driven artificial intelligence applications for sustainable precision agriculture / M. T. Linaza [et al.] // Agronomy. – 2021. – Vol. 11, No. 6. – Pp. 1227.

12. Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimization of irrigation and application of pesticides and herbicides / T. Talaviya, D. Shah, N. Patel [et al.] // Artificial Intelligence in Agriculture. – 2020. – Vol. 4. – Pp. 58-73.

13. Jackulin, C. A comprehensive review on detection of plant disease using machine learning and deep learning approaches / C. Jackulin, S. Murugavalli // Measurement: Sensors. – 2022. – Vol. 24. – Pp. 100441. – DOI 10.1016/j.measen.2022.100441.

Об авторах:

Мутхана Али Салем Али, аспирант, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет „МИСИС“» (119049, Российская Федерация, Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1), m2112648@edu.misis.ru.

Ляпунцова Елена Вячеславовна, профессор, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет „МИСИС“» (119049, Российская Федерация, Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1), доктор технических наук, liapuntsova.ev@misis.ru.

About the authors:

Ali S. A. Muthana, Postgraduate student, National University of Science and Technology «MISIS» (119049, Russian Federation, Moscow, Leninsky Prospekt, 4, building 1), m2112648@edu.misis.ru.

Elena V. Lyapuntsova, Professor, National University of Science and Technology «MISIS» (119049, Russian Federation, Moscow, Leninsky Prospekt, 4, building 1), Doctor of Technical Sciences, liapuntsova.ev@misis.ru.

УДК 377

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ ЭТАПОВ СДАЧИ ЭКЗАМЕНОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ УДОСТОВЕРЕНИЯ ТРАКТОРИСТА-МАШИНИСТА В ОРГАНАХ ГОСТЕХНАДЗОРА

Н. А. Майстренко[1], Д. К. Останин[2]
[1]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация
[2]Объединение административно-технических инспекций города Москвы (ОАТИ), г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *В статье рассматривается состояние экзаменационного процесса по сдаче экзаменов на право управления самоходной техникой с целью получения удостоверения тракториста-машиниста в Российской Федерации в 2026 году. Описывается нормативная база, организация предоставления и получения госуслуги, требования к кандидатам, структура теоретического и практического экзаменов. Проведен анализ используемых методов оценки сдачи экзаменов на право управления самоходной техники, а также даны рекомендации по векторам их совершенствования и цифровизации, в целях снижения нагрузки как на экзаменуемых, так и на государственных инженеров-инспекторов гостехнадзора, а также путей повышения «прозрачности процесса» и объективности результатов.*
Ключевые слова: *гостехнадзор, удостоверение тракториста-машиниста, сдача экзаменов на право управления, цифровая трансформация экзамена.*

DIGITALIZATION OF ASSESSMENT OF STAGES OF EXAMINATION AT RECEIVING CERTIFICATE OF TRACTORIST-MASHINIST IN BODIES OF GOSTETHNADZOR

N. A. Maistrenko[a], D. K. Ostanin[b]
[a]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation
[b]Association of Administrative and Technical Inspections of the City of Moscow (OATI), Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article examines the state of the examination process for passing exams for the right to drive self-propelled machinery in order to obtain a tractor driver's license in the Russian Federation in 2026. It describes the regulatory framework, the organization of providing and receiving public services, the requirements for candidates, and the structure of the theoretical and practical exams. The article analyzes the methods used to assess the passing of exams for the right to drive self-propelled machinery, and provides recommendations for improving and digitalizing*

these methods in order to reduce the workload for both the examinees and the state engineers and inspectors of the State Technical Supervision Service, as well as to increase the transparency of the process and the objectivity of the results.
Keywords: *State Technical Supervision, tractor driver's license, driving license exams, digital transformation of the exam.*

Введение

Сельское хозяйство Российской Федерации является полностью механизированным [1, 2]. Реализация процессов производства продукции растениеводства непосредственно связано с эксплуатацией мобильных машинно-тракторных агрегатов [3-5]. На сегодняшний день в составе машинно-тракторных агрегатов применяют различные по мощности и тяговому классу энергетические средства (тракторы), которые существенно отличаются друг от друга по эргономике, потребительским свойствам и др. Допуск к управлению различными тракторами при выполнении механизированных и других видов работ регламентирован и требует от человека определённых знаний, навыков и умений с соответствующим медицинским заключением [6, 7].

Процесс сдачи экзаменов на право управления самоходной техникой в Российской Федерации остается организованным и единообразным на федеральном уровне, который представляет собой двухэтапную систему экзаменов (теоретическая и практическая часть), что гарантирует надежный отбор специалистов для этих стратегических отраслей (сельское хозяйство 4…5 % ВВП, строительство 6…7 % ВВП, добыча полезных ископаемых 10…12 % ВВП, лесная промышленность 1…2 % ВВП, транспорт и логистика, коммунальное хозяйство и иное), составляющих 30…35 % экономики страны. При этом недостаточно активно развивается цифровизация контроля за процессом сдачи экзаменов, основную работу по оценке сдачи экзаменов, а также их обработке осуществляют непосредственно государственные инженеры-инспекторы региональных инспекций Гостехнадзора.

Цель исследований – определить пути повышения цифровой трансформации процессов сдачи экзаменов на право управления самоходными машинами и прицепов к ним.

Методы исследований – анализ и синтез обработки обзорной информации.

Научная новизна и актуальность темы: внедрение методов цифровизации и искусственного интеллекта в процесс сдачи.

Результаты исследований. Нормативная база и общие принципы

Процесс приема экзаменов и выдачи удостоверений тракториста-машиниста (удостоверений на право управления самоходными машинами) относится к государственной услуге, регламентированной Правительством РФ и административными регламентами субъектов. На практике это означает единые базовые правила по всей стране, но с детализацией процедур на уровне региональных инспекций Гостехнадзора.

Основные принципы организации экзаменационного процесса включают:

- обязательность предварительного обучения в лицензированных организациях;

- разделение экзамена на теоретический и практический этапы с последовательным допуском;
- документальное оформление каждого действия (протоколы экзаменов, решения о выдаче или отказе в выдаче удостоверения).

Организация предоставления государственной услуги

Государственная услуга по приему экзаменов и выдаче удостоверений оказывается инспекциями Гостехнадзора субъектов РФ, при этом общие правила закреплены в соответствующем постановлении Правительства РФ. Срок предоставления услуги по итогам успешной сдачи экзаменов обычно не превышает 10 рабочих дней со дня регистрации заявления.

Подать заявление на получение удостоверения тракториста-машиниста можно:

- непосредственно в инспекцию Гостехнадзора по месту жительства;
- через многофункциональные центры или в электронном виде с использованием порталов госуслуг (федерального или региональных).

Результатом предоставления услуги становится выдача удостоверения тракториста-машиниста, либо мотивированный отказ в предоставлении услуги.

Требования к кандидатам и документам

К сдаче экзаменов допускаются граждане, прошедшие обучение по соответствующей программе подготовки трактористов-машинистов и имеющие необходимый возраст и медицинские допуски. Обучение проводится в лицензированных учебных центрах и включает теоретическую и практическую подготовку с установленным объемом часов (в среднем от 150 до 400 часов в зависимости от категории).

Для допуска к экзамену заявитель обычно должен представить:

- документ, удостоверяющий личность;
- действующее медицинское заключение установленной формы;
- свидетельство (диплом, сертификат) об окончании обучения в лицензированном учебном центре;
- заявление установленного образца и фотографии;
- при необходимости дополнительные документы (выписки из протоколов, документы о ранее полученных категориях, при замене или возврате удостоверении и иное).

Основаниями для отказа в предоставлении услуги и допуске к экзаменам служат:

- неполный комплект документов или их оформление с нарушениями;
- недостоверность или искажения в сведениях;
- отсутствие необходимых правовых оснований (например, ранее уже выданное удостоверение на ту же категорию без оснований для его замены).

Структура и содержание экзамена

Экзамены на право управления самоходной техникой состоят из теоретической и практической части, причем к практике допускаются только кандидаты, успешно сдавшие теорию. Теоретический этап проводится, как правило, с использованием тестирования, что повышает объективность оценивания.

Теоретический экзамен включает:

- проверку знаний безопасной эксплуатации самоходных машин (правила технической эксплуатации, охрана труда, техника безопасности);
- проверку знаний правил дорожного движения применительно к управлению самоходными машинами, в том числе внедорожными;
- по отдельным категориям (например, сельскохозяйственная техника, категория «F») – дополнительные вопросы по эксплуатации специального оборудования.

Практический экзамен проводится на специально оборудованных площадках учебных центров или Гостехнадзора, как правило, на той технике, на которой проходило обучение. В ходе практики кандидат демонстрирует:

- навыки управления самоходной машиной (трогание, остановка, маневрирование, работа с навесным оборудованием);
- соблюдение требований безопасной эксплуатации и правил дорожного движения в условиях площадки;
- умение учитывать габариты и центр тяжести конкретной техники.

Экзаменационные результаты фиксируются в протоколе приема экзаменов, который является основанием для последующей выдачи удостоверения или отказа.

Повторная сдача и особенности регулирования

Для кандидатов установлены конкретные сроки и порядок повторной сдачи: не сдавший теоретический экзамен не допускается к практике и может пересдать теорию не ранее чем через 7 дней. Аналогичный минимальный интервал установлен и для повторной сдачи практического экзамена.

Если кандидат подряд три раза не сдал практический экзамен, к следующей попытке он допускается только после повторного прохождения обучения практическим навыкам управления самоходными машинами с представлением соответствующей справки из учебной организации. Это дисциплинирует процесс подготовки и мотивирует к полноценному освоению практических навыков.

Отдельной особенностью последних лет является дифференцированный подход к отдельным категориям граждан:

- лица, уже имеющие водительские права категорий B, C или D, могут освобождаться от сдачи экзамена по ПДД в рамках экзамена на тракторные права;
- для новых территорий РФ до 1 января 2027 года действуют специальные нормы, позволяющие выдавать удостоверения тракториста-машиниста без сдачи экзаменов при соблюдении определенных условий.

Вывод

Система приема экзаменов на право управления самоходной техникой в Российской Федерации выстроена логичным и оптимизированным процессом, регулируемым Федеральным законодательством, а двухэтапная структура и обязательная подготовка обеспечивают квалифицированных трактористов-машинистов для ключевых отраслей экономики – сельского хозяйства, строительства и добычи, составляющих треть ВВП. При этом отсутствует

отлаженная цифровизация, которая смогла бы повысить удобство, скорость и объективность всех процессов ввиду сохраняющегося человеческого фактора, уменьшение влияния которого требует шагов к автоматизации.

Предлагаемые меры по цифровизации:

- Автоматизация теоретического экзамена

Переход на ИИ-адаптивные тесты с компьютерным зрением для контроля (распознавание плагиата, биометрия). ИИ генерирует персонализированные вопросы по безопасности, ПДД и специфике категорий, выдавая результаты мгновенно с детальным протоколом.

- Цифровизация практического экзамена

Установка сенсоров (камеры 360°, лидары, телеметрия) на площадках и технике. Внедрение ИИ в анализ маневров, траекторий, соблюдение безопасности в реальном времени, формируя объективную оценку действий экзаменуемого.

- Обработка результатов и выдача удостоверений

Блокчейн-платформа для автоматической верификации документов, протоколов и помощи для оформления удостоверений тракториста-машиниста по итогам экзамена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скороходов, А. Н. Моделирование и оптимизация параметров и режимов работы посевных комбинированных комплексов по критериям ресурсосбережения / А. Н. Скороходов, А. Г. Левшин, Н. А. Майстренко // Доклады ТСХА, Москва, 06-08 декабря 2018 года. Выпуск 291, Часть 2. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2019. – С. 147-153.

2. Палиивец, М. С. Взаимное влияние в арматурных элементах и узлах напорных водоводов / М. С. Палиивец. – Saarbrucken, Deutschland : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 216 с. – ISBN 978-3-659-43590-4.

3. Луханин, В. А. Повышение равномерности внесения минеральных удобрений оптимизацией параметров дозаторов, направителей и центробежных распределителей : автореферат дис. … канд. техн. наук : 05.20.01 / Луханин Владимир Александрович. – Зерноград, 2012. – 19 с.

4. Предложения о внесении изменений в федеральный регистр технологий производства продукции растениеводства (систему технологий) с учетом 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.

5. Планирование и организация эксперимента / А. Г. Левшин, А. А. Левшин, А. Е. Бутузов, Н. А. Майстренко. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2016. – 65 с.

6. Приказ Минсельхоза России от 10.10.2022 № 679 «Об утверждении Инструкции о порядке применения Правил допуска к управлению самоходными

машинами и выдачи удостоверений тракториста-машиниста (тракториста)» (Зарегистрировано в Минюсте России 17.01.2023 №72020).

7. Перевозчикова, Н. В. Опыт подготовки водителей погрузчиков, машинистов экскаваторов и машинистов бульдозеров / Н. В. Перевозчикова, С. Ю. Дрямов, Т. В. Жигалина // Сельский механизатор. – 2024. – № 12. – С. 39-41. – DOI 10.47336/0131-7393-2024-12-39-40-41.

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.

Останин Дмитрий Константинович, главный государственный инженер-инспектор гостехнадзора, Объединение административно-технических инспекций города Москвы (119019, Российская Федерация, Москва, ул. Новый Арбат, д. 21), ostanin-dima@mail.ru.

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.

Dmitry K. Ostanin, Chief State Engineer-Inspector of the State Technical Supervision Service, Association of Administrative and Technical Inspections of the City of Moscow (119019, Russian Federation, Moscow, Novy Arbat Street, 21), ostanin-dima@mail.ru.

УДК 621.43.016

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ И ВОДЫ В ДВИГАТЕЛЕ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

И. Х. Матякубов[1], П. Т. Бердимуратов[2], Н. В. Перевозчикова[3]
[1]Ташкентский Международный Университет Кимё, г. Ташкент, Узбекистан
[2]Национальный исследовательский университет «ТИИИМСХ», г. Ташкент, Узбекистан
[3]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *В статье исследовано влияние механических примесей и воды, содержащихся в моторных маслах и рабочей среде двигателей внутреннего сгорания на их эксплуатационные и технико-экономические показатели. Рассмотрены основные источники загрязнения масел, включая запыленность окружающей среды, процессы износа деталей, атмосферные осадки и конденсацию влаги. Проанализированы механизмы проникновения твердых частиц и воды в систему смазки, а также их воздействие на процессы трения, износа и коррозии элементов двигателя.*
Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания, моторное масло, механические примеси, вода в масле, износ деталей, абразивный износ, коррозия, запыленность воздуха, система смазки, фильтрация, эксплуатационная надежность, ресурс двигателя.*

THE EFFECT OF MECHANICAL IMPURITIES AND WATER IN THE ENGINE ON PERFORMANCE

I. Kh. Matyakubov[a], P. T. Berdimuratov[b], N. V. Perevozchikova[c]
[a]Kimyo International University in Tashkent, Tashkent, Uzbekistan
[b]National Research University «TIIAME», Tashkent, Uzbekistan
[c]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article examines the influence of mechanical impurities and water contained in motor oils and the working medium of internal combustion engines on their operational and technical-economic indicators. The main sources of oil pollution, including environmental dust, wear processes of parts, atmospheric precipitation, and moisture condensation, are examined. The mechanisms of solid particles and water penetration into the lubrication system, as well as their influence on the friction, wear, and corrosion processes of engine elements, were analyzed.*
Keywords: *internal combustion engine, motor oil, mechanical impurities, water in oil, wear of parts, abrasive wear, corrosion, air dust, lubrication system, filtration, operational reliability, engine life.*

В мире на сегодняшний день в развитии сельского хозяйства большое значение придается периодичности замены моторных масел [1, 2].

В Постановлении Президента Республики Узбекистан от 12.12.2024 г. № ПП-431 «О мерах по дальнейшему повышению уровня механизации сельского хозяйства» поставлен ряд задач по широкому внедрению современных агротехнологий в сельском хозяйстве, поэтапной полной механизации посева, выращивания и уборки урожая сельскохозяйственных культур, повышению уровня сервисного обслуживания (инспекции технического состояния и ремонта) сельскохозяйственной техники в аграрном секторе и развитию технологической базы сервисных мастерских, ввозу зарубежной техники и технологий, а также их эффективному и экономичному использованию [3].

Механические примеси существенно влияют на техническое состояние двигателя. Образование этих примесей может быть обусловлено несколькими причинами: атмосферной пылью и осадками, использованием грязной тары при транспортировке, розливе и хранении, образованием продуктов износа во время работы двигателя и явлениями конденсации, что приводит к постоянному увеличению количества этих примесей в масле [4, 5].

Механические примеси приводят к закупорке маслопроводов и фильтра, изменению температурного режима цилиндропоршневой группы, абразивному износу деталей двигателя и ускорению процесса окисления.

Нормальная работа любой машины и срок службы ее агрегатов и узлов в какой-то мере зависят от климатических условий окружающей среды.

Если температура стенки картера достигает 100 °С, значит, нагрев находящихся в нем масел и смазочных материалов приводит к их быстрому окислению и старению [6, 7].

Интенсивный износ масел в двигателе приводит к интенсивному износу трущихся деталей за счет «абразивной пасты», образованной твердыми частицами пыли с смолистыми веществами на рабочей поверхности внутренних стенок и на дне картера. Все перечисленные факторы приводят к снижению эффективности машины [8, 9].

Таблица 1 – Численная оценка запыленности масел, используемых в двигателях тракторов

Время использования двигателя, моточасы	Размер частицы, мкм									
	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-25	25 и более
120	40	69	77	83	68	53	39	35	25	11
	8,0	13,8	15,4	16,6	13,6	10,6	7,8	7,0	5,0	2,2
240	38	48	64	81	68	47	45	42	43	24
	7,6	9,6	12,8	16,2	13,6	9,4	9,0	8,4	8,6	4,8

Примечание: в верхней строке – количество грязи, в нижней строке – значение в %.

Запыленность воздуха. Влияние пыли окружающей среды на эксплуатационные характеристики машин очень велико. Концентрация пыли в воздухе непостоянна. Она зависит от погодных условий, то есть от силы и

направления ветра, времени года, расположения производственной зоны, местоположения района и других факторов.

Постоянная жара и очень небольшое количество осадков приводят к значительному увеличению количества пыли в воздухе. Процесс опыления усиливается за счет подъема твердых отложений на поверхности почвы в результате разрушения (измельчения) в результате движения транспортных средств.

Средняя запыленность на полях Ташкента и его окрестностей (1 $см^3$ количество частиц пыли в воздухе) составляет 137 (летом) и 77 (зимой) в городе и 23 (летом) 20 (зимой) в окрестностях города. Запыленность дорог в летние месяцы достигает 1500…2000 $мг/м^3$. В хлопководческих районах достигает 3500 $мг/м^3$. В открытом поле при песчаном ветре количество запыленного воздуха достигает 17000 $мг/м^3$. В солончаковых районах дорожная пыль содержит определенное количество солей, которые приводят не только к абразивному износу деталей, но и к сильному коррозионному износу.

Исследования, проведенные У. Икрамовым, показывают, что удаление от поверхности земли приводит к уменьшению количества пыли в воздухе (Таблица 2).

Таблица 2 – Количество загрязнений от поверхности почвы, %

Расстояние от поверхности почвы, см	Оксид кремния 2, %	Оксид алюминия, железо и другие элементы, %	Различные элементы карбоната, %
15	20…25	60…70	10…15
45	30…35	55…65	5…10
65	50…60	40…45	5

Анализ лабораторных данных Института геологии АН УзССР по определению минерально-дисперсного состава пыли приведен в Таблице 3.

Таблица 3 – Определение минерально-дисперсного состава пыли, %

Высота подъема над уровнем почвы, см	Размер частицы, мм						
	0,6 и более	0,25	0,25… 0,10	0,10… 0,05	0,05… 0,01	0,01… 0,005	0,005 и меньше
15	1,24	3,36	5,12	10,05	54,77	18.30	7,16
45		2,20	3,29	5,74	41,55	38,29	8,93
65			1,93	3,19	28,72	47,19	18,97

Как видно из Таблицы 3, пыль может свободно проходить через любой зазор между шарниром и соединением (от 0,005 до 0,90 мм).

Интенсивность износа при работе двигателя на песчаной почве в 1,6 раза выше, чем на лесной, так как содержание частиц кварца в лесной почве на 20…25 % меньше, чем в песчаной (Таблица 4).

Таблица 4 – Интенсивность износа двигателя в зависимости от условий работы

Грунт	Среднее содержание частиц кварца в почве, %	Диаметральный износ верхней части цилиндра, мкм	Интенсивный износ по сравнению с лесными почвами, %
Песчаный	92-98	1409	160
Супесчаная	80-90	118	134
Лесная	65-75	88	100

Размер и устойчивость пылевого облака в значительной степени зависят от скорости машины, силы и направления ветра, а также состава почвы. Например: при концентрации пыли в воздухе 2,0 г/м^3 (в лесной почве) фильтр очистки воздуха трактора должен очищать от 5…6 кг пыли в течение 10 часов работы, в таких условиях фильтр необходимо промывать каждые 3…4 часа работы [4].

Можно сказать, что даже в системах очистки современной техники от высокозапыленного воздуха определенное количество пылевых частиц проникает внутрь цилиндра и загрязняет масло в системе смазки, что приводит к износу деталей. В зависимости от результатов работ увеличение механических примесей в моторном масле с 0,5 до 0,8 % увеличивает скорость износа верхних поршневых колец более чем в 2 раза.

Характер и интенсивность износа отдельных деталей зависят от того, как пыль поступает в двигатель. Если пыль попадает в двигатель вместе с топливной смесью, то верхняя часть гильзы блока цилиндров изнашивается. Если пыль попадает в картер вместе с моторным маслом через маслозаправочную горловину или через другие неплотные части картера, то гильза изнашивается по всей длине. Если частицы пыли и кварца одновременно поступают в картер через воздушный фильтр и неплотную часть картера, интенсивность износа в верхней части гильз цилиндров будет высокой.

Твердые частицы, содержащиеся в пыли, оказывают значительное влияние на сердечник коленчатого вала и шатунные шейки. Износ сердечника коленчатого вала и шатунных шеек двигателя, проработавшего 100 моточасов в технически чистом воздухе, не превышает 10…13 мкм, а при запыленности 2…3 г/м на входе в воздухоочистительный фильтр износ шеек коленчатого вала составляет 90…100 мкм.

Вода в масле может находиться в двух состояниях – крупном или свободном (более 100 мкм) и частичном или растворенном. Крупная вода частично отделяется фильтром и отстойником, но растворенная вода постоянно циркулирует в двигателе, ускоряя процесс окисления масла. В результате ускоряется коррозионный износ деталей.

Наиболее серьезной из этих причин является вымывание присадок, в результате чего масло теряет свои свойства.

Согласно исследованиям, при ввозе моторных масел в нефтехозяйство содержание воды в них увеличивается с 0,02 % до 0,04 %, а в период хранения – с 0,04 % до 0,09 %. Одной из основных причин обводнения свежего масла может быть конденсация влаги в воздухе и выпадение дождевой воды при хранении на

открытом воздухе. Известно, что содержание воды в масле не должно превышать 0,025 %, но во время обработки масла содержание воды в нем колеблется от 0,50 % до 0,81 %. Наличие воды в масле приводит к увеличению износа нижней части цилиндра в 4…5 раз, а компрессионных колец – в 2…2,5 раза при работе при низких температурах.

Заключение

Резко меняющийся климат Узбекистана и условия высокой запыленности приводят к резкому увеличению количества воды и механических примесей, что, в свою очередь, приводит к преждевременному выходу из нормы вязкости, коррозионной стойкости, окислительной стойкости, моющих и других свойств используемых моторных масел, ускоряет износ двигателя. Поэтому разработка устройств, предотвращающих образование воды в моторных маслах в процессе работы двигателя и обоснование их параметров необходима и требует дальнейших теоретических и практических исследований.

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 имени 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. Постановление Президента Республики Узбекистан от 12.12.2024 г. № ПП-431 «О мерах по дальнейшему повышению уровня механизации сельского хозяйства» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://lex.uz/docs/7261013.

4. Дидманидзе, О. Н. Способы оценки технического состояния ЦПГ двигателя / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, А. И. Сучков // Чтения академика В. Н. Болтинского, Москва, 25-26 января 2022 года. Часть 2. – М. : ООО «Сам полиграфист», 2022. – С. 7-19.

5. 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.

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. 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. 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.

9. 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 имени К. А. Тимирязева, 2022. – С. 15-21.

Об авторах:

Матякубов Икром Хужабаевич, старший преподаватель кафедры энергетики и прикладных наук, Ташкентский Международный Университет Кимё (ТМУК), (100121, Узбекистан, Ташкент, ул. Шота Руставели, д. 156), i.matyakubov@kiut.uz.

Бердимуратов Парахат Таджимуратович, заведующий кафедрой управления инженерных систем, Национальный исследовательский университет Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (100000, Узбекистан, Ташкент, Мирзо-Улугбекский район, ул. Кары Ниязий, д. 39), доктор философии по техническим наукам, доцент, p.berdimuratov@tiiame.uz.

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:

Ikrom Kh. Matyakubov, Senior Lecturer at the Department of Energy and Applied Sciences, Tashkent International University Kimyo (TMUK), (100121, Uzbekistan, Tashkent, Shota Rustaveli str., 156), i.matyakubov@kiut.uz.

Parakhat T. Berdimuratov, Head of the Department of Management of Engineering Systems, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers (100000, Uzbekistan, Tashkent, Mirzo-Ulugbek district, Kary Niyaziy St., 39), Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, p.berdimuratov@tiiame.uz.

Natalia 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.

УДК 631.1

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ АССИМИЛЯЦИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ КОМПОНЕНТОВ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ АПК

Е. П. Парлюк[1], А. И. Новиченко[2], Е. И. Гречкин[3]
[1]ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» г. Москва, Российская Федерация
[2]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация
[3]ООО «Газпром ПХГ», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *В условиях усложнения технологических процессов в агропромышленном комплексе и возрастающей потребности в устойчивом управлении ресурсами актуализируется разработка концепции многоуровневых цифровых двойников (ЦД) организационно-технологических систем. Предлагаемый подход обеспечивает глубокую интеграцию физических объектов, поведенческих моделей процессов и управленческих решений в единый кибер-физический контур. Это позволяет реализовать оперативное, тактическое и стратегическое планирование, основанное на данных, для рационального распределения водных, минеральных, энергетических и трудовых ресурсов. Внедрение такой системы способствует минимизации рисков, повышению адаптивности производства и достижению значительного экономического эффекта за счет снижения непроизводительных потерь.*
Ключевые слова: *цифровые двойники, ассимиляция данных, имитационное моделирование, оптимизация производственных процессов, кибер-физические системы, мультиагентное моделирование, устойчивое природообустройство, ресурсная эффективность.*

DEVELOPMENT OF THE ASSIMILATION CONCEPT OF DIGITAL DOUBLE COMPONENTS OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF THE AGRICULTURAL SECTOR

E. P. Parlyuk[a], A. I. Novichenko[b], E. I. Grechkin[c]
[a]Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation
[b]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation
[c]Gazprom PHG LLC, Moscow, Russian Federation

Abstract. *In the context of the complexity of technological processes in the agro-industrial complex and the increasing need for sustainable resource management, the development of the concept of multi-level digital twins (DT) of organizational and technological systems is becoming increasingly important. The proposed approach provides for the deep integration of physical objects, behavioral models of processes, and management decisions into a single cyber-physical loop. This allows for the implementation of data-driven operational, tactical, and strategic planning for the rational allocation of water, mineral, energy, and labor resources. The implementation of such a system helps to minimize risks, increase production adaptability, and achieve significant economic benefits by reducing unproductive losses.*
Keywords: *digital twins, data assimilation, simulation modeling, optimization of production processes, cyber-physical systems, multi-agent modeling, sustainable environmental management, and resource efficiency.*

Введение

Современное природообустройство и агропромышленное производство сталкиваются с комплексом взаимосвязанных вызовов: изменчивость климатических условий, необходимость рационализации расходования ограниченных ресурсов (воды, энергии, удобрений), повышение требований к экологической устойчивости и экономической эффективности. Традиционные подходы к планированию и управлению, основанные на статических моделях и эмпирическом опыте, не способны обеспечить требуемую гибкость и точность в условиях высокой динамики и неопределенности. Цифровая трансформация отрасли предполагает переход к управлению, основанному на данных и прогнозных моделях. В этом контексте концепция цифровых двойников (Digital Twins) переходит из области теоретических исследований в плоскость практических решений для сложных организационно-технологических систем (ОТС). Цифровой двойник – это не просто цифровая копия объекта, а динамическая, самообучающаяся виртуальная модель, связанная со своим физическим прототипом двусторонним потоком данных в режиме, близком к реальному времени. В рамках задач природообустройства такие двойники позволяют осуществлять сквозную аналитику – от мониторинга состояния почвы и посевов на уровне поля до оптимизации логистических цепочек и стратегического распределения инвестиций. Многоуровневая архитектура ЦД позволяет декомпозировать сложную задачу управления ресурсами на иерархические подзадачи (оперативные, тактические, стратегические), обеспечивая согласованность решений на всех этапах производственного цикла.

Теоретико-методологическая основа концепции

Концепция многокомпонентных ассимилируемых цифровых двойников (MCADT) базируется на синтезе нескольких современных научных направлений и методологий:

1. Кибер-физические системы (КФС): концепция MCADT является развитием принципов КФС, где акцент смещается с простой связи физического и вычислительного компонентов на создание цифровой тени (Digital Shadow) и ее эволюцию в полноценного цифрового двойника, способного не только

отражать, но и предсказывать состояния системы, а также предлагать управляющие воздействия.

2. Системный подход и теория сложных систем: организационно-технологическая система в природообустройстве рассматривается как сложная адаптивная система, состоящая из множества взаимосвязанных и взаимодействующих элементов (техника, биологические объекты, люди, потоки ресурсов). Для ее моделирования применяются графовые теории (для описания структурных связей и потоков) и методологии системной динамики (SD) (для анализа причинно-следственных связей и долгосрочных трендов) и дискретно-событийного моделирования (DES) (для детального анализа технологических операций и логистики).

3. Ассимиляция данных (Data Assimilation): это ключевой методологический элемент, заимствованный из наук о Земле и численного прогнозирования. В контексте MCADT ассимиляция данных – это процесс интеграции разнородных потоков наблюдательных данных (с датчиков IoT, дронов, спутников) с прогнозами математических моделей для получения наиболее точной и непротиворечивой оценки текущего и будущего состояния системы. Используются методы ансамблевого фильтра Калмана (Ensemble Kalman Filter) и его вариации, оптимальные для нелинейных моделей.

4. Мультиагентное моделирование (Multi-Agent Systems, MAS): для координации множества цифровых двойников подсистем (двойник поля, двойник техники, двойник логистического узла) применяется мультиагентный подход. Каждый агент-двойник обладает автономией, преследует свои цели (например, максимизация урожайности для агента-поля, минимизация холостого пробега для агента-техники) и взаимодействует с другими агентами через общую среду (рынок ресурсов, общая инфраструктура). Это позволяет моделировать децентрализованное принятие решений и находить глобально-оптимальные распределения ресурсов через механизмы кооперации или конкурентного взаимодействия.

5. Машинное обучение и оптимизация: методы обучения с подкреплением (Reinforcement Learning) используются для автономной настройки стратегий управления агентами в изменяющейся среде. Многокритериальная оптимизация (например, методы на основе Парето-фронта) позволяет находить компромиссные решения между конфликтующими целями (максимальная урожайность vs минимальный расход воды).

Архитектура и структура предлагаемой концепции MCADT

Предлагаемая архитектура представляет собой четырехуровневую иерархическую структуру, обеспечивающую сквозную интеграцию данных, моделей и управляющих воздействий (Рисунок 1).

Уровень 1: Управляющий и интерфейсный уровень (Management & Interface Layer).

На этом уровне формируются конкретные директивы для физической системы на основе результатов работы платформы:

- Интеллектуальные контроллеры: автоматически генерируют команды для систем точного орошения, автопилота техники, систем дозирования.

- Ситуационные центры и панели управления (Dashboards): предоставляют персоналу визуализированную аналитику в реальном времени, сигналы тревоги, рекомендации к действию.
- Стратегические системы поддержки принятия решений (DSS): предоставляют руководству долгосрочные прогнозы, оценку экономической эффективности различных сценариев развития.

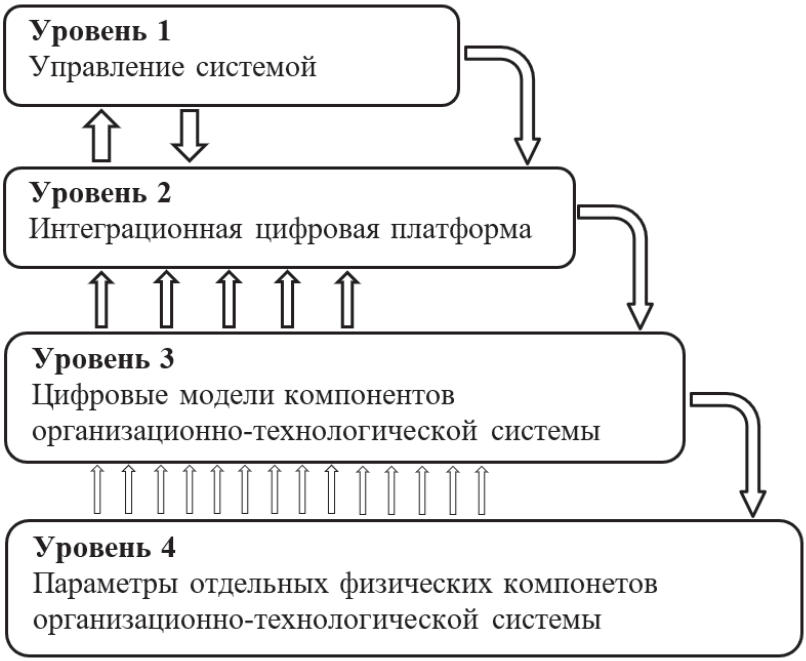


Рисунок 1 – Общая структура ассимиляционной архитектуры цифровых двойников компонентов организационно-технологической системы

Поток данных в архитектуре является замкнутым циклом: от физических объектов через платформу ассимиляции к управляющим воздействиям и обратно к объектам, создавая основу для непрерывного адаптивного управления.

Уровень 2: Интеграционная цифровая платформа (Integration & Assimilation Platform). Это ядро системы, «мозговой центр». Оно выполняет ключевые функции:

- Сбор и агрегация гетерогенных данных из всех источников Уровня 1.
- Хранилище моделей цифровых двойников Уровня 2.
- Механизм ассимиляции данных: выполняет процедуры согласования наблюдательных данных с прогнозами моделей, обновляя состояния всех цифровых двойников.

- Мультиагентная среда: обеспечивает взаимодействие, коммуникацию и координацию между агентами-двойниками. Здесь происходят «торги» за ресурсы (вода, время работы техники), согласование планов.

- Сервисы симуляции и анализа сценариев («Что-если»): позволяют проводить прогнозные расчеты для различных стратегий управления и внешних условий.

Уровень 3: Уровень цифровых двойников компонентов организационно-технологической системы (Component Digital Twins Layer).

На этом уровне создаются и функционируют частные цифровые двойники отдельных элементов и подсистем:

- Двойник поля/посева: агрономическая модель, учитывающая состояние почвы, фазу развития культуры, данные NDVI, прогноз погоды. Ассимилирует данные с датчиков влажности почвы, метеостанций.

- Двойник технологической единицы (техники): модель, отражающая состояние, местоположение, загрузку, расход топлива, график ТО конкретной машины.

- Двойник мелиоративного узла: гидравлическая модель оросительной системы, прогнозирующая водораспределение и эффективность.

- Двойник логистического звена: модель, оптимизирующая маршруты перемещения техники, транспортировки урожая или ресурсов.

- Двойник управленческого процесса: модель, формализующая бизнес-правила, регламенты, потоки утверждений и принятия решений.

Уровень 4: Физическая система (Physical Layer).

Это объекты реального мира: сельскохозяйственные угодья, мелиоративные системы (оросительные каналы, насосные станции), парк техники и оборудования, хранилища, персонал, погодные условия. Данные с этого уровня собираются через сеть сенсоров (IoT), средства дистанционного зондирования (спутники, БПЛА), GPS-трекеры, данные из систем учета (ERP) и контроля производства (MES).

Научная новизна и ожидаемые эффекты

Научная новизна заключается не в создании отдельных цифровых двойников, а в разработке целостной концепции их системной интеграции и динамической координации через механизмы ассимиляции данных и мультиагентного взаимодействия. Предлагается переход от изолированных «точечных» ЦД к экосистеме взаимодействующих цифровых двойников (Digital Twin Ecosystem), способной эмерджентно решать комплексные задачи распределения ресурсов.

Внедрение концепции MCADT обеспечит следующие эффекты:

- Технологические: повышение точности и своевременности управленческих решений за счет прогнозно-прескриптивной аналитики. Автоматизация рутинных операций планирования.

- Экономические: снижение прямых затрат на ресурсы (вода – до 20…30 %, удобрения, ГСМ) за счет прецизионного применения. Снижение косвенных потерь от простоев и неоптимальной логистики. Повышение урожайности и качества продукции.

- Организационные: повышение прозрачности и скоординированности работы всех звеньев производственно-логистической цепочки. Формирование цифровой культуры принятия решений.

- Экологические: минимизация антропогенной нагрузки за счет рационального использования техники, удобрений и воды, снижение углеродного следа.

Заключение

Разработанная концепция многокомпонентных ассимилируемых цифровых двойников представляет собой научно-методологический фундамент для перехода к «умному» и устойчивому природообустройству. Она позволяет трансформировать агропромышленный комплекс в кибер-физическую систему, способную к самонастройке и адаптации в условиях неопределенности. Практическая реализация концепции требует решения задач по стандартизации интерфейсов, обеспечению кибербезопасности и развитию цифровых компетенций персонала. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку специализированных алгоритмов ассимиляции для агропромышленных моделей и создание эталонных архитектурных решений для интеграционных платформ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Digital Twin in Industry: State-of-the-Art / F. Tao [et al.] // IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2018.

2. Grieves, M. Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication / M. Grieves // White Paper. – 2014.

3. Менеджмент научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для сельскохозяйственного производства / А. Л. Эйдис, Е. П. Парлюк, А. В. Шарапова, А. В. Шарапова. – Москва : МГУП Костякова, 2016. – 180 с.

4. Van der Merwe, K. Data Assimilation in Agricultural Systems: A Case Study of Sugarcane / K. Van der Merwe // Computers and Electronics in Agriculture, 2021.

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. : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2022. – С. 15-21.

6. 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.

7. Информационные системы управления производственной компанией: учебное пособие / И. Б. Тесленко, Д. В. Виноградов, А. М. Губернаторов [и др.]. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2018. – 116 с.

8. Лобейко, И. В. Цифровая трансформация на транспорте в АПК / И. В. Лобейко // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации : материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград. – 2023. – Том III. – С. 21-26.

9. Логика функционирования информационных процессов в аграрной интеллектуальной системе / В. К. Каличкин, Р. А. Корякин [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 9. – С. 91-95.

10. Механизмы принятия управленческих решений в области цифровизации производственных процессов промышленного предприятия / Е. Л. Макарова, А. А. Фирсова [и др.] // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. – 2023. – № 3. – С. 299-306.

11. 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.

12. Стрижакова, Е. А. Современные цифровые тенденции развития аграрного сектора / Е. А. Стрижакова // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий : материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград. – 2023. – Т. II. – С. 320-325.

Об авторах:

Парлюк Екатерина Петровна, профессор, ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (105005, Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Басманный, ул. 2-я Бауманская, д. 5, с. 1), доктор технических наук, профессор.

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

Гречкин Евгений Иванович, ведущий специалист, ООО «Газпром ПХГ» (196105, Российская Федерация, Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Московская застава, Московский пр., д. 139, корп. 1, стр. 1).

About the authors:

Ekaterina P. Parlyuk, Professor, Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya Street, 5, Building 1), Doctor of Technical Sciences, Professor.

Anton I. Novichenko, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, novichenko@rgau-msha.ru.

Evgeny I. Grechkin, Leading Specialist, Gazprom PHG LLC (196105, Russian Federation, St. Petersburg, Moscow Zastava Municipal District, Moskovsky Prospekt, 139, Building 1, Building 1).

УДК 620.19

КИНЕТИКА ДВУХФАЗНОЙ ЗОНЫ КОРРОЗИИ ЖЕЛЕЗА

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

Аннотация. *В статье рассматривается проблема коррозии металлов, которая приводит к их разрушению и наносит значительный экономический и экологический ущерб. Описаны физико-химические процессы, происходящие в межфазной области, и предложены новые подходы к моделированию коррозионных повреждений с использованием методов химической кинетики. Основное внимание уделено разработке математической модели, учитывающей неоднородность среды и влияние различных факторов на скорость коррозии.*
Ключевые слова: *коррозия металлов, химическая кинетика, математическое моделирование, межфазная область, гетерогенные среды.*

KINETICS OF THE TWO-PHASE CORROSION ZONE OF IRON

A. E. Pavlov
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article addresses the problem of metal corrosion, which leads to their destruction and causes significant economic and environmental damage. It describes the physicochemical processes occurring in the interfacial area and proposes new approaches to modeling corrosion damage using chemical kinetics methods. The main focus is on developing a mathematical model that accounts for the heterogeneity of the medium and the influence of various factors on corrosion rates.*
Keywords: *metal corrosion, chemical kinetics, mathematical modeling, interfacial area, heterogeneous media.*

Коррозия металлов – явление, способное привести к их полному разрушению. Металлы взаимодействуют со средой, представляющей химическую опасность. В ходе коррозионного процесса формируется область шероховатости. Коррозия наносит экономический и экологический ущерб, поэтому проблеме изучения коррозии всегда уделялось большое внимание, начиная ещё с первой конференции 1934 года по коррозии металлов [1]. Для изучения физико-химических процессов используются разнообразные методы исследования: от изощрённых математических до дорогостоящих электронно-микроскопических. Межфазную область представляется как фрактальная поверхность [2]. Механизм процесса коррозии довольно сложный, поэтому, в

основном, методы его описания являются эмпирическими. Они основываются на интерполяции полученных экспериментальных зависимостей.

Актуальным является разработка новых подходов для описания и прогнозирования коррозионных повреждений металлов. Представляется приемлемым рассмотрение многофазной системы в приближении усреднённого континуума. Значительных успехов добились учёные в химической физике, описывая химические реакции дифференциальными уравнениями. Основной задачей химической кинетики является измерение и расчёт скоростей реакций и построение кинетических кривых, то есть зависимостей концентраций реагирующих веществ и продуктов реакций от времени. В настоящей работе предлагается, опираясь на первопринципы, изучение межфазной области методами химической кинетики. Стехиометрическое уравнение химической реакции кислородной коррозии железа в воде имеет вид:

$$4Fe + 3O_2 + 6H_2O = 4Fe(OH)_3.$$

Образующийся в результате электрохимического окисления гидроксид железа называется ржавчиной.

Основной постулат химической кинетики был сформулирован К. Гульдбергом и П. Вааге [3] в результате наблюдений за химическими реакциями, протекающими между газами, либо при слиянии растворов, то есть для гомогенных сред, когда все компоненты находятся в одинаковом агрегатном состоянии. Скорость химической реакции пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ – газа и жидкости, возведённых в степени, равные соответствующим стехиометрическим коэффициентам. Скорость реакции равна числу актов реакции за секунду в единичном объёме. Опираясь на кинетический закон действующих масс, составим систему дифференциальных уравнений химической кинетики для объёмных плотностей реагентов [Fe], [O_2], [H_2O] и продукта реакции [$Fe(OH)_3$]. Проблема состоит в том, что межфазная область не является гомогенной, она неоднородная. Реагенты и продукты находятся в разных фазах. Увеличение поверхности раздела фаз приводит к росту числа актов столкновений молекул, к увеличению скорости химических превращений.

Построение математической модели межфазной среды наталкивается на существенные трудности. Физически представляется весьма сложной попытка записи уравнений переноса массы, энергии, энтропии; составлении начальных и граничных условий, не говоря уже о получении решений и их дальнейшем анализе. Более реалистическим является рассмотрение межфазной зоны в приближении усреднённых континуумов, что применяется, например, в теоретических задачах металлургии для описания кристаллизации слитков металлов [4]. Для описания гетерогенной среды перспективна схема её представления в виде эффективной непрерывной среды с помощью некоторого интегрального преобразования. Тогда получается, что каждая из фаз равномерно распределена в некотором объёме и представляется сплошной. Характерный объём ячейки усреднения следует выбрать так, чтобы, с одной стороны, он был достаточно велик по сравнению с размером молекул, чтобы можно было пренебречь их индивидуальным поведением, а с другой стороны, достаточно мал

по сравнению с объёмом описываемой коррозионной среды. В итоге, среда представляется непрерывной и можно, для описания кинетики коррозии, применить аппарат дифференциального исчисления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Труды первой конференции по коррозии металлов. 30 мая – 3 июня 1934 г. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1935. – 842 с.

2. Фрактальные характеристики поверхности стали / С. М. Гайдар, А. Е. Павлов, А. М. Пикина, О. М. Лапсарь, А. С. Барчукова // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2023. – № 8. – С. 19-24.

3. Пригожин, И. Введение в термодинамику необратимых процессов / И. Пригожин. – М. : Изд-во ин. лит-ры, 1960.

4. Журавлёв, В. А. Термодинамика необратимых процессов в задачах и решениях / В. А. Журавлёв. – М. : Наука, 1979.

Об авторе:

Павлов Александр Егорович, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор физико-математических наук, доцент, pavlov@rgau-msha.ru.

About the author:

Alexander E. Pavlov, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Physics and Mathematics, Associate Professor, pavlov@rgau-msha.ru.

УДК 631.372

ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Н. В. Перевозчикова, Ф. М. Амархил
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Рассмотрены современные тенденции, включая сочетание двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с электрическими приводами и возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ), такими как солнечные панели и биогазовые установки. Проведен анализ ключевых архитектур гибридных силовых установок.*
Ключевые слова: *гибридные энергетические системы, агропромышленный комплекс, возобновляемые источники энергии, гибридный трактор, энергоэффективность, экономическая эффективность, экологическая устойчивость, общая стоимость владения.*

APPLICATION OF HYBRID ENERGY SYSTEMS IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

N. V. Perevozchikova, F. M. Amarhil
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Current trends are considered, including the combination of internal combustion engines (ICE) with electric drives and renewable energy sources (RES), such as solar panels and biogas plants. The analysis of key architectures of hybrid power plants is carried out.*
Keywords: *hybrid energy systems, agro-industrial complex, renewable energy sources, hybrid tractor, energy efficiency, economic efficiency, environmental sustainability, total cost of ownership.*

С ростом цен на ископаемое топливо, ужесточением экологических норм и необходимостью повышения производительности труда для обеспечения продовольственной безопасности, становится очевидным, что нужны инновационные решения. Большинство сельскохозяйственных машин по-прежнему работают на дизельных двигателях, которые наносят значительный ущерб окружающей среде. В этом контексте электрификация и гибридизация техники становятся важными направлениями в развитии отрасли. Гибридный энергетический комплекс (ГЭК) представляет собой систему, которая объединяет различные источники энергии, такие как электрическая и тепловая, в рамках одного технологического процесса.

Цель этой статьи – провести комплексный анализ технологических, экономических и экологических аспектов создания и внедрения гибридных энергетических систем в агропромышленном комплексе. Технологические основы гибридных систем в агропромышленном комплексе затрагивают как мобильную технику, такую как тракторы и комбайны, так и стационарные энергетические комплексы.

Основная идея заключается в том, чтобы объединить разные источники энергии. Это помогает оптимизировать рабочие процессы, повысить эффективность и уменьшить зависимость от одного типа топлива. Такой подход не только делает работу техники более надежной, но и способствует более устойчивому развитию агросектора.

Архитектуры гибридных силовых установок. Когда речь идет о гибридных приводах, особенно в сфере сельхозмашиностроения, существует три основных типа: последовательный, параллельный и последовательно-параллельный.

Последовательная схема: в этом варианте дизельный двигатель вращает генератор, который вырабатывает электроэнергию для питания электродвигателей, приводящих в движение колеса. Аккумуляторная батарея выступает в роли буфера. Эта схема позволяет дизельному двигателю работать в наиболее экономичном режиме, но при этом возникают потери из-за двойного преобразования энергии.

Параллельная схема. Здесь как дизельный двигатель, так и электродвигатель могут одновременно или по отдельности передавать крутящий момент на колеса. Эта схема более эффективна с точки зрения коэффициента полезного действия, но управление ей может быть более сложным.

Последовательно-параллельная (смешанная) схема. Это самый сложный, но и самый гибкий вариант, который сочетает в себе преимущества двух предыдущих. Примером такой архитектуры может служить модульная гибридная концепция Steyr Hybrid CVT. В ней дизельный двигатель приводит в действие генератор, а электродвигатель передает мощность на передний мост, что позволяет реализовать такие функции, как электрическое ускорение (E-Boost) и рекуперация энергии торможения (E-Braking).

Развитие гибридных технологий стало возможным благодаря достижениям в различных смежных областях. Особенно важным стал прогресс в производстве электромоторов, инверторов и систем управления, а также в области накопителей энергии. Появление современных литий-ионных батарей, которые могут выдерживать множество циклов заряда и разряда, значительно улучшило возможности по аккумулированию энергии. В некоторых системах, таких как трактор Steyr Hybrid CVT, используются суперконденсаторы, которые помогают справляться с пиковыми нагрузками. Современные гибридные машины активно интегрируются с цифровыми технологиями. Например, флагманский гибридный трактор Zoomlion DV3504 оснащен уникальной системой распределенного интеллектуального электропривода MIDD. Он способен работать в автономном режиме и генерировать оптимальные траектории движения с высокой точностью – всего в сантиметре – благодаря многосенсорному слиянию и высокоточной системе позиционирования. Одним

из главных препятствий на пути к массовому внедрению гибридной техники являются высокие первоначальные затраты. В настоящее время гибридные решения в основном используются в премиальном сегменте и доступны лишь крупным агрохолдингам. Эти компании работают с понятиями совокупной стоимости владения и готовы вкладывать значительные средства, надеясь на экономию в будущем. Тем не менее, долгосрочные выгоды от использования гибридной техники могут оказаться вполне впечатляющими. Исследования показывают, что общая стоимость владения гибридными тракторами за 5 лет может быть на 20 % ниже, чем у традиционных дизельных моделей. Кроме того, эксплуатационные расходы могут снизиться на 30 % благодаря экономии топлива и меньшим затратам на техническое обслуживание. Гибридные технологии позволяют достигать максимальной эффективности работы машин при минимальных расходах топлива. Также стоит отметить, что государственная поддержка в виде субсидий и налоговых льгот может повысить экономическую привлекательность гибридной техники на 15 %.

Экологические преимущества гибридных технологий. Экологический аспект играет одну из самых важных ролей в развитии гибридных технологий. Желание уменьшить выбросы углерода и других вредных веществ активно подталкивает к созданию более экологичных решений. Такие тракторы способны сократить углеродный след на целых 40 % по сравнению с традиционными дизельными машинами. Кроме снижения выбросов CO_2, гибридные установки также помогают уменьшить уровень шума. Это создает более комфортные условия для работы операторов и минимизирует негативное влияние на окружающую среду, особенно вблизи населённых пунктов. Внедрение низкоуглеродных технологий в агропромышленный комплекс также имеет огромное значение для повышения экспортного потенциала продукции, особенно с учётом глобальных тенденций к декарбонизации и требований международных соглашений, таких как Парижское соглашение. Гибридизация – это важный шаг к созданию полностью электрического и углеродно-нейтрального сельского хозяйства будущего.

Чтобы по-настоящему раскрыть потенциал гибридных и электрических систем в сельском хозяйстве, необходимо развивать локальную энергетическую инфраструктуру, основанную на возобновляемых источниках энергии. В наши дни современные фермы все чаще рассматриваются не только как потребители энергии, но и как ее производители. Это открывает новые возможности для устойчивого развития и позволяет фермам использовать свои ресурсы более эффективно.

В качестве источников энергии возможно применение солнечной энергетики, которая подходит для использования в сельском хозяйстве. Установка солнечных панелей на фермерских территориях не только помогает значительно сократить затраты на электроэнергию, но и увеличивает энергетическую независимость хозяйств. Новейшие технологии, такие как агровольтаика (сочетание выращивания культур и генерации солнечной энергии на одном земельном участке), открывают совершенно новые горизонты для эффективного использования земли.

Биогазовые установки перерабатывают эту биомассу, награждая нас биогазом – энергией, которую можно использовать для генерации электричества и тепла, а также для получения ценных органических удобрений. Использование биогазовых генераторных установок, например, от компании Jenbacher, позволяет фермерам и агропредприятиям превращать отходы в ценный энергетический ресурс. Это направление становится всё более актуальным, обеспечивая устойчивое развитие сельских территорий и минимизируя воздействие на окружающую среду.

Ведущие производители и инновации в сельхозтехнике. В последние годы на рынке наблюдается активный рост разработок в области гибридной сельхозтехники, особенно со стороны китайских компаний. Такие производители, как Zoomlion, Ensign и LiuGong, удивляют нас мощными гибридными тракторами, включая модели DV3504, YX 3504-8HEV и LT3504-CE. Эти агрегаты не только отличаются высокой мощностью, но и великолепной топливной экономичностью, а также современными цифровыми функциями. Концерн CNH представил концепт гибридного трактора Steyr Hybrid CVT и полностью электрический трактор New Holland T4 Electric Power, который оснащён расширенными функциями автономности. Российские предприятия тоже активно трудятся над инновациями в этой сфере. На выставке АГРОСАЛОН 2024 компания «Ростсельмаш» продемонстрировала первый российский зерноуборочный комбайн Н820 8-го класса, работающий на гибридной системе обмолота и сепарации. Также стоит отметить проект беспилотного гибридного трактора «Донтех», созданный инженерами Донского государственного технического университета, который вызвал большой интерес.

Мировой рынок агротехнологий показывает уверенные темпы роста. По прогнозам, его объем к 2031 году может достичь 69,78 млрд долларов США, в то время как в 2024 году он составил 29,74 млрд долларов. Это свидетельствует о значительном интересе к агротехнологиям и их внедрению. Рынок гибридных тракторов также демонстрирует стабильный рост, что связано с растущей потребностью в энергоэффективности и повышении производительности сельского хозяйства. Ожидается, что к 2030 году доля гибридной и электрической техники на общем рынке сельхозмашин вырастет до 15…20 %, что подчеркивает трансформацию отрасли. Хотя в России в 2025 году ожидается спад на рынке сельхозтехники, экспорт может стать стратегическим драйвером роста. Интеграция гибридной техники с местными энергосистемами на базе возобновляемых источников энергии (например, солнечных и биогазовых установок) открывает возможности для создания высокоэффективных, автономных и экологически чистых агропромышленных кластеров. Таким образом, гибридные энергетические системы представляют собой стратегический вектор развития агропромышленного комплекса. Они способны обеспечить технологический суверенитет, повысить конкурентоспособность как на внутреннем, так и на мировом рынках, а также внести весомый вклад в решение глобальных экологических проблем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Agronews. Биогазовые установки: фермы как источники энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://agronews.com/ru/ru/news/technologies-science/2025-12-04/71901.

2. Взаимосвязь понятий энергоэффективности и энергосбережения при эксплуатации автомобилей, тракторов и двигателей / В. И. Загинайлов, Г. В. Медведев, Н. Е. Ртищева [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. – 2023. – № 67. – С. 44-50.

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

4. 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.

5. Москвичев, Д. А. Перспектива использования электромобиля в АПК / Д. А. Москвичев // Актуальные проблемы энергетики АПК в современной реальности: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной основателю факультета энергетики и электрификации Валентину Васильевичу Фокину, Ижевск, 15 мая 2024 года. – Ижевск : Удмуртский государственный аграрный университет, 2024. – С. 107-112.

6. Патент № 2844224 C1 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».

7. 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.

8. 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.

9. Пуляев, Н. Н. О перспективах применения газомоторного топлива в России / Н. Н. Пуляев, В. С. Богданов, А. И. Сучков // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20–21 января 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2021. – С. 95-101.

10. 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.

11. 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.

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.

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.

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.

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

УДК 631.372

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКЗАМЕНОВ НА ПРАВО УПРАВЛЕНИЯ САМОХОДНЫМИ МАШИНАМИ В ИНСПЕКЦИИ ГОСТЕХНАДЗОРА АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Н. В. Перевозчикова[1], Т. В. Жигалина[2], А. Х. Фунтиков[3]
[1]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация
[2]ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса», р. п. Правдинский, Московская область, Российская Федерация
[3]Инспекция по надзору за техническим состоянием самоходных машин и других видов техники Алтайского края (Инспекция гостехнадзора Алтайского края), г. Барнаул, Российская Федерация

***Аннотация**. Отсутствие четких критериев для оценки на практических экзаменах на разных видах самоходных машин, фиксации результатов выполненных упражнений, при выдаче удостоверения тракториста-машиниста не исключают конфликтных ситуаций, избежать которых можно при наличии четких правил и рекомендаций.*
***Ключевые слова:** органы гостехнадзора, подготовка трактористов-машинистов, практический экзамен, правила допуска к управлению самоходными машинами, административный регламент.*

ORGANIZATION OF EXAMINATIONS FOR THE RIGHT TO DRIVE SELF-PROPELLED VEHICLES IN THE STATE TECHNICAL SUPERVISION INSPECTORATE OF THE ALTAI TERRITORY

N. V. Perevozchikova[a], T. V. Zhigalina[b], A. H. Funtikov[c]
[a]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation
[b]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
[c]Inspection for supervision of the technical condition of self-propelled vehicles and other types of equipment of the Altai Territory (Inspection of Gostekhnadzor of the Altai Territory), Barnaul, Russian Federation

***Abstract.** The lack of clear criteria for evaluating the tasks performed on practical exams on various types of self-propelled machines, the recording of the results of the*

exercises performed, and the issuance of a tractor driver's license in the event of unsatisfactory driving skills or a negative assessment based on the inspector's personal motives, including self-interest, does not exclude the possibility of conflicts that can be avoided with the help of clear rules and recommendations.
Keywords: *gostekhnadzor authorities, training of tractor drivers, practical examination, rules of admission to driving self-propelled vehicles, administrative regulations.*

Органы гостехнадзора наделены исключительными полномочиями по выдаче удостоверений на право управления самоходными машинами Постановлением Правительства РФ от 12.07.1999 № 796 «Об утверждении Правил допуска к управлению самоходными машинами и выдачи удостоверений тракториста-машиниста (тракториста)», инструкцией о порядке применения Правил, утвержденной приказом Министерства сельского хозяйства РФ от 10 октября 2022 г. № 679, а также региональными административными регламентами.

Административный регламент, содержание которого тщательно проверяется и редактируется органами юстиции и прокуратуры, не позволяет в полной мере описать процедуры приема экзаменов, особенно практического.

Отсутствие четких критериев для оценки выполняемых на практических экзаменах заданий на разных видах самоходных машин, фиксации результатов выполненных упражнений, допускают конфликтные ситуации – выдача удостоверения тракториста-машиниста при неудовлетворительных навыках управления самоходной машиной, отрицательная оценка по каким-либо личным мотивам инспектора, в том числе, корыстным.

Имеются случаи обжалования результатов практического экзамена учащимися и, наоборот, жалобы работодателей на низкое качество подготовки механизаторов и недостаточную требовательность инспекторов при оценке практических навыков управления самоходными машинами.

В целях минимизации негативных последствий при приеме экзаменов в инспекции гостехнадзора Алтайского края были разработаны «Методические рекомендации по проведению экзаменов на получение допуска к управлению самоходными машинами и выдаче удостоверений тракториста-машиниста (тракториста)» и утверждены приказом инспекции от 15.08.2023 № 94.

Методические рекомендации направлены во все учебные учреждения, осуществляющие подготовку трактористов-машинистов и водителей самоходных машин для ознакомления учащихся, и принятия мер по надлежащему обустройству полигона.

Оба этапа практического экзамена проводятся на полигоне. Перед экзаменом должностным лицом образовательной организации проводится инструктаж под роспись учащихся в журнале по технике безопасности, наличие которого проверяется экзаменатором.

Во время второго этапа практического экзамена осуществляется видео фиксация не менее двух видео регистраторов на каждой учебной машине, один из которых позволяет идентифицировать экзаменуемого, а второй фиксирует

последовательность прохождения трассы и действия экзаменуемого по управлению машиной.

Перед экзаменом проверяется качество записи, корректность отображения даты и времени. Как правило, видео записывается одним файлом. По окончанию экзаменов учебные учреждения передают сжатые файлы на съёмном носителе в инспекцию. Рекомендованный срок хранения этих файлов – 1 месяц.

В настоящее время в крае насчитывается 53 учебных учреждения, в том числе их филиалы, осуществляющих подготовку трактористов-машинистов и водителей самоходных машин различных профессий по всем категориям самоходных машин. Из них: 21 – государственные, 2 – муниципальные, остальные – частные, в том числе – 5 подразделений ДОСААФ России.

Взаимодействия с учебными учреждениями начинаются при получении или переоформлении ими свидетельства о соответствии оборудования и образовательного процесса требованиям, установленным постановлением Правительства РФ от 23.06.2022 № 1129 «Об утверждении требований к оборудованию и оснащенности образовательного процесса в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, претендующих на получение свидетельства о соответствии требованиям оборудования и оснащенности образовательного процесса для подготовки трактористов, машинистов и водителей самоходных машин».

До получения свидетельства руководству учебных учреждений рекомендовано предоставлять в инспекцию для проверки и согласования проекты программ обучения по различным категориям и специальностям. До руководителей и методических работников доведены общие принципы формирования программ.

Программы формируются по трем направлениям:

- профессиональной подготовки – при отсутствии у учащегося ранее выданного удостоверения тракториста-машиниста;
- профессиональной переподготовки – при наличии у учащегося смежной специальности и ранее выданного удостоверения тракториста-машиниста;
- повышения квалификации в рамках одной профессии.

Программы по подготовке трактористов-машинистов сельскохозяйственного производства должны соответствовать требованиям типовых программ, утвержденных приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 25.07.2022 № 465.

В отсутствие типовых программ обучения по другим специальностям, рабочие программы учебных организаций рекомендовано формировать из двух разделов. Первый – общие знания и навыки для управления самоходной машиной на основе вышеуказанных программ, второй – специфические знания и навыки для производства работ, установленные профессиональными стандартами, ЕТКС. Общее количество часов обучения должно быть сопоставимо с рекомендованными типовыми программами.

Процедура приема экзаменов несет в себе коррупционные риски. И если при приеме практического экзамена аудио и видео фиксация является

обязательной, то при проведении теоретического экзамена, в отсутствие программного обеспечения, возможны различные нарушения. В целях контроля за процедурой теоретического экзамена установлены видеокамеры на время приема экзаменов, что позволяет контролировать действия как учащихся, так и экзаменатора. Записи с этих камер также хранятся на компьютере районной и городской инспекций в течении одного месяца.

Принятые меры позволяют:

- улучшить качество подготовки трактористов и водителей самоходных машин;
- применять единый подход к приему экзаменов во всех районных и городских инспекций;
- минимизировать коррупционные риски, связанные с произвольной трактовкой оценки выполняемых упражнений;
- осуществить выборочный контроль процедуры приема экзаменов должностными лицами аппарата управления инспекции без предварительного уведомления экзаменаторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дрямов, С. Ю. Обследование оснащенности образовательного процесса органами гостехнадзора / С. Ю. Дрямов, Т. В. Жигалина, А. Н. Семерня // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : Материалы XV Международной научно-практической конференции, р.п. Правдинский, Московская обл., 08 июня 2023 года. – М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2023. – С. 950-960.

2. Нормативно-методические материалы для органов гостехнадзора / С. Ю. Дрямов, А. Н. Семерня, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. В. Перевозчикова, Н. Н. Пуляев. – М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2022. – 196 с.

3. Перевозчикова, Н. В. Опыт подготовки водителей погрузчиков, машинистов экскаваторов и машинистов бульдозеров / Н. В. Перевозчикова, С. Ю. Дрямов, Т. В. Жигалина // Сельский механизатор. – 2024. – № 12. – С. 39-41.

4. Передовые практики в работе органов гостехнадзора / С. Ю. Дрямов, Т. В. Жигалина, Е. В. Лопарева, А. Н. Семерня, П. И. Бурак, А. В. Колесников, О. Ф. Чупров. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. – 88 с.

5. Постановление Правительства РФ от 12.07.1999 № 796 «Об утверждении Правил допуска к управлению самоходными машинами и выдачи удостоверений тракториста-машиниста (тракториста)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://government.ru/docs/all/141092/ (дата обращения: 16.10.2025).

6. Приказ Минсельхоза России от 10.10.2022 № 679 «Об утверждении Инструкции о порядке применения Правил допуска к управлению самоходными

машинами и выдачи удостоверений тракториста-машиниста (тракториста)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202301180028 (дата обращения: 17.04.2025).

7. Работоспособность технических систем / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, 2022. – 379 с.

8. Сарычев, А. В. Современное состояние технического и технологического обеспечения агропромышленного комплекса /А. В. Сарычев, Н. В. Перевозчикова, О. Ф. Чупров // 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. 342-346.

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, n.perevozchikova@rgau-msha.ru.

Жигалина Татьяна Владимировна, научный сотрудник, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (141261, Московская область, г.о. Пушкинский, р.п. Правдинский, ул. Лесная, д. 60), nicgtn@mail.ru.

Фунтиков Александр Харитонович, руководитель инспекции по надзору за техническим состоянием самоходных машин и других видов техники Алтайского края (Инспекции гостехнадзора Алтайского края) – главный государственный инженер-инспектор гостехнадзора Алтайского края (656043, Российская Федерация, Барнаул, ул. Ленина, д. 7), gtn@gtn.alregn.ru.

About the authors:

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

Tatiana V. Zhigalina, Research Fellow, 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) nicgtn@mail.ru.

Alexander K. Funtikov, Head of the Inspection for supervision of the technical condition of self-propelled vehicles and other types of equipment of the Altai Territory (Inspection of Gostekhnadzor of the Altai Territory) – Chief State Inspector Engineer of Gostekhnadzor of the Altai Territory (656043, Russian Federation, Barnaul, Lenin str., 7), gtn@gtn.alregn.ru.

УДК 631.372

ОБУЧЕНИЕ УЧАЩИХСЯ СТАРШИХ КЛАССОВ СЕЛЬСКИХ ШКОЛ ПРОФЕССИИ «ТРАКТОРИСТ-МАШИНИСТ»

Н. В. Перевозчикова[1], Т. В. Жигалина[2]
[1]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация
[2]ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса», р. п. Правдинский, Московская область, Российская Федерация

Аннотация. *Сельское хозяйство является одной из ключевых отраслей российской экономики. Специалисты профессий аграрного профиля по-прежнему востребованы в сельскохозяйственных регионах. Обучение школьников профессии тракториста-машиниста может помочь восполнить кадровый дефицит квалифицированных специалистов в этой сфере.*
Ключевые слова: *органы гостехнадзора, подготовка трактористов-машинистов, практический экзамен, правила допуска к управлению самоходными машинами, удостоверение тракториста-машиниста.*

TEACHING HIGH SCHOOL STUDENTS IN RURAL SCHOOLS THE PROFESSION OF «TRACTOR DRIVER»

N. V. Perevozchikova[a], T. V. Zhigalina[b]
[a]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation
[b]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. *Agriculture is one of the key sectors of the Russian economy. Specialists in agricultural professions are still in demand in agricultural regions. Teaching schoolchildren the profession of a tractor driver can help fill the shortage of qualified specialists in this field.*
Keywords: *gostekhnadzor authorities, training of tractor drivers, practical exam, rules of admission to driving self-propelled vehicles, certificate of tractor driver.*

С 2021 года в Федоровском районе Саратовской области в средней образовательной школе села Еруслан возобновилось обучение учащихся профессии «тракторист», которое осуществлялось с 1980 года. Многие выпускники, получив с аттестатом о среднем образовании еще и права тракториста-машиниста, оставались работать в сельском хозяйстве.

Для возобновления обучения была проведена комплексная работа:

- оборудован кабинет в школе, обновлена вся необходимая материально-техническая база, приведены в соответствие информационные и демонстрационные материалы;
- подготовлены педагогические кадры;
- разработана и согласована программа профессионального обучения;
- установлены тренажер для обучения навыкам вождения и интерактивная программа по обучению правилам дорожного движения.

В январе 2021 года состоялось открытие профессионального обучения по программе «Тракторист категории «С»».

С 2021 года обучение проходят учащиеся 10-х классов школ района. Обучение осуществляется в свободное от основного учебного процесса время. Учащиеся посещают технопарк «Кванториум» в областном центре, где проводятся дополнительные занятия с использованием шлема виртуальной реальности. По окончании изучения теории и отработки навыков работы на тренажере, школьники приступают к практическим занятиям – вождению на тракторе на площадке ДОСААФ. Теоретический и практический экзамены сдаются на площадке ДОСААФ.

После успешной сдачи экзаменов учащимся, достигшим возраста 17 лет, вручаются права тракториста категории «С», остальным – временные удостоверения, которые они смогут обменять на права при достижении возраста 17 лет.

В настоящее время в области проводится активная работа по возобновлению обучения трактористов на базе сельских школ. Взята за основу типовая программа обучения по профессии «Тракторист категории «С»» со сроком обучения 449 часов. Обучением охвачены учащиеся 8-ых классов, а в дальнейшем с перспективой увеличения числа старшеклассников 8-11-ых классов. Обучение является бесплатным, оплачивается только госпошлина в размере пятисот рублей за выдачу удостоверения тракториста-машиниста. Производственное обучение проводится на базе местных сельскохозяйственных предприятий. Это в свою очередь позволило задействовать учащихся в производственном процессе на законных основаниях с получением временного удостоверения тракториста-машиниста.

Для реализации поручения Губернатора Саратовской области инспекцией области была проведена соответствующая работа. Осуществлялся постоянный мониторинг готовности учебных заведений к обучению. Инспекторами гостехнадзора на местах оказывалась помощь в создании материально-технической базы. Учебная база преимущественно создавалась из бывших в употреблении деталей машин и механизмов, полученных у местных сельхозтоваропроизводителей, укомплектовывалась тематическими пособиями, программами обучения.

Государственная инспекция по надзору за техническим состоянием самоходных машин и других видов техники Саратовской области нацелена на дальнейшую реализацию проекта обучения учащихся сельских школ в тесном взаимодействии с Министерством образования Саратовской области, органами

местного самоуправления. На сегодняшний момент 225 выпускников после обучения и успешной сдачи экзаменов получили профессию «тракторист» и удостоверение тракториста-машиниста.

Важную роль в обучении сыграл научно-исследовательский центр «Гостехнадзор». НИЦ «Гостехнадзор», являясь разработчиком всех теоретических билетов для принятия органами гостехнадзора экзамена по безопасной эксплуатации самоходных машин, принял решение подарить комплект электронного пособия «Прием теоретического экзамена по безопасной эксплуатации самоходных машин категории «С»». При помощи пособия можно принимать экзамены или проводить обучение на персональном компьютере.

Введение профессионального обучения по специальности тракториста-машиниста на базе сельских школ помогает подготовить квалифицированные кадры для сельского хозяйства и дать необходимые навыки, которые будут полезны в их будущей жизни и карьере.

Дальнейшее развитие сельских школ и реализация «пилотного» проекта обучения учащихся старших классов сельских школ профессии «тракторист» является одним из путей решения проблемы закрепления молодых специалистов на селе. Получение выпускниками одновременно с аттестатом об окончании средней образовательной сельской школы профессии «тракторист» и удостоверения на право управления самоходными машинами поможет решить кадровую проблему на селе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дрямов, С. Ю. Обследование оснащенности образовательного процесса органами гостехнадзора / С. Ю. Дрямов, Т. В. Жигалина, А. Н. Семерня // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : Материалы XV Международной научно-практической конференции, р.п. Правдинский, Московская обл., 08 июня 2023 года. – М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2023. – С. 950-960.

2. Передовые практики в работе органов гостехнадзора / С. Ю. Дрямов, Т. В. Жигалина, Е. В. Лопарева, А. Н. Семерня, П. И. Бурак, А. В. Колесников, О. Ф. Чупров. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. – 88 с.

3. Перевозчикова, Н. В. Опыт подготовки водителей погрузчиков, машинистов экскаваторов и машинистов бульдозеров / Н. В. Перевозчикова, С. Ю. Дрямов, Т. В. Жигалина // Сельский механизатор. – 2024. – № 12. – С. 39-41.

4. Сарычев, А. В. Современное состояние технического и технологического обеспечения агропромышленного комплекса /А. В. Сарычев, Н. В. Перевозчикова, О. Ф. Чупров // 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. 342-346.

5. Нормативно-методические материалы для органов гостехнадзора / С. Ю. Дрямов, А. Н. Семерня, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. В. Перевозчикова, Н. Н. Пуляев. – М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2022. – 196 с. – ISBN 978-5-7367-1711-8.

6. Обоснование технического облика агротехники и стратегических подходов ее проектирования / Г. Я. Красников, О. Н. Дидманидзе, П. В. Сиротин, Е. П. Парлюк // Чтения академика В. Н. Болтинского : Сборник статей, Москва, 25-26 января 2023 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2023. – С. 10-32.

7. Постановление Правительства РФ от 12.07.1999 № 796 «Об утверждении Правил допуска к управлению самоходными машинами и выдачи удостоверений тракториста-машиниста (тракториста)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://government.ru/docs/all/141092/ (дата обращения: 16.10.2025).

8. Приказ Минсельхоза России от 10.10.2022 № 679 «Об утверждении Инструкции о порядке применения Правил допуска к управлению самоходными машинами и выдачи удостоверений тракториста-машиниста (тракториста)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202301180028 (дата обращения: 17.04.2025).

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.perevozchikova@rgau-msha.ru.

Жигалина Татьяна Владимировна, научный сотрудник, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (141261, Московская область, г.о. Пушкинский, р.п. Правдинский, ул. Лесная, д. 60), nicgtn@mail.ru.

About the authors:

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.

Tatiana V. Zhigalina, Research Fellow, 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) nicgtn@mail.ru.

УДК 621.43.001.5

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРИРАБОТКУ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСЛЕ РЕМОНТА

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

Аннотация. *В статье рассматриваются ключевые технологические факторы, влияющие на процесс приработки деталей двигателей внутреннего сгорания после ремонта. Особое внимание уделено качеству поверхностей трения, свойствам смазочных материалов, режимам обкатки (скоростным, нагрузочным, температурным), а также точности сборки. Изложены рекомендации по организации обкатки на ремонтных предприятиях и представлена методика оценки качества приработки рабочих поверхностей. На основе анализа существующих практик обозначены направления для оптимизации режимов приработки с целью сокращения её длительности и повышения долговечности отремонтированных двигателей.*
Ключевые слова: *обкатка, приработка, износ, смазочное масло, качество поверхности, режимы обкатки, качество приработки.*

FACTORS AFFECTING THE RUNNING-IN OF ENGINE PARTS AFTER REPAIR

D. I. Petrovskiy
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article discusses the key technological factors affecting the running-in process of internal combustion engine parts after repair. Particular attention is paid to the quality of friction surfaces, properties of lubricants, running-in modes (speed, load, temperature), as well as assembly accuracy. Recommendations for organizing running-in at repair facilities are outlined, and a methodology for assessing the quality of running-in of working surfaces is presented. Based on the analysis of existing practices, directions for optimizing running-in modes are identified to reduce its duration and increase the durability of repaired engines.*
Keywords: *running-in, running-in, wear, lubricating oil, surface quality, running-in modes, running-in quality.*

Процесс приработки оказывает определяющее влияние на последующий установившийся износ и общую долговечность двигателя. Качество приработки, зависящее от множества факторов, задает характер изнашивания в период эксплуатации, влияя на время до возникновения усиленного или аварийного

износа [1-3]. Наиболее ответственными парами, определяющими долговечность двигателя, являются сопряжения «поршневое кольцо – гильза цилиндра» и «шейка вала – вкладыши подшипников» [4].

Наибольшее влияние на процессы приработки поверхностей трения оказывают качество поверхностей трения, смазочное масло, качество сборки, температурный режим, скоростные и нагрузочные режимы (Рисунок 1).

Рисунок 1 – Факторы, влияющие на процессы приработки деталей ДВС

1. Качество поверхностей трения. Под качеством поверхности трения понимают совокупность геометрической формы, физико-механических и химических свойств поверхностного слоя, обеспечивающих износостойкость. Геометрические отклонения делятся на макроотклонения (овальность, конусность), волнистость и шероховатость (включая субмикрошероховатость) [5].

Макроотклонения и волнистость нарушают формирование масляного клина, увеличивают удельные нагрузки в зонах микроконтакта, что приводит к повышенному износу и удлинению процесса приработки. Такие отклонения необходимо минимизировать при обработке и сборке.

Шероховатость. Исследованиями опровергнуто представление о необходимости максимальной чистоты поверхности. Установлено существование оптимальной шероховатости, соответствующей конкретным условиям трения (нагрузка, скорость, материал), при которой износ минимален. В процессе приработки шероховатость изменяется, приближаясь к этому оптимальному значению, которое может быть как больше, так и меньше исходного.

2. Влияние смазочного масла. В условиях смешанного трения при приработке роль масла выходит за рамки гидродинамической теории, включая взаимодействие с деформированным металлом [6].

Вязкость. Для каждого режима существует оптимальная вязкость. Применение как слишком вязкого (риск масляного голодания), так и маловязкого (низкая несущая способность плёнки) масла отрицательно сказывается на процессе и может привести к заеданию.

Присадки. Присадки для ускорения приработки можно разделить на три группы: снижающие трение (графит, дисульфид молибдена – их эффективность не подтверждена); противозадирные (содержащие S, P, Cl, Pb), образующие защитные плёнки и сокращающие время приработки, но могущие вызывать коррозию; абразивные (высокодисперсные порошки Al_2O_3, SiO_2), интенсифицирующие износ. Общим недостатком присадок является агрессивность к подшипникам скольжения [7].

Специальные обкаточные масла с присадками показали значительное сокращение длительности приработки с одновременным улучшением качества поверхностей.

3. Влияние качества сборки. Точность взаимного расположения деталей и отсутствие перекосов критически важны для ускорения приработки. Погрешности сборки (например, перекос поршня) уменьшают фактическую площадь контакта, вызывают локальные перегрузки, увеличивают начальный износ и время приработки. Существенные технологические недостатки сборки и макрогеометрические погрешности не могут быть полностью устранены в процессе приработки, что подчеркивает важность высококачественной сборки [8].

4. Влияние температурного режима. Температура поверхностей трения при приработке может достигать высоких значений (500…2000°C в зонах контакта), влияя на механические свойства материалов и физико-химические процессы [9].

Высокая температура увеличивает риск разупрочнения, схватывания и задиров, особенно при малых зазорах и наличии шероховатости.

Температура масла и охлаждающей жидкости. Повышение температуры масла снижает его вязкость и несущую способность плёнки. Слишком низкая температура повышает вязкость, ухудшая подачу масла. Оптимальной для минимального износа, особенно деталей шатунно-поршневой группы, является температура охлаждающей жидкости и масла в диапазоне 75…85°C.

5. Влияние скоростных и нагрузочных режимов. Скорость и нагрузка оказывают решающее влияние на формирование поверхностей трения и величину начального износа [10, 11].

Скорость скольжения. Увеличение скорости изменяет характер и время контакта, влияя на процессы пластического деформирования и износ. Минимальный износ достигается при оптимальных оборотах; как очень низкие, так и очень высокие скорости, а также их резкие изменения приводят к росту износа.

Нагрузка. Недостаточная нагрузка может привести к образованию «глянцевитости» – полировки с заполнением микровпадин продуктами износа,

что не способствует формированию несущего слоя. Резкое увеличение нагрузки опасно, особенно для пары кольцо-гильза, и может вызвать задиры. Большинство исследователей сходятся во мнении о необходимости соблюдения оптимальных ступенчатых режимов (обороты, нагрузка, время) для достижения минимального износа при приработке и в эксплуатации.

Качество приработки деталей двигателя после ремонта является многокритериальной задачей, зависящей от комплекса взаимосвязанных факторов. Ключевыми из них являются: обеспечение оптимальной шероховатости и минимизация макрогеометрических отклонений рабочих поверхностей; применение смазочного материала с оптимальной для режима вязкостью и специальных обкаточных масел; строгое соблюдение точности сборки; поддержание температурного режима масла и охлаждающей жидкости в оптимальном диапазоне 75…85 °С; применение научно обоснованных ступенчатых скоростных и нагрузочных режимов обкатки. Синергетический учет этих факторов позволяет сократить время приработки, снизить начальный износ и повысить надежность и ресурс отремонтированного двигателя. Отсутствие единых стандартизованных режимов обкатки указывает на необходимость дальнейших исследований в этом направлении, особенно применительно к условиям ремонтных предприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стрельцов, В. В. Формирование поверхностей трения при обкатке двигателей / В. В. Стрельцов, С. Н. Девянин, А. С. Носихин // Техника и оборудование для села. – 2011. – № 8. – С. 44-45.

2. Петровский, Д. И. Методы диагностирования топливной аппаратуры дизелей / Д. И. Петровский, В. М. Корнеев // Инновационные технологии и технические средства для АПК : Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, Воронеж, 26-27 ноября 2015 года / Под общей редакцией Н. И. Бухтоярова, Н. М. Дерканосовой, А. В. Дедова и др. Часть III. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2015. – С. 243-247.

3. Корнеев, В. М. Влияние технического состояния форсунок на мощностные и экономические показатели дизеля / В. М. Корнеев, Д. И. Петровский // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2004. – № 2. – С. 39-41.

4. Савенок, Л. И. Предпосылки к улучшению качества приработки деталей цилиндропоршневой группы двигателя / Л. И. Савенок, Г. В. Брезгунов // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2020. – № 1(19). – С. 119-123.

5. Петровский, Д. И. Повышение износостойкости поверхностей пар трения / Д. И. Петровский, Е. А. Петровская, И. А. Посунько // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России, Рязань, 26-27 апреля 2017 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; ФГБОУ ВО

«Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева». Часть II. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, 2017. – С. 234-238.

6. Петровский, Д. И. Обеспечение высоких противоизносных свойств трибологических смазок / Д. И. Петровский // Перспективы развития науки и образования в современных экологических условиях : материалы VI Международной научно-практической конференции молодых учёных, посвящённой году экологии в России, с. Соленое Займище, 18-19 мая 2017 года. – с. Соленое Займище : Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2017. – С. 627-631.

7. Результаты триботехнических испытаний смазочной композиции ТМ5-18+Фтор-ПАВ / И. А. Посунько, А. Б. Лагузин, Д. И. Петровский, В. В. Алимов // Агроэкологические и организационно-экономические аспекты создания и эффективного функционирования экологически стабильных территорий : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Чебоксары, 05 октября 2017 года. – Чебоксары : Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. – С. 133-138.

8. Петровский, Д. И. Методика оценки приработки отремонтированных двигателей / Д. И. Петровский // Чтения академика В. Н. Болтинского : сборник статей, Москва, 22-23 января 2025 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2025. – С. 113-118.

9. Ерышов, А. А. Тепловые явления при трении деталей трибосопряжений двигателя в процессе приработки / А. А. Ерышов // Научное обозрение. – 2010. – № 2. – С. 32-33.

10. 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.

11. Корнилович, С. А. Повышение эффективности приработки деталей цилиндропоршневых групп двигателей при ремонте машин / С. А. Корнилович // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3(23). – С. 246-250.

Об авторе:

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

About the author:

Dmitriy I. Petrovskiy, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St. 49), Candidate of Technical Sciences, petrovsky@rgau-msha.ru.

УДК 631.352

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ КОСИЛКИ

Е. П. Парлюк[1], В. И. Пляка[2], А. К. Глотов[2]
[1]ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» г. Москва, Российская Федерация
[2]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Рассмотрены вопросы, связанные с рабочим процессом механической косилки. Отмечены особенности конструкции предлагаемой механической косилки. Изготовлена рабочая модель механической косилки с двумя планетарными редукторами. Предложен кинематический режим основных элементов механической косилки.*
Ключевые слова: *ведущий барабан, ведомый барабан, пластина, нож, сателлиты, солнечное зубчатое колесо, центральное коронное зубчатое колесо, передаточное число.*

KINEMATIC MODE OF THE CUTTING ELEMENTS OF A MECHANICAL MOWER

E. P. Parlyuk[a], V. I. Plyaka[b], A. K. Glotov[c]
[a]Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation
[b]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The issues related to the working process of a mechanical mower are considered. The features of the design of the proposed mechanical mower are noted. A working model of a mechanical mower with two planetary gearboxes has been manufactured. The kinematic mode of the main elements of the mechanical mower has been proposed.*
Keywords: *driving drum, driven drum, plate, knife, satellites, solar gear wheel, central crown gear wheel, gear ratio.*

Предлагаемая механическая барабанная косилка предназначена для кошения газонных трав и имеет привод рабочих органов от опорного колеса.

Подготовка почвы для газона требует достижения определённых условий при которых выполняется достаточно высокий уровень крошения почвы с характерной плотностью, выравненностью рельефа или микрорельефа поля [1-3]. Посев осуществляют сеялками для газонных трав с высевающими

аппаратами, оснащёнными желобковыми катушками [4-6]. Применение высевающих аппаратов данного типа позволяет обеспечить качественный посев [7-9]. Первый укос трав нового газона обычно выполняют косилками барабанного типа [10].

Особенностями конструкции предлагаемой барабанной механической косилки являются ведущий и ведомый барабаны (Рисунок 1) [11, 12].

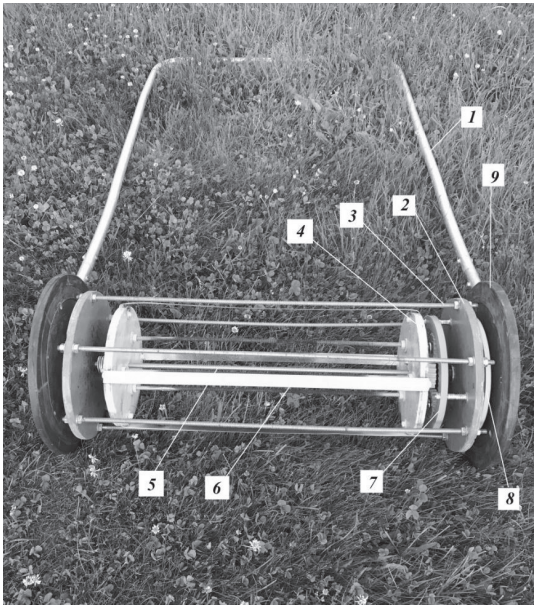


Рисунок 1 – Механическая косилка:
1 – ручка; 2 – диск ведущего барабана косилки; 3 – подающая пластина; 4 – диск ведомого барабана; 5 – ось; 6 – нож; 7 – редуктор ведомого барабана; 8 – редуктор ведущего барабана; 9 – опорно-приводное колесо

При движении предлагаемой механической косилки по газону опорно-приводное колесо 9, конструктивно совмещенное с диском ведущего барабана 2 через планетарный редуктор 8, получает вращательное движение от соприкосновения с поверхностью поля и обеспечивает вращение ведущего барабана 2 косилки. При этом выполняется условие ($\acute{\omega}_2 > \acute{\omega}_9$) и ведущий барабан 2, оснащённый подающими пластинами 3, вращается в одну сторону с опорно-приводным колесом 9. При этом ведущий барабан 2, диск, которого, являясь центральным коронным зубчатым колесом планетарного редуктора 7 ведомого барабана 4 через сателлиты и солнечное зубчатое колесо обеспечивает вращение ведомого барабана 4. Система закрепления водила планетарного редуктора 7 обеспечивает вращение ведомого барабана 4, оснащённого ножами 6, в противоположную сторону относительно ведущего барабана 2.

Передаточное число i_1 планетарного мультипликатора по данной кинематической схеме находится в пределах $0{,}6 \le i_1 \le 0{,}8$ и обеспечивает попутное вращение ведущего барабана 2 косилки с опорно-приводным колесом 9 и определяется как

$$i_1 = \frac{1}{1+\frac{Z_c}{Z_к}},$$

где $Z_к$ – число зубьев центрального коронного зубчатого колеса, $Z_к = 60$;

$Z_с$ – число зубьев солнечного зубчатого колеса, $Z_с = 40$.

Тогда получаем $i_1 = \frac{1}{1+\frac{40}{60}} = 0{,}6$.

Передаточное число i_2 планетарной передачи 7 по данной кинематической схеме находится в пределах $0{,}67 \le i_2 \le 0{,}25$ и обеспечивает встречное вращение ведомого барабана 4 с ведущим барабаном 2 косилки и определяется как

$$i_2 = \frac{Z_с}{Z_к},$$

где $Z_к$ – число зубьев центрального коронного зубчатого колеса, $Z_к = 60$;

$Z_с$ – число зубьев солнечного зубчатого колеса, $Z_с = 24$.

Тогда $i_2 = \frac{24}{60} = 0{,}4$.

На Рисунке 2 изображена траектория движения подающей пластины 3 ведущего барабана 2 механической косилки.

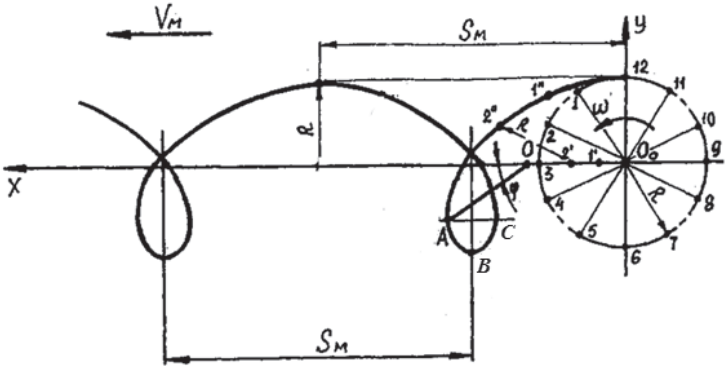


Рисунок 2 – Удлиненная циклоида точек подающей пластины 3 ведущего барабана 2 косилки:

R – радиус диска 2 ведущего барабана; $V_м$ – линейная скорость механической косилки; $S_м$ – перемещение механической косилки за время одного оборота диска 2 ведущего барабана

Рабочий участок удлинённой циклоиды АВС обеспечивает захват, удержание и срез растений при кошении.

Подставив значения получаем величину показателя кинематического режима подающей пластины 3 ведущего барабана 2 механической косилки:

$$\lambda = \frac{U_п}{V_м} = \frac{1{,}47}{1{,}0} = 1{,}47,$$

где $U_п$ – линейная скорость подающей пластины 3.

Попутное вращение ведущего барабана, но с большей угловой скоростью по отношению к опорно-приводному колесу косилки, обеспечивает захват и удержание стеблей до момента защемления и среза их между подающими пластинами ведущего барабана и ножами ведомого барабана. Встречное вращение ведомого барабана по отношению к ведущему барабану повышает скорость резания стеблей и улучшает качество работы косилки. Длину резки стеблей можно регулировать количеством установленных ножей на ведомом барабане.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент на полезную модель № 211830 U1 Российская Федерация, МПК A01B 29/04, A01B 29/06. Почвообрабатывающий каток : № 2022105078 : заявл. 25.02.2022 : опубл. 24.06.2022 / В. И. Пляка, С. П. Казанцев, С. М. Каткова ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

2. Патент на полезную модель № 215975 U1 Российская Федерация, МПК A01B 29/04, A01B 29/06. Почвообрабатывающий каток : № 2022124714 : заявл. 20.09.2022 : опубл. 11.01.2023 / В. И. Пляка, С. П. Казанцев ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

3. Патент на полезную модель № 209650 U1 Российская Федерация, МПК A01B 29/04. Почвообрабатывающий каток : № 2021134659 : заявл. 26.11.2021 : опубл. 17.03.2022 / В. И. Пляка, С. М. Каткова, М. А. Мехедов ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

4. Патент на полезную модель № 210275 U1 Российская Федерация, МПК A01C 7/12. Устройство для высева семян : № 2021132823 : заявл. 11.11.2021 : опубл. 05.04.2022 / В. И. Пляка, С. М. Каткова ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. Патент на полезную модель № 227259 U1 Российская Федерация, МПК A01B 29/02. Прикатывающий каток сеялки : № 2024110348 : заявл. 16.04.2024 : опубл. 12.07.2024 / В. И. Пляка, С. М. Михайличенко, К. А. Смирнов ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

10. Патент на полезную модель № 169877 U1 Российская Федерация, МПК A01D 34/13, A01D 34/18. Режущий аппарат косилок и жаток : № 2016122638 : заявл. 08.06.2016 : опубл. 04.04.2017 / Н. В. Алдошин, А. А. Золотов, Н. А. Лылин [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

11. Патент на полезную модель № 223614 U1 Российская Федерация, МПК A01D 34/63. Механическая косилка : № 2023130406 : заявл. 22.11.2023 : опубл. 26.02.2024 / В. И. Пляка, С. П. Казанцев, С. М. Михайличенко [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

12. Пляка, В. И. Механическая косилка / В. И. Пляка, А. К. Глотов // Чтения академика В. Н. Болтинского, посвященные 300-летию Российской академии наук : сборник статей, Москва, 17-18 января 2024 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2024. – С. 7-13.

Об авторах:

Парлюк Екатерина Петровна, профессор, ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (105005, Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Басманный, ул. 2-я Бауманская, д. 5, с. 1), доктор технических наук, профессор.

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.

Глотов Антон Константинович, соискатель, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

About the authors:

Ekaterina P. Parlyuk, Professor, Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya Street, 5, Building 1), Doctor of Technical Sciences, Professor.

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, Timiryazevskaya St., 49).

УДК 621.436

ВЛИЯНИЕ РЕЦИРКУЛЯЦИИ КАРТЕРНЫХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ НА СОСТАВ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

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

Аннотация. *Дизельные двигатели внутреннего сгорания загрязняют атмосферу и приземный покров вредными веществами, выбрасываемыми с отработавшими газами. При этом 95…99 % вредных выбросов приходится на отработавшие газы, представляющие собой аэрозоль сложного, зависящего от режимов работы двигателя, состава.*
Ключевые слова: *дизельные двигатели внутреннего сгорания, цилиндропоршневая группа, отработавшие газы, картерные газы, рециркуляция, окислы азота.*

INFLUENCE OF CARTER GAS RECIRCULATION OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES ON THE COMPOSITION OF EXHAUST GASES

N. N. Pulyaev, N. I. Vladimirova, A. A. Makarov
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Internal combustion diesel engines pollute the atmosphere and ground cover with harmful substances emitted with exhaust fumes. At the same time, 95-99% of harmful emissions are accounted for by exhaust gases, which are an aerosol of a complex composition that depends on the engine operating modes.*
Keywords: *internal combustion diesel engines, cylinder piston group, exhaust gases, crankcase gases, recirculation, nitrogen oxides.*

В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 28.02.2024 № 145, сказано, что приоритетным и перспективным направлением научно-технологического развития России является переход к высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству. Одним из источников негативного воздействия на сельское хозяйство, оказывающим отрицательное влияние на окружающую среду и способствующим созданию в атмосфере так называемого парникового эффекта, являются продукты сгорания дизельного топлива при эксплуатации тракторов и другой мобильной сельскохозяйственной техники.

Для функционирования тракторов и другой мобильной сельхозтехники ежегодно в сельскохозяйственные организации поставляется около 4,2 млн т дизельного топлива, что составляет 11 % от общего его потребления в России. При этом с продуктами сгорания дизельного топлива в атмосферу ежегодно выбрасывается около 1,5 млн т углеводородов, 1…1,5 млн т твердых частиц (основная масса которых приходится на сажу) и 500 тыс. т оксиды серы, что наносит серьезный вред экологии. Вредные выбросы не только загрязняют окружающую среду, но и впоследствии оседают в почве, что сказывается на составе и качестве получаемых продуктов питания.

Оценка и управление углеродными выбросами, которые являются одной из основных причин глобального изменения климата – чрезвычайно важная задача не только в масштабах мира и страны, но и на уровне отдельно взятого сельскохозяйственного предприятия.

Образование токсичных веществ – продуктов неполного сгорания и окислов азота в цилиндре двигателя в процессе сгорания происходит принципиально различными путями. Первая группа токсичных веществ связана с химическими реакциями окисления топлива, протекающими как в предпламенный период, так и в процессе сгорания-расширения. Вторая группа токсичных веществ образуется при соединении азота и избыточного кислорода в продуктах сгорания. Реакция образования окислов азота носит термический характер и не связана непосредственно с реакциями окисления топлива. Поэтому рассмотрение механизма образования данных токсичных веществ целесообразно вести раздельно.

В Таблице 1 представлено содержание основных вредных компонентов в отработавших газах дизельных двигателей.

Таблица 1 – Содержание основных вредных компонентов в отработавших газах дизельных двигателей

Компоненты ОГ	Концентрация, г/м^3	Удельное выделение, г/кВт·ч	Концентрация в приземном слое атмосферного воздуха
Окись углерода	0,25…2,5	1,5…12,0	0,020
Оксиды серы	0,10…0,7	0,4…2,5	3,230
Альдегиды (к акролеину)	0,01…0,04	0,06…0,2	0,010
Суммарные углеводороды	0,25…2,0	1,5…8,0	-
Бенз(а)пирен	$0{,}2\cdot10^{-6}$...$0{,}5\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-6}$...$2\cdot10^{-6}$	-
Суммарные окислы азота	2…8	10…30	1,720
Сажа	0,05…0,50	0,25…2,0	-

Из всех показателей наиболее опасными являются окислы азота, углеводороды и сажа. Из таблицы видно, что окислы азота в 10 раз превышают другие компоненты и представляют наибольшую опасность для здоровья человека и окружающей среды. Окислы азота, образующиеся в цилиндре дизеля,

примерно на 90…99 % состоят из оксида азота NO, диоксид азота NO_2 образуется в системе выпуска и в атмосфере.

Состав отработавших газов дизельного двигателя имеет прямую взаимосвязь с его техническим состоянием. Зачастую образование многих токсических веществ в отработавших газах происходит по причине недогорания топлива.

Часть отработавших газов прорывается в картер двигателя, вследствие несовершенства цилиндропоршневой группы и механизма газораспределения. Основной прорыв происходит в зоне между поршнем цилиндра и маслосъёмным кольцом. Вследствие износа увеличивается прорыв газов.

Основные дефекты цилиндропоршневой группы, через которые происходит утечка газов в картер. Износ поршня – разбиты кольцевые канавки; повышенный износ колец – залегание колец, поломка кольца; повышенный износ гильзы цилиндра; износ механизма газораспределения – износ втулок, сёдел, направляющих, клапанов. Как видно, в итоге, повышается давление в картере, что свидетельствует о том, что количество газов увеличивается.

При помощи процесса рециркуляции можно решить задачу по уменьшению выброса окислов азота в атмосферу. Прорыв газов в картер отбирается через систему рециркуляции и попадает в камеру сгорания вместе с воздухом на впуск.

На Рисунке 1 показано, что при рециркуляции происходит значительное уменьшение выделения оксида азота, который является опасным как для здоровья человека, так и для окружающей среды, подавляя растительность. Появление нитратов связано не только с добавлением удобрений, но и с загрязнением атмосферного воздуха, особенно в тепличных хозяйствах, где работают трактора.

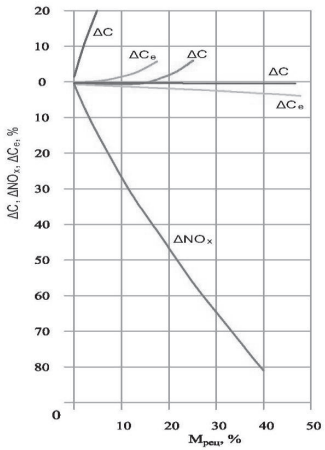


Рисунок 1 – Влияние рециркуляции отработавших газов на экономичность, дымность и концентрацию окислов азота в отработавших газах дизеля

Выводы

1. Количество вредных веществ, поступающих в атмосферу в составе отработавших газов, зависит от общего технического состояния трактора и, особенно, от двигателя – источника наибольшего загрязнения.

2. Из всего количества токсичных составляющих ОГ с точки зрения воздействия на организм человека и окружающую среду следует выделить окислы азота, угарный газ, бензапирен и полиароматические углеводороды.

3. Мировые тенденции сводятся к значительному ужесточению норм токсичности, что делает еще более актуальными вопросы, связанные со снижением токсичности отечественных двигателей автотракторной техники.

4. Установлено, что частично добиться уменьшения окислов азота можно путем рециркуляции отработавших газов.

Заключение

Поступившие картерные газы в систему носят негативный характер, т.к. происходит обеднение смеси кислородом, соответственно уменьшается процесс горения, что приводит к снижению мощностных показателей (за исключением режимов малых нагрузок).

Однако, поступившие рециркуляционные газы оказывают и положительное действие, уменьшая образование окислов азота, что приводит к улучшению экологических показателей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.

2. 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.

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. Звонов, В. А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания / В. А. Звонов. – М. : Машиностроение, 1981. – 160 с.

5. Ложкин, В. Н. О перспективах применения метода контроля дымности по национальному стандарту РФ ГОСТ 52160-2003 для оценки эколого-технических и топливно-экономических показателей дизелей транспортных средств в эксплуатации / В. Н. Ложкин, Ю. А. Голубихин // Автотранспортное предприятие. – 2005. – № 5.

6. Ложкин, В. Н. Об оценке цикловой подачи топлива дизелей по составу отработавших газов / В. Н. Ложкин, О. И. Дёмочка, В. М. Заводчиков //

Повышение технического уровня топливной аппаратуры автотракторных двигателей. – Тр. ЦНИТА. – Вып. № 83-84. – С. 81-89.

7. Обзоры выбросов вредных веществ в атмосферу на территории Московской области. – М. : Госкомэкология, 1990-1996 гг.

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. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. – С. 10-19.

9. Патент № 2834903 C1 Российская Федерация, МПК G01F 17/00. Способ определения объема картера двигателя внутреннего сгорания : заявл. 05.09.2024 : опубл. 17.02.2025 / О. Н. Дидманидзе, А. И. Сучков, С. Н. Девянин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева».

10. 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.

Об авторах:

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.

Владимирова Наталия Ивановна, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

Макаров Александр Алексеевич, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), amakarov@rgau-msha.ru.

About the authors:

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.

Natalia I. Vladimirova, Senior Lecturer, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Alexander A. Makarov, Senior Lecturer, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), amakarov@rgau-msha.ru.

УДК 631.356.46:658.562.011.56

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КПК-2-01 ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОСАДКИ С НАТЯГОМ

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

Аннотация. *В статье рассматривается актуальность использования картофелеуборочного 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 THE POTATO HARVESTER KPK-2-01 THROUGH THE USE OF INTERFERENCE FIT

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 KPK-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, ремонтопригодности и имеет относительно низкую стоимость [1, 2]. 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 [3]:

- 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 [4-6]. 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.

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:

$$Э_1 = З_1^б - З_1^у, \quad (1)$$

где $З_1^б$, $З_1^у$ – годовые затраты на текущий ремонт одного комбайна у базового варианта и улучшенного соответственно, р.

Годовые затраты на текущий ремонт одного комбайна рассчитывают по формуле:

$$З_1 = Т_Р t_{нч} k_{СФР}, \quad (2)$$

где $T_р$ – годовая трудоемкость работ по текущему ремонту, чел·ч;

$t_{нч}$ – средняя стоимость одного нормо-часа работы специалиста по ремонту комбайна, руб./ нормо-час;

$k_{СФР}$ – коэффициент, учитывающий обязательные отчисления в Социальный фонд России.

Используя данные, представленные в Таблице 1 годовая трудоемкость работ по текущему ремонту будет рассчитана по формуле:

$$Т_Р = W_ч Т_ч, \quad (3)$$

где $W_ч$ – средняя годовая наработка комбайна в часах чистой работы, ч;

$T_ч$ – 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.	64 350	52 650
Годовой экономический эффект	р/год	11 700	

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. 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.

4. 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.

5. Пупкова, Д. А. Обеспечение норм точности посадок цилиндрических соединений приводов муфт со шпонками при ремонте сельскохозяйственной техники : дис. … канд. техн. наук : 4.3.1 / Д. А. Пупкова. – Москва, 2024. – 128 с.

6. 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 авторе:

Пупкова Дарья Александровна, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, bogolyubova@rgau-msha.ru.

About the author:

Darya A. Pupkova, Associate Professor 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, bogolyubova@rgau-msha.ru.

УДК 631.3

ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР НА ИЗНОС С ДОБАВЛЕНИЕМ БИОДОБАВОК РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

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

Аннотация. *В статье представлены результаты испытаний плунжерных пар на износ, и методика проведения испытаний на износ. Стенд позволил провести исследования на дизельном топливе и с биодобавками растительного происхождения 25 %, 50 % и 75 % (рапсовое, соевое). Представлены результаты стендовых исследований плунжерных пар ТНВД 4УТНМ на износ с добавлением биодобавок растительного происхождения рапсового и соевого масла.*
Ключевые слова: *стенд для испытаний плунжерной пары на износ, плунжерная пара, дизельное топливо, биодобавки, рапсовое масло, соевое масло.*

RESEARCH OF PLUNGER PAIRS FOR WEAR WITH THE ADDITION OF PLANT-BASED BIOADDITIVES

I. I. Rudenko, A. S. Apatenko
Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article also describes the methodology for conducting wear tests. The test stand allowed for the use of diesel fuel and vegetable bio-additives at concentrations of 25 %, 50 % and 75 % (rapeseed and soybean). The results of bench tests of the 4UTNM injection pump plunger pairs for wear with the addition of rapeseed and soybean oil bioadditives are presented.*
Keywords: *test stand for wear testing of a plunger pair, plunger pair, diesel fuel, bioadditives, rapeseed oil, soybean oil.*

Природное масло растительного происхождения уже давно используется как альтернативные биодобавки в дизельное топливо. В настоящее время нет таких исследований на стенде для испытаний на износ плунжерных пар. Стенд разработан и собран в максимально простой конструкции, для применения различных видов топлива.

Цель работы – необходимо определить износ плунжерных пар ТНВД 4УТНМ с добавлением биодобавок растительного происхождения из рапсового и соевого масла и понять, как изменяется ресурс плунжерных пар от применения биодобавок растительного происхождения рапсового и соевого масла.

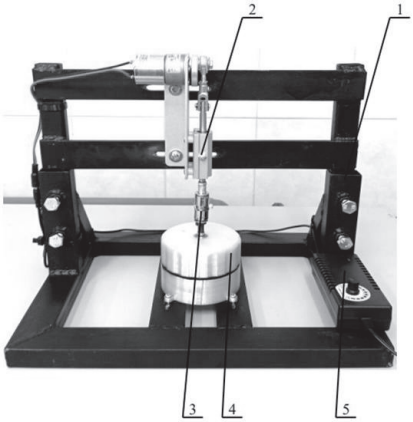
Объектом исследования являются плунжерные пары топливного насоса

высокого давления 4УТНМ дизельного двигателя Д-243 трактора МТЗ-82.1.

Научная новизна заключается в проведении исследования и получение результатов испытаний плунжерных пар на разработанном и не имеющим аналогов стенде для испытания плунжерных пар на износ топливного насоса высокого давления 4УТНМ дизельного двигателя Д-243 трактора МТЗ-82.1.

Материалы и методы исследования

Исследования износа плунжерных пар проводили на стенде, представленном на Рисунке 1 [7, 9].



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2850571

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ПЛУНЖЕРНОЙ ПАРЫ НА ИЗНОС

Патентообладатели: *Руденко Иван Иванович (RU), Сущенко Денис Олегович (RU), Болясов Денис Александрович (RU)*

Авторы: *Руденко Иван Иванович (RU), Сущенко Денис Олегович (RU), Болясов Денис Александрович (RU)*

Заявка № 2025109170

Приоритет изобретения 11 апреля 2025 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 12 ноября 2025 г.

Срок действия исключительного права на изобретение истекает 11 апреля 2045 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

Рисунок 1 – Стенд для испытаний плунжерной пары на износ:
1 – рама; 2 – возвратно-поступательный механизм; 3 – переходник, соединяющий шток возвратно-поступательного механизма и поршень плунжерной пары; 4 – ёмкость для топлива; 5 – регулятор напряжения

Стенд используется для проведения практических, лабораторных, исследовательских работ в РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева с целью уменьшить затраты и расходы на проведения испытаний. Методика позволяет провести как ускоренные, так и полные испытания на износ плунжерных пар на дизельном топливе и с добавлением 25 %, 50 % и 75 % (рапсового и соевого масла) [1-10].

Для проведения стендовых исследований использовались плунжерные пары ТНВД (топливного насоса высокого давления) 4УТНМ-1111410-01, материал изготовления – сталь марки 25Х5М.

Все плунжерные пары ТНВД 4УТНМ были из одной партии производства Ногинского завода топливной аппаратуры (НЗТА) и с одной гидравлической плотностью.

В качестве топлива применялось: дизельное топливо, а также:

75%ДТ 25%БРП – 75 % дизельного топлива и 25 % биодобавки растительного происхождения; 50%ДТ 50%БРП – 50 % дизельного топлива и 50 % биодобавки растительного происхождения; 25%ДТ 75%БРП – 25 %

дизельного топлива и 75 % биодобавки растительного происхождения.

Рисунок 2 – Плунжерная пара ТНВД 4УТНМ:
1 – поршень плунжерной пары; 2 – втулка плунжерной пары

Проведение сравнительных испытаний плунжерных пар 4УТНМ-1111410-01 на износ на различных видах топлива проходило в несколько этапов:

1. На первом этапе производилось определение гидравлической плотности плунжерной пары 4УТНМ-1111410-01 ТНВД по стандартной методике на стенде КИ-1640 [8-13].

2. На втором этапе проводились испытания плунжерной пары 4УТНМ-1111410-01 ТНВД на износ на разработанном стенде в емкости с различными видами топлива (Таблицы 1, 2), время проведения испытаний плунжерной пары – до 4000 ч; количество оборотов электродвигателя – 1000 об/мин. [7, 9].

3. На третьем этапе через каждые 500 часов непрерывной работы разработанного стенда проводились промежуточные измерения значений гидравлической плотности плунжерной пары на стенде КИ-1640 (Рисунки 2, 3) [5-13].

Результаты исследований

После проведения стендовых исследований плунжерных пар ТНВД 4УТНМ на износ с добавлением рапсового и соевого масла, получили следующие результаты, представленные в Таблицах 1, 2 и на Рисунках 2, 3.

Таблица 1 – Результаты исследований гидроплотности плунжерной пары ТНВД 4УТНМ после испытаний на износ с биодобавками растительного происхождения на рапсовом масле

Вид топлива	**Время проведения испытаний плунжерной пары, ч**								
	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
	Гидравлическая плотность плунжерной пары, с								
ДТ	63	59	47	40	33	25	16	9	5
75%ДТ 25%РМ	69	65	57	45	38	33	25	21	17
50%ДТ 50%РМ	74	67	60	54	45	37	30	25	19
25%ДТ 75%РМ	81	77	66	56	48	38	32	26	20

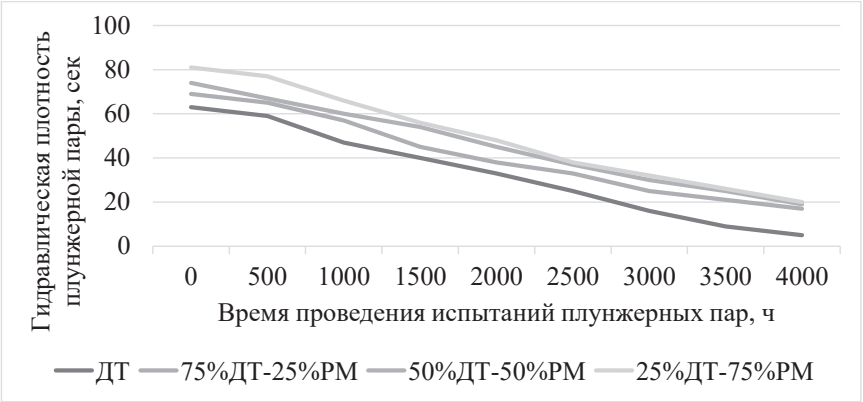


Рисунок 3 – Результаты стендовых исследований плунжерных пар ТНВД дизельного двигателя Д-243 после испытаний на износ с биодобавками растительного происхождения на рапсовом масле

Таблица 2 – Результаты исследований гидроплотности плунжерной пары ТНВД 4УТНМ после испытаний на износ с биодобавками растительного происхождения на соевом масле

Вид топлива	**Время проведения испытаний плунжерной пары, ч**								
	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
	Гидравлическая плотность плунжерной пары, с								
ДТ	63	59	47	40	33	25	16	9	5
75%ДТ 25%СМ	66	65	54	44	36	28	24	19	17
50%ДТ 50%СМ	71	69	57	47	39	31	27	24	19
25%ДТ 75%СМ	84	71	64	52	45	34	32	26	22

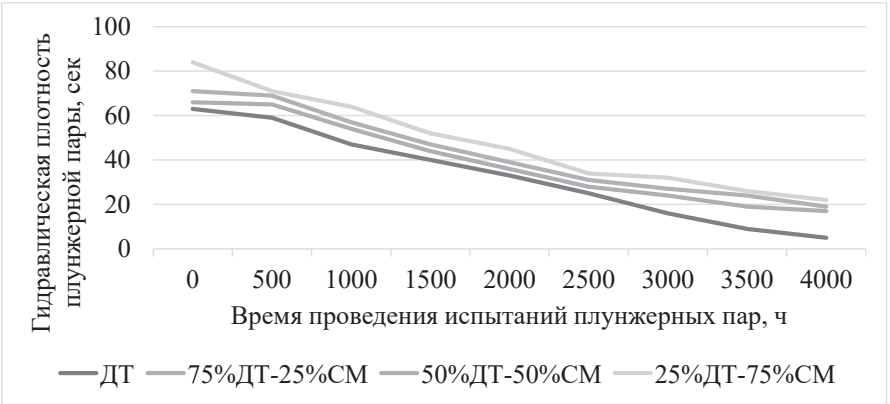


Рисунок 4 – Результаты стендовых исследований плунжерных пар ТНВД дизельного двигателя Д-243 после испытаний на износ с биодобавками растительного происхождения на соевом масле

Выводы

Результаты стендовых исследований плунжерных пар ТНВД дизельного двигателя Д-243 на износ с биодобавками растительного происхождения показали, что при использовании биодобавок растительного происхождения в дизельное топливо 25 % и 50 % увеличивается ресурс плунжерных пар более чем на 1000 м/ч или на 25 % работы.

Таким образом ресурс плунжерных пар на дизельном топливе в среднем составляет 3000 м/ч, а на смесевом топливе с биодобавками растительного происхождения не менее 4000 м/ч.

Использование биодобавок растительного происхождения в дизельное топливо 75 % не целесообразно в связи с тем, что повышается плотность и вязкость смесевого дизельного топлива, что ведет к дополнительным затратам и установке устройства для подогрева топлива, что сообщается в работах [7, 9].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голубев, И. Г. Испытание дизелей на топливе с биодобавками / И. Г. Голубев, И. И. Руденко // Труды ГОСНИТИ. – 2014. – Т. 114, № 1. – С. 66-68.

2. Апатенко, А. С. Совершенствование элементов топливной системы дизельного двигателя при использовании биотоплива / А. С. Апатенко, И. И. Руденко // В сборнике: Чтения академика В. Н. Болтинского. – М. : ООО «Сам полиграфист», 2023. – С. 266-271.

3. Апатенко, А. С. Влияние биотопливных композиций в дизельном топливе на параметры двигателя / А. С. Апатенко, И. И. Руденко, А. С. Прибытков // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2022. – № 3. – С. 24-27.

4. Апатенко, А. С. Сопоставление согласованности характеристик типовых фильтрующих элементов с работой в биотопливе из рапсового масла / А. С. Апатенко, И. И. Руденко, Н. С. Севрюгина // Естественные и технические науки. – 2022. – № 1 (164). – С. 223-229.

5. Руденко, И. И. Стенд для испытания плунжерных пар ТНВД дизельных двигателей / И. И. Руденко, А. С. Апатенко // Чтения академика В. Н. Болтинского. – М. : ООО «Сам полиграфист», 2025. – С. 285-289.

6. Уханов, А. П. Испытание секций ТНВД на различных видах топлива / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, Е. Г. Ротанов [и др.] // Сельский механизатор. – 2018. – № 9. – С. 34-35.

7. Патент № 2850571 C1 Российская Федерация, МПК F02M 65/00. Стенд для испытаний плунжерной пары на износ : заявл. 11.04.2025 : опубл. 12.11.2025 / И. И. Руденко, Д. О. Сущенко, Д. А. Болясов.

8. Голубев, И. Г. Методика и результаты испытания дизелей на смесевом топливе / И. Г. Голубев, И. И. Руденко, В. И. Панферов // В сборнике: Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК. Материалы VII Международной научно-практической конференции «ИнформАгро – 2014». – Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, 2014. – С. 357-359.

9. Руденко, И. И. Влияние биодобавок из рапсового масла в дизельное топливо на работу топливной аппаратуры двигателя / И. И. Руденко, А. С.

Апатенко, Н. С. Севрюгина. – М. : ООО «УМЦ «Триада», Москва, 2025. – 178 с.

10. Голубев, И. Г. Работоспособность топливной аппаратуры дизелей на топливе с биодобавками / И. Г. Голубев, И. И. Руденко, В. И. Панферов // Труды ГОСНИТИ. – 2013. – Т. 112, № 2. – С. 51-52.

11. Голубев, И. Г. Влияние биодобавок в смесевое топливо на работоспособность топливной аппаратуры дизельных двигателей / И. Г. Голубев, И. И. Руденко // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 5. – С. 45-47.

12. Голубев, И. Г. Влияние биодобавок из рапсового масла в дизельное топливо на работоспособность фильтров тонкой очистки / И. Г. Голубев, И. И. Руденко // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: VI-ая Международная научно-практическая конференция. – М. : ФГБНУ Росинформагротех, 2012. – С. 318-319.

13. Уханов, А. П. Теоретическая оценка влияния дизельного смесевого топлива на износ плунжерных пар ТНВД / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, Е. Г. Ротанов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 2 (14). – С. 115-119.

Об авторах:

Руденко Иван Иванович, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, vanya.rudenko.82@mail.ru.

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:

Ivan I. Rudenko, Senior Lecturer, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Technical Sciences, vanya.rudenko.82@mail.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.

УДК 658.562.3:31

НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО РЕМОНТУ МАШИН АПК

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

***Аннотация**. Рассмотрены классические инструменты контроля качества, которые могут быть реализованы на предприятиях по ремонту машин АПК, приведен современный перечень стандартов в области статистических методов управления качества, рассмотрены направления использования статистических методов управления качеством на предприятиях по ремонту машин АПК.*
***Ключевые слова:** предприятия по ремонту машин АПК, инструменты контроля качества, система качества, статистические методы управления качеством, брак, внешние потери, внутренние потери.*

APPLICATION OF STATISTICAL METHODS OF QUALITY MANAGEMENT AT ENTERPRISES REPAIRING AGRO-INDUSTRIAL MACHINES

A. N. Samordin
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

***Abstract.** The article examines classical quality control tools that can be implemented at enterprises repairing agricultural machinery, provides a modern list of standards in the field of statistical methods of quality management, and examines the areas of use of statistical methods of quality management at enterprises repairing agricultural machinery.*
***Keywords:** enterprises repairing agricultural machinery, quality control tools, quality system, statistical methods of quality management, defects, external losses, internal losses.*

Введение

Развитие отечественного автотракторного машиностроения требует современного подхода к качеству и технологиям производства [1-5]. 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 [6-11]. Автотракторная техника по мере эксплуатации будет регулярно подвергаться ремонтным воздействиям, для чего нужно предусмотреть и вопросы обеспечения рациональных способов восстановления [12], цифрового моделирования контроля [13], соблюдения норм взаимозаменяемости [14-16], технологий управления качеством [17-19], метрологического обеспечения производства [20, 21] при ремонте сборочных единиц и агрегатов машин и оборудования для сельского хозяйства.

С другой стороны, по мере развития дилерских центров, специализированных сервисных предприятий по техническому обслуживанию и ремонту машин для АПК возникает необходимость ориентации оказываемых услуг на качество, что будет исключать внешние потери. Сегодня на российских ремонтных предприятиях вопросам качества предоставляемых услуг уделяется все большее внимание.

В число средств повышения эффективности функционирования системы технического сервиса входит внедрение на предприятиях ТС АПК системы менеджмента качества (СМК) и ее совершенствование. Для обеспечения качества оказываемых услуг головные предприятия требуют от дилерских центров внедрения СМК на основе международных стандартов ИСО серии 9000. Наличие на предприятии сертифицированной СМК и поддержание ее в актуальном состоянии является общепризнанной нормой в большинстве развитых стран и все более востребованным условием реализации контрактов.

Применяемые методы и средства

Ключевой целью предприятий ТС АПК в условиях формирующегося рынка услуг является достижение, поддержание и стремление к постоянному улучшению качества своей работы для постоянного удовлетворения всех установленных и ожидаемый требований потребителей и других заинтересованных сторон. В формирующейся инженерно-технической системе АПК в условиях рыночной конкуренции наличие сертифицированной СМК на основе МС ИСО серии 9000 становится решающим фактором выживания и эффективной деятельности предприятия технического сервиса.

В настоящее время иметь на предприятии систему качества по ИСО 9000 стало делом престижа каждой организации и фирмы. Целью СМК является соответствие результатов процессов компании потребностям потребителя, организации и общества. Задача СМК заключается в постоянном улучшении качества посредством регулярного анализа результатов и корректировки деятельности, полное отсутствие дефектов и непроизводственных затрат, выполнение намеченного точно в срок.

Одно из серьезных затруднений при совершенствовании СМК в российских организациях – недостаточная подготовка отечественных специалистов в области применения статистических методов. Зачастую специалисты не уверены, следует ли в их организации применять эти методы, возможно ли это в принципе и принесет ли какой-нибудь реальный положительный эффект. А статистические методы, в свою очередь, имеют важное значение.

Для ответа на эти вопросы целесообразно вспомнить, что все события, которые окружают нас в реальной жизни, разделяются на три вида – достоверные, невозможные и случайные. Достоверным является событие, которое наступает всегда, независимо от наших действий. Невозможным является событие, которое никогда не наступает, что бы мы не предпринимали. Случайным является событие, которое иногда наступает, а иногда не наступает в результате наших усилий. Никакого четвертого вида событий не существует.

Совершенно очевидно, что ни невозможные, ни достоверные события не должны нас интересовать ни в личной жизни, ни, тем более, в работе. Зачем думать о том и тратить время на то, что все равно обязательно произойдет или не произойдет ни при каких условиях? Ясно, что этими вещами заниматься не следует. То есть на практике мы имеем дело только со случайными событиями.

А раз так, то, очевидно, что обязательным аппаратом для анализа ситуаций, возникающих в менеджменте качества и в менеджменте вообще, должны служить теория вероятностей и статистика.

Результаты исследований и их анализ

Производя любую продукцию (услугу), организация удовлетворяет потребности заинтересованных сторон в какой-то степени, с какой-то вероятностью. При этом, когда заинтересованных сторон (например, потребителей) много, степень удовлетворения их потребностей в общем случае различна, т.е. распределена в некотором интервале. Это касается любой, в том числе и единичной, продукции. Когда же продукция массовая, показатели ее качества всегда явно распределены по шкале оценок. Таким образом, адекватно оценить качество продукции без применения статистики невозможно.

Ремонт машин относится к единичному и мелкосерийному производству, которое не столь заточено на массовость технологических процессов, в отличие от машиностроения. И здесь возникают большие риски, связанные именно с использованием изношенных базовых и ответственных элементов – корпусов, блоков цилиндров, коленчатых и распределительных валов, шестерен и т.д. Требуется четкая оценка каждого изношенного элемента детали и накопление статистических данных по этим параметрам с целью технических и экономических выводов и понимания рисков.

Вторая, после оценки, область применения статистических методов в организации – регулирование технологических процессов. Это регулирование тоже всегда носит вероятностный характер.

Необходимость применения статистических методов вызвана изменчивостью в поведении и результатах фактически всех процессов даже в условиях очевидной стабильности.

Статистические методы позволяют лучше использовать имеющиеся данные для принятия решения и тем самым способствуют повышению качества продукции и процессов, а также достижению удовлетворенности потребителя.

Именно применение статистических методов обеспечения качества продукции и услуг, применяемых в рамках СМК на предприятиях ИТС АПК, позволит повысить качество ремонтируемых изделий, а, следовательно, и

привлекательность для потребителей российских дилерских центров, что в свою очередь ведет к повышению конкурентоспособности на рынке ремонта.

Статистические методы играют важную роль в объективной оценке количественных и качественных характеристик процесса и являются одним из важнейших элементов системы обеспечения качества продукции и всего процесса управления качеством. Их применение составляет основу современных подходов системного управления качеством продукции и услуг на предприятии.

Статические методы относятся к относительно простым методам, которые применяются для экспресс-анализа экономической эффективности проекта на ранних стадиях экспертизы проектов. Используются наиболее часто при разработке бизнес-планов.

Методы статистического описания – это удобные способы изложения упорядоченной информации о наблюдениях.

Применение статистических методов и моделей для статистического анализа конкретных данных тесно привязано к проблемам соответствующей области. Их можно рассматривать как примеры практического применения статистических методов.

Математическая статистика играет роль математического фундамента для прикладной статистики.

К 1979 году Союз японских ученых и инженеров (JUSE) собрал воедино семь достаточно простых в использовании наглядных методов анализа процессов. При всей своей простоте они сохраняют связь со статистикой и дают профессионалам возможность пользоваться их результатами, а при необходимости – совершенствовать их. Основные статистические инструменты управления качеством представлены на Рисунке 1.

Рисунок 1 – Классификация основных статистических инструментов

Причинно-следственная диаграмма Исикавы является очень мощным инструментом для анализа ситуации, получения информации и влиянии разных факторов на основной процесс.

Диаграмма Парето ранжирует отдельные области по значимости или важности и призывает выявить и в первую очередь устранить те причины, которые вызывают наибольшее количество проблем (несоответствий). Одним из примеров использования диаграммы Парето при эксплуатации техники для АПК является научные разработки по АВС-анализу показателей качества картофелеуборочных комбайнов [13, 14], а также ее применение для оценки внутренних потерь в машиностроении [15].

Контрольные листки, как опорные средства обработки первичной информации, могут применяться как при контроле по качественным, так и по количественным признакам, в них отражается номенклатура всех дефектов по процессу за заданный отрезок времени. Контрольный листок является хорошим базовым статистическим материалом для дальнейшего анализа брака и способов его устранения. Примером реализации контрольного листка в ремонтном производстве является работа [16], где он применён для процесса дефектации шеек коленчатого вала.

Гистограммы – один из вариантов столбчатой диаграммы, отображающий зависимость частоты попадания параметров качества изделия или процесса в определенный интервал. Гистограммы в ремонтном производстве широко применяются как для оценки износа деталей, что выявляется при дефектации, так и для выявления брака при оценке результатов обработки под ремонтный размер [17].

Диаграммы разброса представляют собой графики, которые позволяют выявить корреляцию между различными факторами, влияющими на показатели качества. Данный инструмент широко используется в научных работах, связанных с анализом параметров технологических процессов ремонта машин.

Контрольные карты Шухарта оценивают стабильность технологического процесса, то есть динамику среднего значения в коридоре из верхней и нижней границы допуска. Контрольные карты в ремонтном производстве редко, но применяются для процессов механической обработки деталей под ремонтный размер [18]. В процессах ремонта они должны найти более широкое применение.

Графики используются для наглядности и облегчения понимания взаимозависимости количественных величин или их изменений во времени. Чаще всего применяют линейные, круговые, столбчатые и ленточные графики, которые можно встретить во многих статьях, посвященных ремонтным технологиям.

Стандарт ГОСТ Р ИСО 9001-2015 определяет, что организация должна планировать и применять процессы мониторинга, измерения, анализа и улучшения, необходимые для: демонстрации соответствия требованиям к продукции; обеспечения соответствия системы менеджмента качества; постоянного повышения результативности системы менеджмента качества. Указанная деятельность должна включать в себя определение применимых методов, в том числе статистических, и область их использования.

Стандарт ГОСТ Р ИСО 9001-2015 включает статистические методы в число методов мониторинга измерений, анализа и улучшения, необходимых, среди всего прочего, для демонстрации соответствия продукции.

В п. 8.4 «Анализ» ГОСТ Р ИСО 9004–2015 говорится, что высшему руководству необходимо анализировать полученную в результате мониторинга среды организации информацию, выявлять возможности и риски и устанавливать планы управления. Другими словами, статистические методы могут указать правильный путь и их применение значительно снизит уровень брака в производстве.

Внедрение статистических методов управления качеством продукции в рамках СМК на предприятиях инженерно-технической системы АПК позволит оптимизировать производственные процессы и производство в целом для значительного повышения эффективности технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта и сельскохозяйственной техники, повышения качества услуг, культуры производства, квалификации специалистов и т.д., а также обеспечит снижение затрат и получение максимального эффекта от затрачиваемых материальных и трудовых ресурсов.

Одной из причин резкого сокращения численности тракторов и комбайнов является снижение уровня технического сервиса. В результате имеющаяся техника не проходит предусмотренные для неё виды технического обслуживания в регламентированные сроки, что приводит к отказам в период полевых работ, а также к преждевременному выходу из строя этой техники.

Из-за недостатка квалификации работников сельскохозяйственных предприятий и отсутствия необходимых оборудования и оснастки в большинстве хозяйств техническое обслуживание и ремонт техники проводятся недостаточно качественно или не проводятся вовсе. Данная проблема является важной, и ее решение имеет особое значение. Для повышения эффективности функционирования системы технического сервиса необходимо задействовать все имеющиеся средства. В число этих средств входит и внедрение на предприятиях ТС АПК системы менеджмента качества (СМК). Наличие на предприятии сертифицированной СМК является общепризнанной нормой в большинстве стран и все более востребованным условием гарантии контрактов. Ключевой целью предприятий ТС АПК в условиях формирующегося рынка услуг является достижение, поддержание и стремление к постоянному улучшению качества своей работы для постоянного удовлетворения всех установленных и ожидаемый требований потребителей и других заинтересованных лиц.

Нормативная база по применению статистических методов управления качеством в машиностроительном и ремонтном производстве должна строиться на основе целого ряда стандартов, в том числе международных, рекомендаций и методических инструкций. В Российской Федерации приняты следующие основные нормативные документы в области качества продукции, услуг, а также применения статистических методов для обеспечения и контроля качества (Таблица 1).

Таблица 1 – Базовые нормативные документы по применению статистических методов

Обозначение нормативного документа	Наименование нормативного документа
ГОСТ Р ИСО 9000–2015	Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь
ГОСТ Р ИСО 9001–2015	Системы менеджмента качества. Требования
ГОСТ Р ИСО/ТО 10017–2005	Статистические методы. Руководство по применению в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001
ГОСТ Р ИСО 10576-2025	Статистические методы. Руководство по оценке соответствия установленным требованиям
ГОСТ Р ИСО 3534-1-2019	Статистические методы. Словарь и условные обозначения
ГОСТ Р ИСО 3534-2-2019	Статистические методы. Словарь и условные обозначения. Часть 2. Прикладная статистика
ГОСТ Р ИСО 7870-1-2022	Статистические методы. Контрольные карты. Часть 1. Общие принципы
ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015	Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта
ГОСТ Р ISO 7870-3- 2023	Статистические методы. Контрольные карты. Часть 3. ГОСТ ISO 7870-3-2023. Приемочные контрольные карты
ГОСТ Р ИСО 7870-4-2023	Статистические методы. Контрольные карты. Часть 4. Карты кумулятивных сумм
ГОСТ ISO 7870-5-2023	Статистические методы. Контрольные карты. Часть 5. Специальные контрольные карты

Одним из важнейших элементов СМК в соответствии с требованиями национального стандарта ГОСТ Р ИСО 9001–2015 является применение статистических методов. Применение статистических методов на предприятиях инженерно-технической системы АПК в рамках СМК имеет важное значение для обеспечения, управления и улучшения качества продукции. Для помощи предприятиям в выборе статистических методов, используемых при разработке, внедрении, поддержке и улучшении СМК утвержден национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО/ТО 10017–2005. Не следует забывать и про реализацию процессного подхода при внедрении элементов статистического контроля [19], а также т от факт, что в первую очередь необходимо внедрять статистический контроль на операции входного контроля запасных частей [20], так как в целом ряде случаев на конвейер машиностроительных предприятий идет годная продукция, а брак покупается недобросовестными посредниками по цене металлолома, которые потом его с легкостью реализуют ремонтным предприятиям в качестве запасных частей по ценам немного ниже оригинальных деталей.

На основе анализа областей применения статистических методов и существующих тенденций реформирования ИТС АПК систематизированы и сформированы направления применения статистических методов управления качеством продукции на предприятиях ИТС АПК (Рисунок 2).

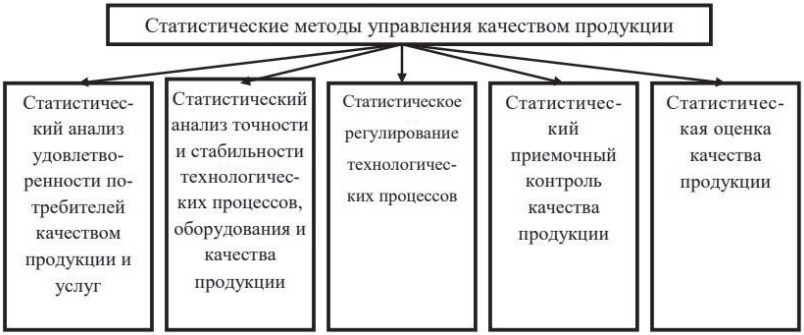


Рисунок 2 – Направления применения статистических методов на предприятиях ИТС АПК

Вывод

Внедрение статистических методов на предприятиях ИТС АПК, а именно, в дилерских центрах позволит:

- углубить знания о процессах ремонта и оценке параметров качества;
- регулировать процессы в соответствии с установленными целями;
- снижать отклонения параметров качества;
- улучшать характеристики процессов различными способами.

Важнейшей проблемой при создании СМК ИСО серии 9000 на предприятиях ИТС АПК является внедрение статистических методов в рамках СМК. Без применения статистических методов мониторинга и анализа СМК не сможет функционировать результативно, чтобы обеспечивать постоянно и гарантированно достижение целей в области качества.

Статистический анализ должен проводится для определения точности и стабильности технологических процессов или оборудования, установления вида и причин брака, в конечном счете – для повышения качества отремонтированных машин и их составных частей.

Целью внедрения статистических методов управления на предприятиях ТС АПК является оптимизация производственных процессов и производства в целом для получения максимального эффекта от затрачиваемых материальных и трудовых ресурсов.

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

5. 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.

6. 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.

7. 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

8. Парлюк, Е. П. Жизненный цикл технической системы как экономическая категория / Е. П. Парлюк // Международный технико-экономический журнал. – 2013. – № 2. – С. 43-47.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

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. Леонов, О. А. Взаимозаменяемость / О. А. Леонов, Ю. Г. Вергазова. – 2-е издание, исправленное. – М. : Издательство «Лань», 2018. – 208 с. – ISBN 978-5-8114-2811-3.

15. Леонов, О. А. 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.

16. Leonov, O. A. Calculation of Fit Tolerance by the Parametric Joint Failure Model / O. A. Leonov, N. Z. Shkaruba // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2020. – Vol. 49, No. 12. – P. 1027-1032. – DOI 10.3103/S1052618820120092.

17. Методика оценки качества процессов предприятий технического сервиса / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова // Компетентность. – 2021. – № 2. – С. 32-38. – DOI 10.24412/1993-8780-2021-2-32-38.

18. 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.

19. 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.

20. 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.

21. Парлюк, Е. П. Управление инновационными рисками в отраслях продовольственного комплекса / Е. П. Парлюк // Международный технико-экономический журнал. – 2017. – № 1. – С. 33-38.

Об авторе:

Самордин Андрей Николаевич, соискатель, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), metr@rgau-msha.ru.

About the author:

Andrey N. Samordin, applicant, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), metr@rgau-msha.ru.

УДК 631.171:636.086.1

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ ПРИ ВЕРОЯТНОСТНОМ ХАРАКТЕРЕ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

В. А. Смелик[1], А. Н. Перекопский[2]
[1]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
[2]Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. *Вероятностные внешние условия функционирования технических средств возделывания, уборки и послеуборочной обработки сельскохозяйственных культур значительно затрудняют получение продукции заданного качества при минимальных затратах труда и энергии. Предложено рассматривать технологию производства растениеводческой продукции как систему с общей характеристикой в виде технологической надежности, являющейся свойством, отражающим успешность выполнения агротехнических операций, как каждым отдельным элементом, так и всей системой в целом с учетом вероятностных условий функционирования. Рассмотрен математический метод исследования технологических операций уборочного процесса зерновых культур и их послеуборочной обработки с помощью регулярной Марковской цепи. Предложены пять схем работы комплексов технических средств для сельскохозяйственных организаций, позволяющих заготовить: зерносенаж; очесанные колосья молочной спелости, фуражное зерно с плющением и внесением консерванта; фуражное зерно с сушкой и последующим дроблением; семенное зерно.*
Ключевые слова*: технологическая надежность, математический метод, уборка зерновых культур, зерносенаж, очес, плющеное зерно, фураж, семена*.

ENSURING THE TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF TECHNICAL MEANS IN PLANT GROWING UNDER THE PROBABLE CHARACTER OF EXTERNAL FUNCTIONING CONDITIONS

V. A. Smelik[a], A. N. Perekopskiy[b]
[a]Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russian Federation
[b]Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract. *Probabilistic external conditions of the functioning of technical means of cultivation, harvesting, and post-harvest processing of crops significantly complicate the obtaining of products of the required quality with minimal labor and energy costs. It is proposed to consider the technology of production of plant-growing products as a system, with a general characteristic in the form of technological reliability, which is a property that characterizes the success of performing agrotechnical operations, both by each individual element and by the entire system as a whole, taking into account probabilistic conditions of functioning. Considered the mathematical method of research of technological operations of the harvesting process of grain crops using a regular Markov chain. Proposed five schemes of operation of complexes of technical means for agricultural organizations, allowing to prepare: grain haylage; the combed ears of milk maturity, fodder grain with flattening and application of a preservative; fodder grain with drying and subsequent crushing; seed grain.*
Keywords*: technological reliability, mathematical method, grain harvesting, grain silage, threshing, crushed grain, fodder, seeds.*

В технологиях возделывания и уборки сельскохозяйственных культур используются различные комплексы технических средств, технологически объединенных причинно-следственными связями в сложные многоуровневые системы, функционирующие в условиях вероятностного характера внешних возмущающих воздействий [1-4]. Для получения выращиваемой продукции необходимого качества и с максимальным эффектом, такие системы должны быть сформированы из элементов, функционирование каждого из которых отвечает некоторым общим требованиям и не ухудшает функционирование системы в целом. Таким общим требованием к системе и ее элементам может быть принята характеристика их технологической надежности, представляющая собой свойства сельскохозяйственных агрегатов выполнять свои технологические функции в соответствии с агротехническими требованиями в течение заданного времени при вероятностном характере внешних условий функционирования. В такой постановке вопроса повышение эффективности функционирования системы будет связано с обеспечением и сохранением ее технологической надежности.

В качестве примера проектирования технологически надежной сельскохозяйственной системы рассмотрим наиболее подверженную влиянию внешних условий технологию уборки и послеуборочной обработки зерновых культур.

Сроки уборки зерновых культур и их продолжительность обусловлены, в основном, природно-климатическими и биологическими условиями (степенью созревания и готовности к уборке). Метеорологические условия в течение уборочного периода, как правило, ухудшаются. Более благоприятные погодные условия для уборки зерновых культур в июле и первой половине августа. Уборочный сезон целесообразно начинать как можно раньше, с учетом фаз созревания зерновой культуры. Смещение сроков уборки на более благоприятный период можно обеспечить путем внедрения технологий заготовки зерносенажа, уборки колосьев очесывающей жаткой безобмолотным

методом и плющения зерна с последующим консервированием, которые проводятся в период молочно-восковой и восковой спелости [5, 6]. Состав очесанного вороха зерновой культуры составляет (по массе): свободное зерно 60…80 %; зерно в колосьях 10…20 %; мякина 20…30 % [7].

Рассмотрим модель технологического процесса уборки при вероятностном характере изменения погодных условий. Представим ее в виде регулярной Марковской цепи [5, 8] с пятью поглощающими состояниями (Рисунок 1).

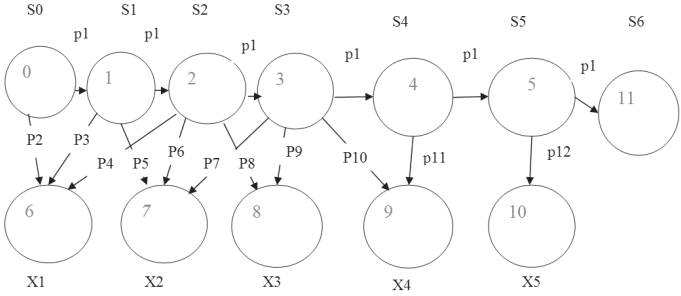


Рисунок 1 – Общая вероятностная модель уборки зерновых культур: 0…5 – состояние спелости зерновых (0 – молочная; 1 – полная молочная; 2 – молочно-восковая; 3 – восковая; 4 – полная восковая; 5 – полная); 6…10 – технология уборки зерновых (6 – заготовка зерносенажа; 7 – заготовка очесанных колосьев; 8 – заготовка плющеного зерна; 9 – заготовка фуражного зерна; 10 – заготовка семенного материала); 11 – потери; P1 – вероятность благоприятных погодных условий; P2…P12 – вероятность уборки зерновых по определенной технологии в определенную фазу спелости

Шесть возвратных состояний системы, характеризующих состояние спелости зерновых (шкала ВВСН используется для определения фенологических стадий развития растений): 0 – молочная, 1 – полная молочная, 2 – молочно-восковая, 3 – восковая, 4 – полная восковая и 5 – полная. Шесть поглощающих состояний, характеризующих технологию уборки зерновых: 6 – заготовка зерносенажа, 7 – заготовка очесанных колосьев ранней спелости, 8 – уборка и послеуборочная доработка плющеного зерна [9], 9 – уборка и послеуборочная доработка фуражного зерна сушкой [10], 10 – уборка и послеуборочная доработка семенного материала [11, 12], 11 – потери неубранного урожая.

Анализируя представленную модель, можно отметить, что по погодным условиям часть площади будет убрана на сенаж с вероятностью: $1 - P_1 = P_2$. С вероятностью P_1 общая площадь посева S_0 перейдет в стадию S_1, т.е.

$$S_1 = S_0 P_1 \quad (1)$$

С вероятностью P_4 часть площади посева S_1 будет убрана очёсом, с вероятностью P_3 часть площади посева S_1 будет убрана на сенаж. И так далее по площадям уборки. Площадь, которая не будет убрана из-за неблагоприятных погодных условий, будет равна S_6.

Общее количество площадей, убранных на корма различного вида, должно

быть равно общей площади посевов:

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 = S_0.$$

Оптимальное распределение площадей уборки по видам кормов зависит от вероятности погодных условий и должно обеспечивать получение максимального количества питательных веществ в корме. Целевая функция будет:

$$C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + C_4X_4 = max \quad (2)$$

Количество семян должно быть не меньше заданного, а потери зерна во всех случаях должны быть минимальными. В соответствии с методом исследования Марковских цепей, используя метод декомпозиции представим в виде совокупности матриц из четырех составляющих: Q – матрицы вероятностей; R – матрицы перехода; 0 – нулевой матрицы; E – единичной матрицы. Проведя математические оптимизационные операции по аналогии с исследованиями [5], приходим к следующим выводам.

На основании использования регулярной Марковской цепи и решения оптимизационной задачи предложен метод определения стратегии выбора рациональных вариантов сроков и темпов уборки и послеуборочной обработки зерновых культур, обеспечивающий технологически надежное выполнение работ.

Предложены пять технологических схем работы комплексов технических средств уборки и послеуборочной обработки фуражного и семенного зерна. Так, при вероятности неблагоприятных погодных условий P = 0,6 зерновые культуры будут убраны: на зерносенаж 56,8 %; очёсом 19,7 %, на плющенное зерно – 7,1 %; на фураж – 4,0 %, на семена –10,0 %; потери составят 2,4 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смелик, В. А. Технологическая надежность сельскохозяйственных агрегатов и средства ее обеспечения / В. А. Смелик ; Министерство сельского хозяйства и продовольствия РФ, Департамент кадровой политики и образования, Ярославская государственная сельскохозяйственная академия. – Ярославль : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», 1999. – 229 с.

2. Смелик, В. А. Оценки технической и технологической надежности зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов / В. А. Смелик, Ф. А. Киприянов, А. Н. Водолазко // Известия Международной академии аграрного образования. – 2018. – № 41-1. – С. 49-55.

3. Скороходов, А. Н. Вероятностная оценка взаимодействия звеньев технологического комплекса / А. Н. Скороходов, О. Н. Дидманидзе // Международный технико-экономический журнал. – 2012. – № 1. – С. 54.

4. Work improvement of air-and-screen cleaner of combine harvester / N. Aldoshin, O. Didmanidze, N. Lylin, M. Mosyakov // Engineering for Rural Development, Jelgava, 22–24 мая 2019 года. Vol. 18. – Jelgava, 2019. – P. 100-104. – DOI 10.22616/ERDev2019.18.N110.

5. Перекопский, А. Н. Моделирование уборки зерновых культур в зависимости от погодных условий / А. Н. Перекопский // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 10-2. – С. 397-399.

6. Патент № 2239305 C1 РФ, МПК A01F 12/18, A01F 12/20. Молотильное устройство: № 2003112924/12: заявл. 30.04.2003: опубл. 10.11.2004 / М. И. Липовский, Д. А. Гудков; заявитель Северо-Западный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства.

7. Брагинец, С. В. Экономическое обоснование уборки зерновых культур ранних фаз спелости очесом и приготовления корма из необмолоченного вороха / С. В. Брагинец, О. Н. Бахчевников, Д. В. Рудой // Аграрный вестник Урала. – 2024. –Т. 24, № 01. –С. 128-138. – DOI 10.32417/1997-4868-2024-24-01-128-138.

8. Раскин, Л. Г. Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления / Л. Г. Раскин. – М. : Сов. Радио, 1976. – 344 с.

9. Смелик, В. А. Вероятностные оценки технологической надежности машин для плющения влажного фуражного зерна / В. А. Смелик, А. Н. Перекопский // Цифровизация и технические инновации в АПК: сборник научных трудов по материалам национальной научно-практической конференции, Ярославль, 28 ноября 2024 года. – Ярославль : ФГБОУ ВПО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», 2025. – С. 58-62.

10. Дианов, Л. В. Механизация сушки урожая зерновых и кормовых культур / Л. В. Дианов, В. А. Смелик, А. С. Ширяев – Ярославль : Ярославская государственная сельскохозяйственная академия, 2005. – 150 с. – ISBN 5-98914-006-1.

11. Бибик, Г. А. Повышение эффективности сушки зерна и семян повышенной влажности / Г. А. Бибик, В. А. Смелик // Чтения академика В. Н. Болтинского : сборник статей. Часть 1. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2022. – С. 281-285.

12. Perekopskiy, A. N. Variables of the wheat seeds drying process in a carousel type dryer / A. N. Perekopskiy, V. A. Smelik / British Journal of Innovation in Science and Technology. – 2016. – Т. 1, № 2. – Pp. 11-20.

Об авторах:

Смелик Виктор Александрович, профессор кафедры Технических систем в агробизнесе, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2), доктор технических наук, профессор, smelik_va@mail.ru.

Перекопский Александр Николаевич, ведущий научный сотрудник отдела «Агроэкологии в растениеводстве», Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (196634, Российская Федерация, Санкт-Петербург, п. Тярлево, Фильтровское шоссе, д. 3), кандидат технических наук, доцент, aperekopskii@mail.ru.

About the authors:

Viktor A. Smelik, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, St. Petersburg State Agrarian University (196601, Russian Federation, Pushkin, Peterburgskoe highway, 2), Doctor of Technical Sciences, Professor, smelik_va@mail.ru.

Alexander N. Perekopsky, Leading researcher at the Department of Agroecology in Crop Production, Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production – branch of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM (196634, Russian Federation, St. Petersburg, Tyarlevo, Filitrovskoe highway, 3), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, aperekopskii@mail.ru.

УДК: 621.713.2

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ С ПОМОЩЬЮ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ШУХАРТА

О. А. Смульская, Я. В. Васильев
ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *В статье рассмотрены теоретические основы оценки технологического процесса механической обработки с помощью контрольных карт Шухарта.*
Ключевые слова**:** *точность технологического процесса, контрольные карты, настроенность технологического процесса.*

THEORETICAL BASIS FOR EVALUATING THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF MECHANICAL PROCESSING USING SHUKHART CONTROL CHARTS

O. A. Smulskaya, Ya. V. Vasilyev
Moscow Polytechnic University, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article examines the theoretical foundations of evaluating the technological process of mechanical processing using Shewhart control charts.*
Keywords: *accuracy of the technological process, control charts, tuning of the technological process.*

Введение

В связи с ускоренным развитием отечественного машиностроения и приборостроения актуальными стали задачи не только повышения энергоемкости техники наравне с зарубежными аналогами [1, 2], но и вопросы обеспечения и улучшения качества выпускаемой продукции [3, 4]. Новое металлорежущее оборудование стало обладать повышенной точностью, можно начинать эксплуатацию с меньших зазоров и со средних натягов, поэтому необходимо рассчитывать предельные зазоры и посадки с зазором [5-7], посадки с натягами в соединениях [8, 9], отклонения формы и расположения поверхностей [10], моделировать шероховатость поверхности [11]. 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 [12-15].

Базовые сведения о качестве процессов механической обработки могу дать контрольные карты [16, 17]. Контрольные карты Шухарта дают следующие преимущества [18]:

- качественное и точное заключение;
- своевременное распознание неслучайных отклонений;
- нарушение протекания технологического процесса;
- предотвращение появления продукции, не отвечающей заданным показателям.

Применяемые методы и средства

Общая методика построения контрольных карт по количественным признакам регламентирована ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015. Контрольные карты Шухарта представляют полученные данные графическим способом при сборе и регистрации информации.

Результаты исследований и их анализ

На Рисунке 1 изложена схема построения карт по количественному признаку.

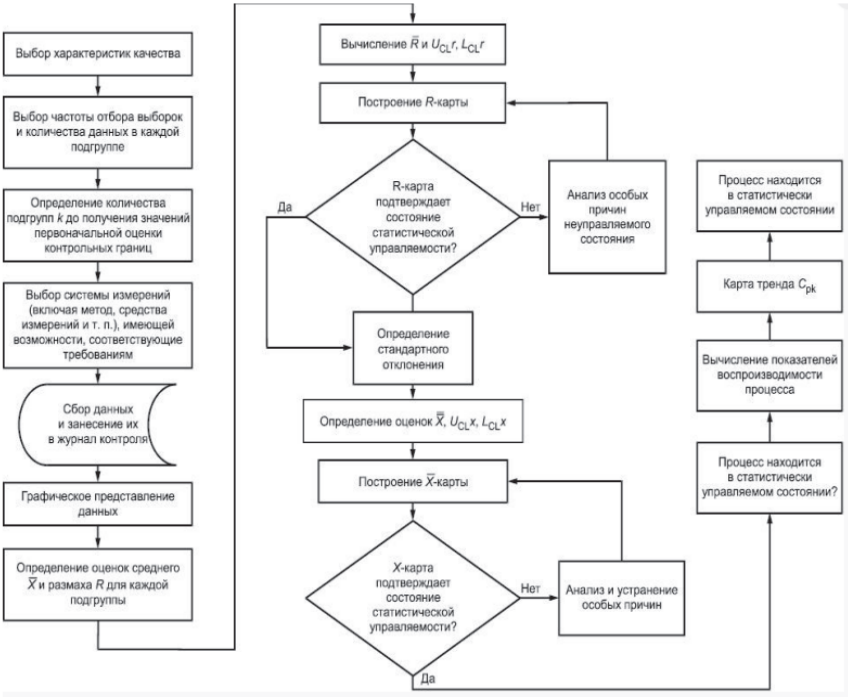


Рисунок 1 – Схема построения контрольных карт по количественному признаку

В зависимости от рассчитанных показателей воспроизводимости процесса

можно говорить о стабильности или не стабильности технологического процесса. Если процесс оказывается нестабильным, то необходимо провести его наладку и настройку, в противном случае – необходимо заменить оборудование.

При использовании контрольных карт Шухарта следует также оценивать объемы выборки и их поочередность. Кроме контрольных карт Шухарта для оценки процессов механической обработки следует использовать диаграммы Исикавы, контрольные листки, индивидуально разработанные для каждого процесса и вида продукции, а также гистограммы, позволяющие оценить уровень брака.

При использовании гистограмм можно оценить точность с помощью коэффициента точности технологического процесса, который определяется по формуле:

$$K_{\text{т}} = \frac{T}{6\sigma}, \quad (1)$$

где T – допуск на размер;

σ – среднеквадратическое отклонение.

Показатель настроенности технологического процесса показывает уровень отклонения фактического центра рассеяния контролируемого параметра относительно установленного в технической документации номинального значения (середины поля допуска, центра настройки).

Коэффициент настроенности технологического процесса определяется по формуле:

$$K_{\text{с}} = \frac{\text{Dср} - \bar{\text{X}}}{2 \cdot \text{T}}, \quad (2)$$

где $D_{\text{ср}}$ – средний размер по отклонениям;

X – середина рассеяния размеров.

Заключение составляется из полученного значения коэффициентов точности и настроенности технологического процесса, которые представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Показатели точности и настроенности технологического процесса

Значение коэффициентов	Заключение
$K_{\text{Т}} > 1$ $\lvert K_{\text{с}} \rvert \le 0{,}05$	Точность выше требуемой. Настроенность хорошая, брака менее 0,6 %
$K_{\text{Т}} = 0{,}95 \ldots 1$ $\lvert K_{\text{с}} \rvert \le 0{,}05 \ldots 0{,}1$	Точность процесса хорошая. Настроенность удовлетворительная, брака менее 3 %
$K_{\text{Т}} = 0{,}7 \ldots 0{,}9$	Процесс некачественный по точности, брака более 3 %
$\lvert K_{\text{с}} \rvert > 0{,}12$	Настроенность неудовлетворительная, брака более 2 %

Вывод

Таким образом, в дальнейших исследованиях будет использован алгоритм построения контрольных карт, показанный на Рисунке 1, а также показатели точности и настроенности технологического процесса механической обработки,

изложенные в Таблице 1. Кроме контрольных карт Шухарта для оценки процессов механической обработки следует использовать диаграммы Исикавы, контрольные листки, индивидуально разработанные для каждого процесса и вида продукции, а также гистограммы, позволяющие оценить уровень брака.

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. 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.

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. 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.

6. Обоснование технического облика агротехники и стратегических подходов ее проектирования / Г. Я. Красников, О. Н. Дидманидзе, П. В. Сиротин, Е. П. Парлюк // Чтения академика В. Н. Болтинского : Сборник статей, Москва, 25-26 января 2023 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2023. – С. 10-32.

7. 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.

8. Леонов, О. А. 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.

9. 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.

10. Применение размерного анализа для расчета суммарного отклонения от соосности манжеты относительно вала / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2021. – № 6. – С. 61-67. – DOI 10.31857/S0235711921060067.

11. Расчет 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 надежности машин. – 2025. – № 2. – С. 42-50. – DOI 10.31857/S0235711925020053.

12. 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.

13. Леонов, О. А. Процессный подход при расчете затрат на качество для ремонтных предприятий / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2007. – № 2(22). – С. 94-98.

14. Леонов, О. А. Исследование затрат и потерь при контроле шеек коленчатого вала в условиях ремонтного производства / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2013. – № 2(58). – С. 71-74.

15. 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.

16. Оценка качества процесса обработки опорных шеек распредвалов под ремонтный размер с помощью статистических инструментов контроля / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, П. В. Голиницкий [и др.] // Агроинженерия. – 2025. – Т. 27, № 6. – С. 75-81. – DOI 10.26897/2687-1149-2025-6-75-81.

17. 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.

18. Лазарь, В. В. Методика оценки качества процесса финишной обработки гильз цилиндров при ремонте двигателей : дис. … канд. техн. наук / Лазарь Вера Владимировна. – Москва, 2024. – 145 с.

Об авторах:

Смульская Ольга Александровна, аспирант, ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет» (107023, Российская Федерация, Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38).

Васильев Ярослав Вадимович, аспирант, ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет» (107023, Российская Федерация, Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38).

About the authors:

Olga A. Smulskaya, Postgraduate student, Moscow Polytechnic University (107023, Russian Federation, Moscow, B. Semyonovskaya st., 38).

Yaroslav V. Vasiliev, Postgraduate student, Moscow Polytechnic University (107023, Russian Federation, Moscow, B. Semyonovskaya st., 38).

УДК 621.6-192.2

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД ВИБРОДИАГНОСТИРОВАНИЯ ШЕСТЕРЕННЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ НАСОСОВ

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

Аннотация. *В работе рассмотрена разработка комбинированного метода вибродиагностирования для контроля технического состояния шестеренных гидравлических насосов. Метод направлен на преодоления ограничений традиционных подходов при работе с нестационарными вибрационными сигналами, характерными для реальных условий эксплуатации сельскохозяйственной техники. Предложенное решение интегрирует спектральный анализ, автоматизированный отбор признаков на основе алгоритма деревьев решений J48 и классификацию с применение системы нечеткого вывода.*
Ключевые слова: *вибродиагностирование, гидравлический насос, нестационарный сигнал, спектральная плотность мощности, деревья решений, нечеткая логика, техническое состояние.*

COMBINED METHOD OF VIBRATION DIAGNOSTICS FOR GEAR-TYPE HYDRAULIC PUMPS

O. A. Stupin, A. S. Apatenko
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The paper discusses the development of a combined vibration diagnostics method for monitoring the technical condition of gear-type hydraulic pumps. The method aims to overcome the limitations of traditional approaches when processing non-stationary vibration signals characteristic of real-world agricultural machinery operation. The proposed solution integrates spectral analysis, automated feature selection based on the J48 decision tree algorithm, and classification using a fuzzy inference system.*
Keywords: *vibration diagnostics, hydraulic pump, non-stationary signal, power spectral density, decision trees, fuzzy logic, technical condition.*

В соответствии со стратегическими целями развития агропромышленного комплекса до 2030 года, ключевым условием технологической независимости является обеспечение безотказной работы машинно-тракторного парка. Критически важными узлами многих сельскохозяйственных машин являются

гидравлические насосы, работающие в условиях интенсивных нестационарных нагрузок, что приводит к прогрессирующему износу и внезапным отказам [1]. Широко применяемое вибродиагностирование основано на классических методах временного и частотного анализа, часто оказывается недостаточно эффективным в реальных условиях, так как не учитывает временную изменчивость статистических характеристик нестационарных вибросигналов [3, 5, 8]. Анализ надежности подобных систем указывает на необходимость комплексного подхода, сочетающего мониторинг и прогнозирование [2, 6, 7]. Следовательно, проблема совершенствования методов анализа для достоверного выделения диагностических признаков и оценки состояния гидравлического насоса является актуальной.

Целью исследования является разработка комбинированного метода и алгоритма интеллектуального вибродиагностирования, направленного на повышение эффективности контроля технического состояния шестеренных гидравлических насосов.

Объектом исследования являются вибрационные сигналы, генерируемые шестеренным гидравлическим насосом НШ-32А.

Научная новизна заключается в разработке комбинированного метода, последовательно объединяющие три ключевых компонента:

1. Предварительный анализ во временной области для расчета интегральных параметров (СКЗ, эксцесс, пик-фактор) и переход в частотную область с расчетом спектральной плотности мощности (СПМ) для анализа устойчивой частотной структуры;

2. Автоматизированный отбор наиболее значимых диагностических признаков с использованием алгоритма деревьев решений J48;

3. Классификация технических состояний на основе системы нечеткого вывода.

Для подтверждения эффективности разработанного метода были проведены экспериментальные исследования на насосе НШ-32А трактора МТЗ-82 (Рисунок 1).

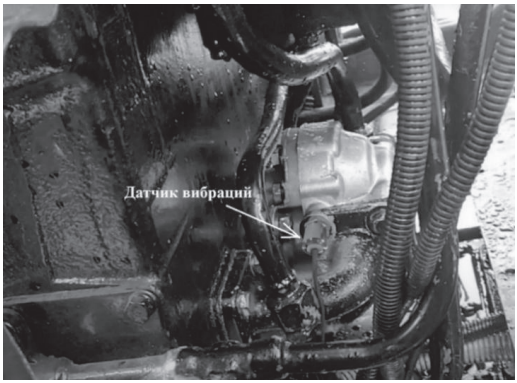


Рисунок 1 – Расположение датчика на корпусе насоса НШ-32А

Испытания проводились при трех скоростях вращения вала (1000, 1500 и 2000 об/мин). Вибросигналы регистрировались с помощью пьезоэлектрического акселерометра, установленного на корпусе насоса. Анализировались сигналы для исправного состояния, износа зубьев шестерен (ИТЗ), износа подшипника (ИПТ) и комбинированного дефекта (Рисунок 2).

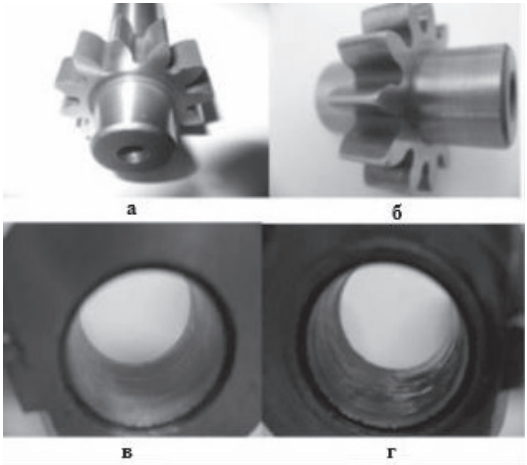


Рисунок 2 – Рассматриваемые дефекты в экспериментальных исследованиях

а – исправная шестерня; б – шестерня с износом торца зуба (ИТЗ); в – рабочий опорный подшипник; г – опорный подшипник с внутренним износом (ИПТ)

Первым этапом разработанного метода является анализ амплитудно-временных характеристик сигнала, включающий расчет статистических параметров (СКЗ, эксцесс, пик-фактор) для интегральной оценки уровня вибрации по ГОСТ ISO 20816. Также для выделения устойчивых признаков в условиях переменных нагрузок выполняется переход в частотную область. Расчет СПМ позволяет выявлять устойчивые частотные характеристики, связанные с различными техническими состояниями насоса. В ходе экспериментов было установлено, что основной диагностически информативный диапазон сосредоточен в области 70…120 Гц, где наблюдается максимум энергии вибрации для всех исследуемых режимов.

Анализ показал наличие значимых изменений в диапазонах высших гармоник (150…160 Гц), соответствующих частотам вращения вала и их комбинациям (Рисунок 3). Эти изменения, хотя и обладают меньшей энергией, служат важными дополнительными признаками, повышающими достоверность диагностики при комплексных неисправностях. Таким образом, использование СПМ позволило «отфильтровать» влияние переменного режима работы и выделить стабильный «энергетический портрет» дефекта.

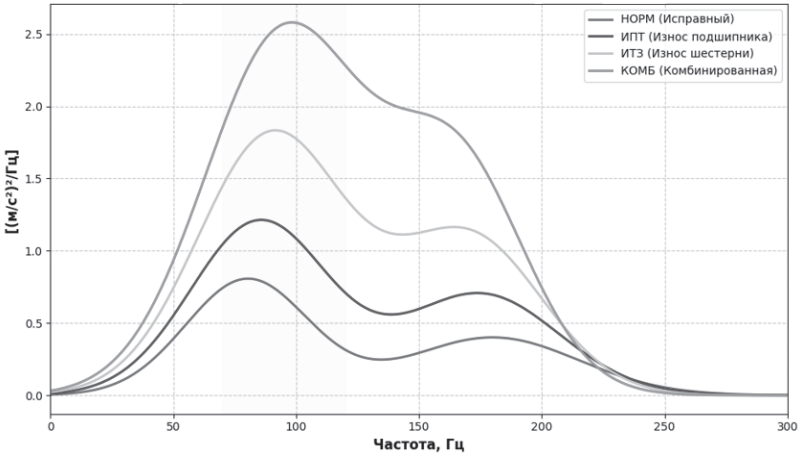


Рисунок 3 – Сравнительный анализ СПМ-спектров при 1500 об/мин

Полученный набор спектральных характеристик (амплитуды на ключевых частотах, соотношения гармоник, общий уровень энергии в полосах) первоначально обладает высокой размерностью. Для исключения избыточности и выделения наиболее информативного признаков был применен алгоритм построения деревьев решений J48. Его преимущество заключается в способности автоматически определять пороговые значения и иерархию значимости признаков на основе обучающей выборки экспериментальных данных. Данный этап полностью исключает субъективный инженерный подход к выбору порогов и обеспечивает адаптивность системы к конкретным характеристикам диагностируемого насоса.

Прямое использование «жестких» правил деревьев решений может быть неустойчивым к плавным изменениям параметров и промежуточным состояниям оборудования. Для преодоления этого ограничения логическая структура, полученная алгоритмом J48, была преобразована в базу нечетких правил типа «ЕСЛИ [признак А имеет высокое значение] И [признак В имеет среднее значение], ТО [вероятность дефекта Х – высокая]». Процесс классификации реализован в три этапа:

1. Фаззификация – преобразование четких численных значений отобранных признаков в лингвистические переменные (например, «низкий», «средний», «высокий» уровень амплитуды в диапазоне 90…110 Гц) с помощью функций принадлежности.

2. Нечеткий вывод – агрегация всех активированных правил из базы знаний и вычисление степени соответствия текущего сигнала каждому из диагностируемых состояний.

3. Дефаззификация – преобразование результирующего нечеткого множества в четкое классификационное решение (конкретный диагноз).

Такой подход позволил не только сохранить высокую точность деревьев решений, но и сделать систему более «гибкой», чувствительной к плавному

изменению технического состояния гидравлического насоса. Схема разработанного комбинированного метода представлена на Рисунке 4.

Рисунок 4 – Схема комбинированного метода вибродиагностирования

Оценка эффективности разработанного комбинированного метода вибродиагностирования показала высокие результаты. Общая точность классификации для режима 1500 об/мин составила 94,2 %. Наибольшие затруднения вызывало определение близких по проявлениям дефектов (износ подшипника и исправное состояние). В целом, для всех трех исследованных скоростей вращения точность находилась в диапазоне 91,5…94,2 %, что подтвердило надежность разработанного метода.

Апробация исследования

Исследования были апробированы в рамках научной работы, поддержанной фондом содействия инновациям. По теме исследования опубликовано 4 статьи в журналах перечня ВАК и 17 публикаций в изданиях, индексируемых в РИНЦ включая работы по проблематике обработки сигналов [3] и вариативности информационного потока [4]. Зарегистрировано 5 свидетельств на программы для ЭВМ, включающие и реализующие предложенный алгоритм диагностики.

Вывод

Разработан комбинированный метод вибродиагностирования, представляющий собой последовательную многоуровневую систему, которая интегрирует спектральный анализ (СПМ), статистическую обработку и интеллектуальную классификацию на основе деревьев решений и нечеткой логики. Экспериментальная апробация на шестеренном насосе НШ-32А подтвердила практическую эффективность и перспективность предложенного метода для мониторинга технического состояния гидравлического оборудования сельскохозяйственных машин. Высокая точность классификации (91,5…94,2 %) свидетельствует о возможности его применения для автоматизированной диагностики в реальных условиях эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ступин, О. А. Методика вибрационной диагностики гидравлической системы технологических машин при выполнении сельскохозяйственных работ на примере шестеренного насоса НШ-32А / О. А. Ступин, А. В. Шитикова, А. С. Апатенко // Агроинженерия. – 2025. – Т. 27, № 6. – С. 35-44. – DOI 10.26897/2687-1149-2025-6-35-44.

2. Ступин, О. А. Проблема обработки сигналов при использовании вибрационного метода диагностики элементов гидросистем строительных и дорожных машин во время их эксплуатации / О. А. Ступин, А. С. Апатенко, С. И.

Некрасов // Транспортные и транспортно-технологические системы : Материалы Международной научно-технической конференции, Тюмень, 13-14 апреля 2023 года. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2023. – С. 194-198.

3. Ступин, О. А. Вибродиагностика как современный метод контроля и диагностирования гидроприводов технологических машин / О. А. Ступин, С. И. Некрасов, Р. Г. Кучинский // Международный технико-экономический журнал. – 2022. – № 5-6. – С. 75-86. – DOI 10.34286/1995-4646-2022-86-5/6-76-87.

4. Надежность и техническая безопасность транспортных и транспортно-технологических машин : учебное пособие / Н. С. Севрюгина, А. С. Апатенко, А. Ю. Фомин [и др.]. – М. : ООО «Учебно-методический центр «Триада», 2025. – 177 с. – ISBN 978-5-9546-0122-0.

5. Саяпин, А. С. Информационно-диагностические средства для мониторинга технического состояния / А. С. Саяпин, Н. А. Петрищев, Е. В. Пестряков // Реинжиниринг и цифровая трансформация эксплуатации транспортно-технологических машин и робототехнических комплексов : Сборник статей Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (г. Москва, 19-20 декабря 2023 г.), посвященной 100-летию со дня рождения ветерана Великой Отечественной Войны, заслуженного деятеля науки и техники, заслуженного изобретателя РФ, д.т.н., профессора Николая Федоровича Тельнова, Москва, 19-20 декабря 2023 года. – М. : Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева, 2024. – С. 367-371.

6. Ступин, О. А. Вариативность информационного потока сигналов при мониторинге состояния машин по параметрам вибраций / О. А. Ступин // Подъёмно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы : Сборник докладов 27-й Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 95-летию подготовки инженеров-механиков МИСИ-МГСУ, Москва, 26-27 апреля 2023 года. – М. : Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2023. – С. 343-345.

7. Обоснование технического облика агротехники и стратегических подходов ее проектирования / Г. Я. Красников, О. Н. Дидманидзе, П. В. Сиротин, Е. П. Парлюк // Чтения академика В. Н. Болтинского : Сборник статей, Москва, 25-26 января 2023 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2023. – С. 10-32.

8. 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:

Ступин Олег Александрович, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А.

Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), ekspl@rgau-msha.ru.

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:

Oleg A. Stupin, Senior Lecturer, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), ekspl@rgau-msha.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.

УДК:631.372

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА НА СКЛОНАХ

С. В. Тарасова, Н. М. Ожегов
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. *Устойчивость движения машинно-тракторного агрегата (МТА) находится в функциональной связи с углом наклона опорной поверхности почвы и зависит от параметров колесного движителя. МТА обладает шестью степенями свободы, поэтому при работе поперёк склона он тенденциозно отклоняется от направления движения вниз по склону, под действием составляющей силы тяжести, направленной по склону к её основанию, при условии недостаточной поворачиваемости типовой конструкции. В статье представлено математическое моделирование момента заброса МТА вверх для удержания его на технологической траектории при движении по склону.*
Ключевые слова: *трактор, машинно-тракторный агрегат, устойчивость, склон, увод, поворачиваемость.*

METHODOLOGICAL BASES OF THE STABILITY OF THE MACHINE-TRACTOR UNIT ON THE SLOPES

S. V. Tarasova, N. M. Ozhegov
Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. *The stability of the machine-tractor unit (MTU) is in a functional relationship with the angle of inclination of the supporting surface of the soil and depends on the parameters of the wheeled propulsion unit. The MTA has six degrees of freedom, so when it is working across the slope, it tends to deviate from the direction of movement down the slope, under the influence of the component of the force of gravity directed down the slope to its base, provided that the typical design has insufficient turning ability. The article presents mathematical modeling of the moment of throwing the MTA up to keep it on the technological trajectory when moving down the slope.*
Keywords: *tractor, machine-tractor unit, stability, slope, deviation, turning ability.*

В настоящие время АПК развивается в разных направлениях, в первую очередь обновляется машинно-тракторный парк и увеличивается земельный фонд [1, 2]. Нельзя не учитывать, что значительная часть пашни находится в нестабильных агроландшафтных условиях, поэтому в ней имеются как равнинные земли, так и земли, расположенные на склонах. Фактически на

исследовательском уровне актуализируется проблема эксплуатации машинно-тракторный парк (МТА) в склонном земледелии, связанная с нарушением им агротехнологических требований при выполнении сельскохозяйственных работ вследствие смещения колесного движителя от траектории движения.

Рассмотрены способы стабилизации положения трактора на склонах, такие как: навигация, увеличения пятна контакта, изменение конфигурации протектора шины, подворот колес, применения дополнительно удерживающих устройств. Также проведен теоретический анализ динамики колесных машин на склонах, описанных в работах ученных Е. А. Чудакова, Д. А. Антонова, В. В. Гуськова, О. Н. Дидманидзе, З. А. Годжаева, В. В. Поддубного, В. И. Прядкина, Д. С. Гапича и многих других.

При изучении теории устойчивости движения было отмечено, что при всей разнородности воздействия почвы на эластичную шину, как трактора, так и машины, проявляется в схожести таких факторов как боковые реакции почвы, углы увода и реализация такого свойства, как поворачиваемость машины (как излишняя, так и недостаточная). Это явилось предпосылкой к созданию методологических основ и теории формализации процесса траекториальной устойчивости колесного движителя на склоне.

Соотношение величин углов увода передних и задних колес определяют вид поворачиваемости. Тракторы имеют недостаточную поворачиваемость. При движении трактора по наклонной опорной поверхности центр поворота расположен ниже по склону, что вызывает смещения его вниз от технологической траектории [3-4].

Для реализации способа курсовой стабилизации колесного трактора при выполнении сельскохозяйственных операций на склоне необходимо создать излишнюю поворачиваемость трактора, при которой центр поворота машины располагается выше по склону, что позволяет осуществить поворот вверх, и тем самым компенсировать поперечное смещение, вызванное скольжением.

Устойчивость движения мобильного МЭС в заданном направлении находится в прямой зависимости от момента увода вверх (момент заброса $M_{\text{забр.}}^{\text{МЭС}}$), который возникает от боковых составляющих веса, разности сил сопротивления перекатывания нижних и верхних по склону колёс, способа навешивания, массы орудия и его конструктивных особенностей. Таким образом, момент увода для заброса МЭС на заданную траекторию должен быть равен моменту сопротивления $M_f^{\text{МЭС}}$ (Рисунок 1) [3, 6].

Выразим условие равновесия МЭС относительно центров O' и O'' при рассмотрении транспортного средства без переднего ведущего моста, с простым неблокируемым дифференциалом (Рисунок 1):

$$Рк'_{\text{з.к.}} \cdot B_{\text{тр}} = G \cdot \sin\alpha \cdot a + P'_{f\text{з.к.}} \cdot B_{\text{тр}} - M_{\text{ув}} + P'_{\text{fп.к.}} \cdot B_{\text{тр}} + P'_{\text{fор.}} \cdot \left(\frac{B_{\text{ор}}+B_{\text{тр}}}{2}\right) - P''_{\text{fор.}} \cdot \left(\frac{B_{\text{ор}}-B_{\text{тр}}}{2}\right) + P_{\text{кр}} \cdot a. \quad (1)$$

$$Рк''_{\text{з.к.}} \cdot B_{\text{тр}} = -G \cdot \sin\alpha \cdot a + P''_{\text{fз.к.}} \cdot B_{\text{тр}} + M_{\text{ув}} + P''_{\text{fп.к.}} \cdot B_{\text{тр}} + P'_{\text{fор.}} \cdot \left(\frac{B_{\text{ор.}}-B_{\text{тр}}}{2}\right) - P''_{\text{fор.}} \cdot \left(\frac{B_{\text{ор}}+B_{\text{тр}}}{2}\right) - P_{\text{кр}} \cdot a. \quad (2)$$

Вычитаем из первого выражение второе и получим:

$$2 \cdot M_{\text{забр.}}^{\text{МЭС}} = \left(Рк'_{\text{з.к.}} - Рк''_{\text{з.к.}}\right) \cdot B_{\text{тр}} + 2 \cdot G \cdot \sin\alpha \cdot a + (P'_{\text{fз.к.}} - P''_{\text{fз.к.}}) \cdot B_{\text{тр}} + (P'_{\text{fп.к.}} - -P''_{\text{fп.к.}}) \cdot B_{\text{тр}} + (P'_{\text{fор.}} + P''_{\text{fор.}}) \cdot \left(\frac{B_{\text{ор.}}+B_{\text{тр}}}{2}\right) - (P''_{\text{fор.}} - P'_{\text{fор.}}) \cdot \left(\frac{B_{\text{ор.}}-B_{\text{тр}}}{2}\right) + 2 \cdot \ P_{\text{кр}} \cdot a \quad (3)$$

Поскольку $Рк'_{\text{з.к.}} = Рк''_{\text{з.к.}}$ [2, 3], то

$$M_{\text{забр.}}^{\text{МЭС}} = G \cdot \sin\alpha \cdot a + (P'_{\text{fз.к.}} - P''_{\text{fз.к.}}) \cdot \frac{B_{\text{тр}}}{2} + (P'_{\text{fп.к.}} - P''_{\text{fп.к.}}) \cdot \frac{B_{\text{тр}}}{2} + (P'_{\text{fор.}} + P''_{\text{fор.}}) \cdot \left(\frac{B_{\text{ор.}}+B_{\text{тр}}}{4}\right) - (P''_{\text{fор.}} - P'_{\text{fор.}}) \cdot \left(\frac{B_{\text{ор}}-B_{\text{тр}}}{4}\right) + P_{\text{кр}} \cdot a. \quad (4)$$

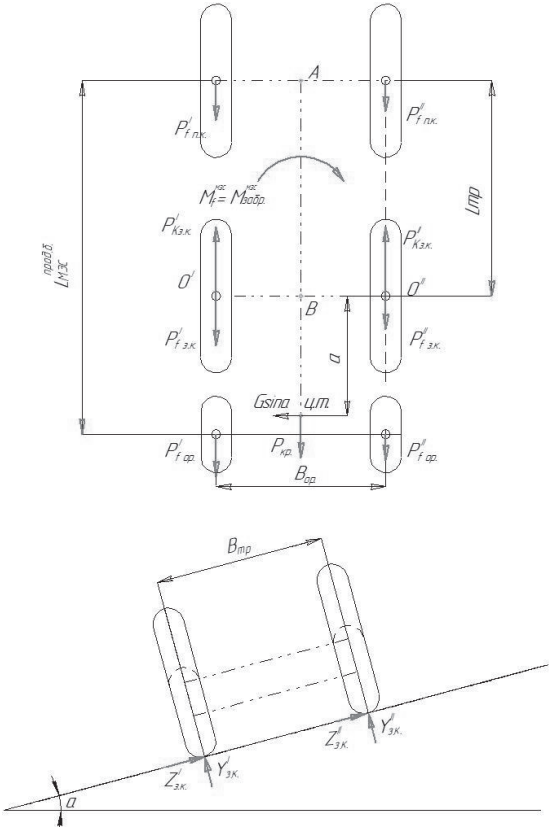


Рисунок 1 — Схема сил, действующих на транспортное средство с орудием при движении по склону:

$Z'_{\text{п.к.}}$, $Z'_{\text{з.к.}}$, $Z'_{\text{ор.}}$, $Z''_{\text{п.к.}}$, $Z''_{\text{з.к.}}$, $Z''_{\text{ор.}}$ – составляющие боковых реакций почвы нижних и верхних по склону, действующие на колеса МЭС соответственно, *H;* $B_{\text{тр.}}$, $B_{\text{ор.}}$ – ширина колеи транспортного средства и орудия соответственно, м; $P_К$ – касательная сила тяги, Н; P_f – сила сопротивления качению, *H;* $Y'_{\text{п.к}}$, $Y'_{\text{з.к}}$, $Y'_{\text{ор}}$, $Y''_{\text{п.к}}$, $Y''_{\text{з.к}}$, $Y''_{\text{ор}}$ – нормальные силы нижних и верхних по склону передних, задних колес транспортного средства и колес орудия соответственно, Н

Согласно формулам для выражения сил сопротивления качению P_f по склону, Н:

$$P'_{fп.к} = f'_{п.к} \cdot Y'_{п.к}, \quad (5)$$

$$P''_{fп.к} = f''_{п.к} \cdot Y''_{п.к}, \quad (6)$$

$$P'_{fз.к} = f'_{з.к} \cdot Y'_{з.к}, \quad (7)$$

$$P''_{fз.к} = f''_{з.к} \cdot Y''_{з.к}, \quad (8)$$

$$P'_{fор} = f'_{ор} \cdot Y'_{ор}, \quad (9)$$

$$P''_{fор} = f''_{ор} \cdot Y''_{ор}, \quad (10)$$

где $Y'_{п.к}, Y'_{з.к}, Y'_{ор}$ – нормальные силы нижних по склону передних, задних колес транспортного средства и колес орудия соответственно, Н;

$Y''_{п.к}$, $Y''_{з.к}$, $Y''_{ор}$ – нормальные силы верхних по склону передних, задних колес транспортного средства и колес орудия соответственно, Н;

$f_{з.к}$, $f_{п.к}$, $f_{ор}$ – коэффициенты сопротивления колес транспортного средства и навесного орудия.

Коэффициенты перераспределения веса (λ) по колёсам транспортного средства и орудия определяются зависимостями:

$$\lambda_{з.к} = \frac{Y''_{з.к}}{Y'_{з.к}}, \quad (11)$$

$$\lambda_{п.к} = \frac{Y''_{п.к}}{Y'_{п.к}}, \quad (12)$$

$$\lambda_{ор} = \frac{Y''_{ор}}{Y'_{ор}}. \quad (13)$$

Получим, что прямолинейное движение МЭС обеспечивается при условии, что момент увода равен моменту сопротивления качения колёс:

$$M_f^{МЭС} = M_{забр.}^{МЭС} = G \cdot \sin\alpha \cdot a + (1 - \lambda_{з.к}) \cdot Y'_{з.к} \cdot \frac{B_{тр}}{2} + (1 - \lambda_{п.к}) \cdot Y'_{п.к} \cdot \frac{B_{тр}}{2} + \left(1 + \lambda_{ор}\right) \cdot Y'_{ор} \cdot \left(\frac{B_{ор} + B_{тр}}{4}\right) - (\lambda_{ор} - 1) \cdot Y'_{ор} \cdot \left(\frac{B_{ор} - B_{тр}}{24}\right) + P_{кр} \cdot a. \quad (14)$$

Момент заброса находится в прямой зависимости от составляющей силы тяжести МЭС, крюкового воздействия и перераспределения нормальных сил. Силы, действующие на МЭС, зависят от угла наклона опорной поверхности. Таким образом, для устойчивого движения МЭС на склоне необходимо создавать его заброс, преодолевая момент сопротивления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.

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. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2020. – С. 11-19.

3. Тарасова, С. В. Специфика методического обеспечения траекториальной устойчивости машинно-тракторного агрегата в условиях

склонного земледелия / С. В. Тарасова, Е. М. Асманкин, Ю. А. Ушаков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 5(103). – С. 149-154.

4. Курсовая стабилизация движущегося колёсного транспортного средства с навесным орудием на наклонной опорной поверхности / С. В. Тарасова, Е. М. Асманкин, Ю. А. Ушаков [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 6 (104). – С.124-130.

5. Патент № 2818542 C1 Российская Федерация, МПК B62D 37/00, B62D 133/00. способ стабилизации положения на наклонной опорной поверхности движущегося колесного транспортного средства с навесным орудием, оборудованным пневматическими колесами : № 2023132934 : заявл. 13.12.2023 : опубл. 02.05.2024 / С. В. Тарасова, Е. М. Асманкин, Ю. А. Ушаков [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет».

6. Тарасова, С. В. Особенности расчёта боковых реакций почвы при обеспечении устойчивости движения МТА в условиях склонного земледелия / С. В. Тарасова // Национальные приоритеты развития агропромышленного комплекса: Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Оренбург, 17 ноября 2023 года. – Оренбург : ООО «Типография «Агентство Пресса», 2023. – С. 77-86.

Об авторах:

Тарасова Сария Валейевна, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2), saria20@mail.ru.

Ожегов Николай Михайлович, профессор, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2), доктор технических наук, kaf.atts@spbgau.ru.

About the authors:

Sariya V. Tarasova, St. Petersburg State Agrarian University (196601, Russian Federation, Pushkin, Peterburgskoe highway, 2), saria20@mail.ru.

Nikolay M. Ozhegov, Professor, St. Petersburg State Agrarian University (196601, Russian Federation, Pushkin, Peterburgskoe highway, 2), Doctor of Technical Sciences, kaf.atts@spbgau.ru.

УДК 620.192

ФОРМИРОВАНИЕ БРАКА ПРИ КОНТРОЛЕ ВАЛОВ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ АПК

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

Аннотация. *В статье рассматривается проблема формирования брака при контроле валов в ремонтном производстве агропромышленного комплекса. Приводятся особенности дефектов, формирующиеся в зависимости от вида обработки деталей типа «вал».*
Ключевые слова: *вал, контроль, дефект, исправимый брак, неисправимый брак.*

THE FORMATION OF DEFECTS IN SHAFT CONTROL IN AGRICULTURAL REPAIR PRODUCTION

G. N. Temasova
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article discusses the problem of the formation of defects in the control of shafts in the repair production of the agro-industrial complex. The features of defects formed depending on the type of processing of «shaft» type parts are given.*
Keywords: *shaft, control, defect, correctable defect, incorrigible defect.*

Для обеспечения качества в ремонтном производстве необходимо контролировать качество деталей на различных этапах технологического процесса [1-4]. В процессе контроля детали определяют либо в группу годных, либо в группу дефектных.

Классификация брака при контроле деталей типа «вал» основана на специфике их геометрической формы и функциональных особенностей. Каждая категория имеет свою собственную номенклатуру дефектов, зависящую от способа изготовления и назначения детали [5-7]. Каждый тип производства оказывает значительное влияние на формирование потенциального дефекта. Номенклатура основных дефектов, присущих деталям типа «вал» и зависящих от вида обработки, представлена в Таблице 1.

Приведённая номенклатура дефектов необходима для правильного понимания природы возможного брака и разработки соответствующих профилактических мер с целью снижения рисков возникновения брака в процессе ремонта.

Таблица 1 – Номенклатура дефектов деталей типа «вал»

Вид обработки	Возможный дефект	Причины возникновения
Токарная	Неправильная геометрия поверхности	Дефекты могут быть связаны с неправильными параметрами обработки, использованными материалами, а также состоянием оборудования
	Царапины и задиры	Использование неправильного инструмента или несоответствующего параметра резания
	Неровности и выбоины	Не соблюдены оптимальные условия процесса обработки
	Перегрев детали или инструмента	Слишком большие скорости резания или недостаточное охлаждение
	Отдельные участки поверхности детали остались необработанными	Чрезмерная кривизна заготовки, недостаточный припуск на обработку, недостаточно точная выверка заготовки при установке на станке
	Действительные размеры обработанной детали не соответствуют размерам, заданным чертежом	Неправильная установка резца на глубину резания
Расточка	Необработанные участки	Чрезмерная кривизна заготовки, недостаточный припуск на обработку, неправильная выверка детали при установке на станок
	Действительные размеры обработанной детали не соответствуют размерам, заданным чертежом	Неправильная установка резца на глубину резания
	Искажение формы	Деформация детали
	Низкая чистота обработанной поверхности	Чрезмерно большая подача, износ инструмента, вибрации резца и детали
	Риски и задиры	Твёрдые включения в материале, неправильная подача смазочно-охлаждающих жидкостей, загрязнения
Фрезерование	Недостаточная чистота обработки	Биение, затупление или некачественная заточка фрезы, установка фрезы на центровой оправке далеко от опор
	Радиусная лунка	Остановка подачи стола в процессе обработки поверхности
	Волнистость поверхности	Недостаточная частота вращения шпинделя при высокой подаче, износ подшипников шпинделя, неравномерный припуск на обработку
Шлифование	Прижоги	Применение круга слишком высокой твёрдости, слишком высокая скорость работы круга, чрезмерно большая поперечная подача, недостаточное охлаждение
	Шлифовочные трещины	Неправильная работа станка, применение шлифовальных кругов с недостаточным размером зёрен или с дефектами, малое охлаждение детали
	Конусность	Недостаточное закрепление передней бабки или поворотного стола, смещение заднего центра относительно переднего

Вид обработки	Возможный дефект	Причины возникновения
	Высокая шероховатость	Большая вязкость материала детали, вибрация и дрожание как следствие износа подшипников и шеек шпинделя, неправильный выбор абразивного инструмента
	Гранность (волнистость)	Вибрация, смещение центра изделия относительно центра круга, притупление круга

Понимание зависимости дефектов от конкретных этапов обработки и условий эксплуатации позволяет эффективно организовать процесс и поддерживать высокое качество обрабатываемых деталей типа «вал».

Для анализа и последующего исправления дефектов применяют классификацию брака при контроле деталей типа «вал», представленную на Рисунке 1.

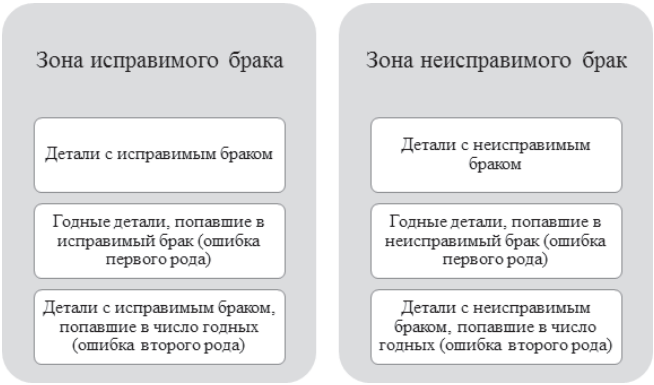


Рисунок 1 – Классификация брака при контроле деталей типа «вал»

По результатам контроля детали типа «вал» относят к одной из категорий [8-12]:

- годные детали;
- исправимый брак;
- неисправимый брак.

Годные детали охватывают те изделия, которые находятся в пределах всех допустимых значений и соответствуют установленным требованиям. Такие детали готовы к использованию без необходимости каких-либо доработок или корректировок.

К исправимому браку относятся детали, размеры которых укладываются в пределы допустимой погрешности измерений. Такие детали, имеют незначительные отклонения, но могут быть восстановлены или скорректированы до требуемого норматива. Они не классифицируются как полностью дефектные, но требуют дополнительных операций для устранения недочетов с целью перейти в категорию годных деталей.

Неисправимый брак включает детали с существенными отклонениями от установленных требований, которые невозможно устранить без серьезной переработки конструкции. Эти изделия признаются непригодными для дальнейшего использования и подлежат полному исключению из производственного цикла, то есть утилизации.

Таким образом, контроль деталей типа «вал» включает классификацию на исправимый брак, неисправимый брак и годные детали, а также оценку влияния погрешности измерения на результаты контроля с целью предотвращения появления ошибок первого и второго рода. Это позволяет оптимизировать процесс ремонта и обеспечить высокое качество отремонтированной сельхозтехники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Качество сельскохозяйственной техники и контроль при ее производстве и ремонте / О. А. Леонов, Г. И. Бондарева, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 3. – С. 30-32.

2. 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.

3. Исследование качества изготовления основных единиц шпоночных соединений / А. Т. Лебедев, Р. В. Павлюк, А. В. Захарин [и др.] // Технический сервис машин. – 2020. – № 1(138). – С. 106-112. – DOI 10.22314/2618-8287-2020-58-1-106-112.

4. Выбор средств измерений для дефектации коренных опор двигателя ЯМЗ / О. А. Леонов, П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова [и др.] // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 6. – С. 59-63. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-6-59-63.

5. Мокрицкий, Б. Я. Исследование критериев диагностики процесса фрезерования высокотвердых материалов сборными концевыми фрезами / Б. Я. Мокрицкий, А. В. Космынин, О. Е. Сысоев // Контроль. Диагностика. – 2025. – Т. 28, № 10(328). – С. 51-56. – DOI 10.14489/td.2025.10.pp.051-056.

6. Прогнозирование параметров контроля работоспособности сложных технических систем / А. А. Золотов, В. В. Родченко, Е. В. Гусев, И. А. Карягин // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. – 2024. – Т. 23, № 2. – С. 109-120. – DOI 10.18287/2541-7533-2024-23-2-109-120.

7. Овсянников, В. Е. Перспективы использования сигналов виброакустики для активного контроля волнистости при обработке на токарных станках с ЧПУ / В. Е. Овсянников, Р. Ю. Некрасов, И. М. Ковенский // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2023. – № 5(159). – С. 15-22. – DOI 10.26730/1999-4125-2023-5-15-22.

8. 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.

9. 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.

10. Теория и практика оценки рисков процессов контроля на предприятиях технического сервиса / Г. И. Бондарева, Н. Ж. Шкаруба, О. А. Леонов [и др.] // Сельский механизатор. – 2021. – № 11. – С. 29-30. – DOI 10.47336/0131-7393-2021-11-29-30-32.

11. Парлюк, Е. П. Управление инновационными рисками в отраслях продовольственного комплекса / Е. П. Парлюк // Международный технико-экономический журнал. – 2017. – № 1. – С. 33-38.

12. 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.

Об авторе:

Темасова Галина Николаевна, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, доцент, temasova@rgau-msha.ru.

About the author:

Galina N. Temasova, Associate Professor of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, temasova@rgau-msha.ru.

УДК 631.3

СТАРЕНИЕ И ИЗНОС МТП КАК ФАКТОР РОСТА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ

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

Аннотация. *В статье анализируется современное состояние машинно-тракторного парка (МТП) в сельском хозяйстве России, выявляются негативные тенденции: старение техники, сокращение парка, высокая изношенность и зависимость от импорта. Рассматриваются экономические последствия для сельхозпредприятий и предлагаются комплексные меры по преодолению кризиса, включая господдержку, развитие сервисных моделей, локализацию производства и внедрение цифровых технологий управления парком.*
Ключевые слова: *машинно-тракторный парк, старение техники, эксплуатационные затраты. государственная поддержка, технологическая модернизация.*

AGING AND WEAR OF MTU AS A FACTOR INCREASING OPERATIONAL COSTS

K. L. Tyugay
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article analyzes the current state of the machine and tractor fleet (MTF) in Russian agriculture, identifying negative trends: aging equipment, fleet reduction, high wear and tear, and dependence on imports. The economic consequences for agricultural enterprises are examined, and comprehensive measures to overcome the crisis are proposed, including government support, development of service models, localization of production, and implementation of digital fleet management technologies.*
Keyword: *machine and tractor fleet, equipment aging, operating costs, government support, technological modernization.*

Машинно-тракторный парк (МТП) является ключевым элементом материально-технической базы сельского хозяйства Российской Федерации, обеспечивающим выполнение основных производственных процессов в растениеводстве и животноводстве. Анализ современного состояния МТП свидетельствует о формировании устойчивых негативных тенденций: хронический дефицит техники, высокая физическая и моральная изношенность,

зависимость от импорта и суженное воспроизводство основных фондов [12]. По данным Минсельхоза России, доля тракторов старше 10 лет составляет 53 %, зерноуборочных комбайнов – 45 %, кормоуборочных – 44 % [11]. В условиях таких вызовов проблема старения МТП приобретает стратегическое значение, поскольку напрямую влияет на эксплуатационные затраты сельхозтоваропроизводителей и конкурентоспособность отечественного агропромышленного комплекса.

Динамика наличия сельскохозяйственной техники в аграрных организациях РФ за период 2017-2024 гг. отражает устойчивую тенденцию к сокращению машинообеспеченности. За 8-летний период количество тракторов сократилось с 236,7 тыс. до 214,9 тыс. единиц (–9,2 %), при этом ежегодный темп снижения составляет около –0,9 %. Особенно показательно, что в сегменте прицепной и почвообрабатывающей техники динамика ещё более негативна: число борон уменьшилось почти на 200 тыс. единиц (–33,3 %), культиваторов – на 12,4 %, плугов – на 8,3 % [11].

Критическое состояние МТП подтверждается возрастной структурой парка. По состоянию на 1 октября 2024 года на предприятиях числилось 432,5 тыс. тракторов и 127,4 тыс. зерноуборочных комбайнов, при этом доля тракторов старше 10 лет составляла 53 %, зерноуборочных комбайнов – 45 %, кормоуборочных – 44 %. Для своевременного выполнения полевых работ парк должен насчитывать 494,3 тыс. тракторов и 176,5 тыс. комбайнов; дефицит оценивается в 62 тыс. тракторов и 34 тыс. комбайнов [11].

Как отмечает Ю. В. Чутчева, «низкая платёжеспособность сельхозтоваропроизводителей и диспаритет цен между аграрной и промышленной продукцией существенно ограничивают возможности своевременного обновления техники. Ежегодные темпы выбытия сельхозтехники превышают темпы её обновления в 4…5 раз, что ведёт к предельному износу техники, снижению её производительности и росту затрат на эксплуатацию» [1].

В условиях устойчивого суженного воспроизводства машинно-тракторного парка (МТП) в российском сельском хозяйстве необходимо комплексно оценивать не только технические аспекты старения техники, но и его экономические последствия для сельхозпредприятий. Анализ данных за 2017-2024 гг. свидетельствует о формировании замкнутого контура технологической деградации: снижение парка тракторов на 9,2 % и зерноуборочных комбайнов на 5,9 % при одновременном росте нагрузки пашни на один трактор с 308 до 368 га приводит к ускоренному износу оставшейся техники и росту эксплуатационных затрат, что в свою очередь снижает инвестиционную привлекательность обновления парка.

Проведенный анализ экономических последствий старения МТП и путей их преодоления выявляет глубокую системную взаимосвязь между техническим состоянием парка сельхозмашин и экономическими показателями деятельности сельхозпредприятий. Старение МТП не является изолированной технической проблемой, а представляет собой комплексный вызов, влияющий на конкурентоспособность аграрного сектора в целом. Ключевым индикатором

является растущий диспаритет цен между сельхозтехникой и продукцией растениеводства, который за период 2015-2024 гг. увеличился в 1,5 раза.

Таблица 1 – Экономические последствия старения МТП и пути их преодоления

Экономические последствия старения МТП	Пути решения проблемы
13. Рост себестоимости продукции: - увеличение себестоимости зерна на 25…30 %, картофеля – на 30…35 %; - снижение конкурентоспособности российской продукции; - углубление диспаритета цен: для покупки трактора «Беларус-82.1» в 2015 году требовалась реализация урожая с 26 га, а к 2023-2024 гг. – более чем с 40 га [4].	1. Государственная поддержка обновления техники: - расширение программ субсидирования (постановление № 1432); - развитие льготного лизинга и компенсация процентных ставок; - усовершенствование бюджетно-налоговых и кредитных инструментов формирования инвестиционного капитала в АПК [7].
14. Снижение рентабельности производства: - на 15…20 % более низкая рентабельность в хозяйствах с изношенным МТП; - недостаточная доступность лизинговых механизмов из-за высокой стоимости услуг и требований по обеспечению [5]; - рост затрат на ремонт: у старых машин в 2,5…3 раза выше, чем у новой техники.	1. Развитие сервисных моделей технического обеспечения; - создание машинно-технологических компаний, предоставляющих услуги по выполнению полевых работ; - эффективный инструмент технической модернизации для малых форм хозяйствования [8]; - переход к модели «техника как услуга» для снижения капитальных затрат.
2. Технологическое отставание; - невозможность внедрения современных агротехнологий; - ограничение развития точного земледелия и цифровизации; - цифровая трансформация невозможна без технического перевооружения [6]; - углеродные выбросы от старых двигателей в 3…4 раза превышают нормативы.	3. Стимулирование локализации производства: - поддержка отечественных производителей сельхозтехники и комплектующих; - снижение зависимости от импорта и повышение доступности техники; - создание новых производственных цепочек и локализация ключевых компонентов в условиях ESG-трансформации [9].
4. Риски нарушения агротехнических сроков: - срыв сроков проведения полевых работ из-за нехватки техники; - потери урожая: каждый день задержки при уборке зерновых – 2…3 % потерь, при посеве – снижение будущего урожая на 5…7 %; - Критическая нагрузка на специализированную технику: на один кукурузоуборочный комбайн приходится более 2900 га посевов (превышение нормы в 8…10 раз).	3. Внедрение эффективных систем планирования воспроизводства: - разработка долгосрочных программ обновления МТП на уровне предприятий и регионов; - системный подход к управлению процессом воспроизводства средств производства в АПК; - учет не только технических характеристик, но и экономической эффективности обновления [10].

Источник: составлено автором

Современные реалии требуют перехода от фрагментарных решений к системной стратегии технического перевооружения, сочетающей государственную поддержку, рыночные механизмы и инновационные модели технического обеспечения. Особенно перспективным направлением выглядит развитие машинно-технологических компаний, которые могут обеспечить доступ к современной технике для малых и средних форм хозяйствования без необходимости крупных капитальных вложений.

Эффективность предлагаемых мер во многом будет определяться их синергетическим взаимодействием: только комплексный подход, включающий одновременно финансовую поддержку, стимулирование локальных производств и внедрение современных моделей сервисного обслуживания, позволит преодолеть устойчивые тенденции суженного воспроизводства МТП и обеспечить технологическое развитие российского сельского хозяйства в условиях глобальной конкуренции и реализации ESG-принципов.

Для преодоления негативных тенденций старения МТП и сокращения эксплуатационных затрат необходим комплекс мер:

1. Расширение программ субсидирования (постановление № 1432), льготного лизинга и компенсации процентных ставок. Как отмечают В. В. Маслова, Н. Ф. Зарук и Ю. В. Чутчева, «усовершенствование бюджетно-налоговых и кредитных инструментов формирования инвестиционного капитала в АПК является приоритетным направлением государственной политики» [7];

2. Создание машинно-технологических компаний, предоставляющих услуги по выполнению сельскохозяйственных работ современной техникой на договорной основе. По мнению Ю. С. Коротких, Ю. В. Чутчевой и Н. Н. Пуляева, «машинно-технологические компании становятся эффективным инструментом технической модернизации сельского хозяйства, особенно для малых форм хозяйствования» [8];

3. Поддержка отечественных производителей сельхозтехники и комплектующих для снижения зависимости от импорта и повышения доступности техники. Ю. В. Чутчева и Т. И. Ашмарина подчеркивают, что «трансформация рынка сельскохозяйственной техники в условиях реализации ESG-принципов требует создания новых производственных цепочек и локализации ключевых компонентов» [9];

4. Внедрение эффективных систем планирования воспроизводства. Разработка долгосрочных программ обновления МТП на уровне предприятий и регионов с учетом физического и морального износа. Ю. В. Чутчева отмечает, что «управление процессом воспроизводства средств производства в АПК должно основываться на системном подходе, учитывающем не только технические характеристики, но и экономическую эффективность обновления» [10].

Старение и износ машинно-тракторного парка является системным фактором роста эксплуатационных затрат в российском сельском хозяйстве. Формирование суженного воспроизводства МТП, высокая доля техники со сроком эксплуатации более 10 лет, рост нагрузки на единицу техники создают замкнутый контур технологической деградации: хозяйства не могут

своевременно обновлять технику из-за высоких затрат на эксплуатацию изношенного парка.

Решение проблемы требует комплексного подхода, включающего как усиление государственной поддержки, так и развитие новых моделей технического обеспечения сельского хозяйства. Приоритетными направлениями должны стать создание машинно-технологических компаний, стимулирование локализации производства сельхозтехники и внедрение цифровых технологий управления парком.

Как справедливо отмечает Ю. В. Чутчева, «без системных решений в области господдержки, финансовой доступности техники и стимулирования локализации производства, обновление МТП будет оставаться фрагментарным и неустойчивым, что станет серьезным ограничителем для развития конкурентоспособного и устойчивого сельского хозяйства России» [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чутчева, Ю. В. Экономические закономерности воспроизводства сельскохозяйственной техники / Ю. В. Чутчева. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2011. – 254 с.
2. Чутчева, Ю. В. Управление процессом воспроизводства средств производства в АПК / Ю. В. Чутчева. – М. : Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина, 2011. – 120 с.
3. 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.
4. Чутчева, Ю. В. Трансформация рынка сельскохозяйственной техники в условиях реализации ESG-принципов / Ю. В. Чутчева, Т. И. Ашмарина // Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России. – 2022. – С. 382-387.
5. 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. – 2022. – С. 10-18.
6. 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.
7. Совершенствование бюджетно-налоговых и кредитных инструментов формирования инвестиционного капитала в АПК / В. В. Маслова, Н. Ф. Зарук, Н. М. Светлов, Ю. В. Чутчева // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2021. – Т. 1, № 12(81). – С. 3-12.
8. Korotkikh, Yu. S. Farm Machinery Depots in Technical and Digital Support of Agriculture / Yu. S. Korotkikh, Yu. V. Chutcheva, N. N. Pulyaev // AgroTech. AI, Big Data, IoT. – Singapore : Springer Singapore, 2022. – P. 3-9.
9. Чутчева, Ю. В. Экономическая оценка инвестиций: практический курс : учебно-методическое пособие / Ю. В. Чутчева, Т. И. Ашмарина, Н. А. Ягудаева. – М. : Сам Полиграфист, 2025. – 94 с.

10. 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.

11. Федеральная служба государственной статистики. Материально техническая база сельскохозяйственных организаций: парк основных видов техники в сельскохозяйственных организациях (2000-2024 гг.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://24.rosstat.gov.ru/folder/45022 (дата обращения: 11.11.2025).

12. 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.

Об авторе:

Тюгай Константин Леонидович, соискатель ученой степени, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), KLTiougai@kia.ru.

About the author:

Konstantin L. Tyugai, degree candidates, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), KLTiougai@kia.ru.

УДК 372.881.1

РАЗВИТИЕ ТОЧНОСТИ МЫШЛЕНИЯ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ СРЕДСТВАМИ ПЕРЕВОДЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

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

Аннотация. *В статье рассматривается развитие точности мышления студентов инженерных направлений через обучение переводческой деятельности. Анализируются психологические и лингвистические основы понятий «мышление», «деятельность» и «развитие». Предложена методика, основанная на сопоставительном анализе грамматических конструкций и формировании принципов точности перевода. Эксперимент показал эффективность подхода, что подтверждает гипотезу о корреляции между точностью перевода и мышления.*
Ключевые слова: *точность мышления, переводческая деятельность, инженерное образование, грамматические конструкции. методика обучения переводу.*

DEVELOPMENT OF ACCURATE THINKING OF FUTURE ENGINEERS THROUGH TRANSLATION ACTIVITIES

O. B. Ulanova
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article examines the development of thinking accuracy among engineering students through translation training. It analyzes the psychological and linguistic foundations of the concepts of «thinking», «activity», and «development». A methodology based on comparative analysis of grammatical structures and the formation of translation accuracy principles is proposed. An experiment demonstrated the effectiveness of this approach, confirming the hypothesis of a correlation between translation accuracy and thinking.*
Keywords: *thinking accuracy, translation activity, engineering education. grammatical constructions, translation teaching methodology.*

Актуальность и гипотеза

Актуальность нашей темы обусловлена тем, что её формулировка предполагает возможность изучения с позиций разных научных дисциплин. Первая научная дисциплина, вносящая вклад в наше исследование, это

психология.

С точки зрения данной научной дисциплины изучается первое рассматриваемое нами понятие, «мышление», которому посвящены многие научные исследования. В психологической литературе существует множество дефиниций этого явления. Однако нас в наибольшей степени привлекло определение, сформулированное в работе Корниенко А. Ф., согласно которому мышление представляет собой «процесс отражения в психике взаимосвязей между объектами и явлениями действительности» [3, с. 50]. Причина нашего предпочтения заключается в том, что способность к установлению взаимосвязей в наибольшей степени относится к структурно-логическому мышлению, развиваемому в рамках системного подхода к окружающей действительности, что, с нашей точки зрения, служит важной компетенцией будущих инженеров.

Второе психологическое понятие, деятельность, анализируется во многих исследовательских работах (в том числе в статье Махошевой М. Х.). С позиций данного автора, деятельность представляет собой «активное взаимодействие с окружающей действительностью, в ходе которого…» человек «выступает как субъект, целенаправленно воздействующий на объект» [4, с. 154]. Термин «деятельность», относящийся в нашей работе к переводу, в общем, и данный теоретический подход, в частности, вдохновили нас на написание нашей собственной статьи по причине того, что данный термин также имеет прямое отношение к системному подходу, весьма актуальному для профессиональной деятельности инженера, о чём свидетельствует присутствие слов «взаимодействие», «субъект», «объект» в данном определении.

Третье психологическое понятие, ценное для нашей работы, это термин «развитие», также заявленный в формулировке нашей темы. Одна из его дефиниций представлена в статье Дьякова А. А. По его мнению, развитие представляет собой «закономерный и конструктивный процесс изменения, направленный на формирование объектов, реорганизацию их структуры и совершенствование» [2, с. 74]. Данная дефиниция вызвала у нас интерес по двум причинам. Во-первых, в ней присутствует инженерная терминология («конструктивный процесс», «формирование объектов», «реорганизация»). Во-вторых, термин «совершенствование», заявленный в формулировке темы, указывает на позитивный характер процесса развития.

Кроме того, в нашей теме затрагиваются вопросы, связанные с профессиональными компетенциями определённых специалистов (в данной работе инженеров). Известно, что особенности профессиональной деятельности могут исследоваться с позиций как психологии, так и экономики труда и трудовых ресурсов. Среди изученных нами статей, посвящённых чертам инженерной деятельности, хочется упомянуть работу Бургановой Н. Т., в которой инженер рассматривается как специалист-профессионал, способный осуществлять «проектирование и разработку программных...» технических «…решений» [1, с. 45]. Данная дефиниция показалась нам ценной с точки зрения того, что в составе её указываются все компетенции инженера в обобщённом виде и правильном порядке (за проектированием следует разработка).

Следующая научная дисциплина, в терминах которой проводилось наше

исследование, это прогностика. К такому заключению мы пришли, использовав в формулировке нашей темы термин «будущее». С позиций автора Ушаковой И. Б., под будущим следует понимать временной отрезок, «события которого не существовали, не существуют и неизвестно, будут ли существовать» [6, с 107]. Мы предпочли формулировку «будущий инженер» другой формулировке – «студент технического вуза», поскольку она предполагает возможность построения предположений об условиях достижения компетентности.

Последняя научная дисциплина, имеющая отношение к нашему исследованию, лингвистика, вносит существенный вклад в изучение проблемы перевода. Так, с позиций авторов Саяховой Д. К. и Фаткуллиной Ф. Г., статью которых мы изучили, переводом называется «словесное выражение мысли на другом языке … для использования в дальнейшем при передаче этой мысли другому человеку» [5, с. 746]. Данное описание сущности переводческой деятельности вызвало у нас интерес, поскольку в его составе упомянуты две функции языка – мышление («словесное выражение мысли на другом языке») и общение («передача этой мысли другому человеку»). Также нам показалось важным, что в этой дефиниции обозначена последовательность этапов переводческой деятельности.

Из особенностей переводческой деятельности, изученных нами, вытекает *гипотеза* нашего исследования. Мы предположили, что, во-первых, в силу своих особенностей перевод требует точности не только в смысловой, но и в грамматической составляющей. Во-вторых, с большой долей вероятности, существует корреляция между точностью перевода, в частности, и мыслительной деятельности, в общем.

Цель и задачи исследования

Цель: разработка основ подхода к развитию точности мышления студентов технических направлений и направленностей подготовки. Задачи:

1) проанализировать понятие «точность мышления»;

2) обосновать значение точности мышления для студентов технических направлений и направленностей подготовки;

3) сформулировать принципы точности перевода;

4) привести примеры из иностранного языка, иллюстрирующие проявления точности перевода;

5) выделить факторы, влияющие на точность перевода;

6) обосновать наличие корреляции между точностью перевода и мышления.

Методы и материалы

Первый метод, применённый в нашем исследовании, это формирующий эксперимент. Нами была разработана и апробирована оригинальная методика обучения переводческой деятельности, основанная на развитии аналитических способностей (анализе формы построения сходных по смыслу грамматических конструкций иностранного языка; английского и русского эквивалентов предложений), а также операции обобщения (формулировке принципов анализа сходных по смыслу, но различных по форме грамматических конструкций).

Второй метод нашего исследования – сравнительный анализ. Нами были

выделены и сравнены по форме грамматические конструкции иностранного язык, передающего сходный смысл, а также конструкции, требующие различного порядка слов в двух языках.

Нами были выделены принципы, по которым организовывалась переводческая деятельность будущих инженеров. Первый принцип мы назвали мотивированностью. Студенты должны понимать причину того, что надо обращать внимание на точность передачи не только смысла, но и грамматической формы. С этой целью их знакомили с особенностями научного стиля речи. Студенты информировались о задачах переводческой деятельности: 1) понять смысл текста; 2) передать этот текст идентичным по форме русским языком.

Также все принципы перевода мы объединили с помощью одного лозунга, который звучит как единство формы (грамматических конструкций) и содержания (смысла). Второй принцип заключается в том, чтобы не путать сходные по содержанию, но различные по смыслу грамматические конструкции. В качестве примера приведём две конструкции: 1. причастие 1 (активное) после существительного в причастном обороте или определительное придаточное ***(****A four-stroke cycle is known as the working* ***process*** *tak****ing*** *place in the internal combustion engine – Четырёхтактный цикл известен как рабочий* ***процесс****, происход****ящ****ий в двигателе внутреннего сгорания)* и определительное придаточное предложение (*A four –stroke cycle is termed as the working* ***process****. (which, that) takes place in the internal combustion engine – Четырёхтактный цикл называется рабочим* ***процессом****,* ***который*** *происходит в двигателе внутреннего сгорания*).

Преподаватель предлагает студентам выявить возможную причину ошибок, которая заключается в нахождении определительного компонента (показателя активного причастия – окончания *-ing* или союзного слова *that (which*), употребляемого в значении «*который*», после определяемого существительного, от которого задаётся вопрос «Какой?».

Третий принцип заключается в том, чтобы не путать сходные по смыслу части речи. В качестве примера приведём существительные, употребляемые в составе конструкции (*to be)+ of+ существительное*: *importance – важность, significance – значимость, value – ценность, use – польза, interest – интерес*. Студенты часто путают их с соответствующими однокоренными прилагательными «*важный, значимый, ценный, полезный, интересный*», а также с глаголом «*используется*», употребление которых оказывается намного проще, чем использование соответствующих существительных. Нами была выявлена причина сложности применения в речи существительных, которая, с нашей точки зрения, заключается в трудности подбора к ним глаголов в русском языке *важность, ценность (имеет, представляет*), *пользу (приносит), интерес (представляет*). Трудность подбора глаголов к существительным при переводе на русский язык усугубляется и тем, что в английском языке все они соответствуют одному и тому же глаголу *(to be),* являющемуся вспомогательным глаголом, у которого, как известно, не существует никакого постоянного перевода.

Для более эффективного понимания различия частей речи студентам предлагается находить их грамматические показатели. Приведём примеры: 1) существительное: *A braking system* ***is of (3) great (2)*** *import****ance*** *(1) for stopping a car – Тормозная система (имеет, представляет) огромную важность для остановки автомобиля*; 2) прилагательное: *A braking system is* ***very*** *import****ant*** *for stopping a car – Тормозная система очень важна для остановки автомобиля.* Анализируя данные примеры, студенты приходят к выводу о том, что разные части речи имеют неодинаковые грамматические показатели. Так, употребляя выше представленную конструкцию, студенты находят и нумеруют признаки существительного, деля их на две группы: 1) признак, входящий в состав самого существительного (суффикс *-ance*); 2) признаки, употребляемые перед существительным в предложении: 1) предлог *of;*2) определения *great, little, no*.

Также выявляется дополнительная сложность употребления слова *no* как определения *«никакой*» в составе данной конструкции. Приведём пример: *A braking system is of* ***no (1)*** *value for starting a car – Тормозная система не (1) имеет никакой (2) ценности для запуска автомобиля*. Студентам приходится сравнивать английский и русский эквиваленты простого предложения по числу отрицательных слов: английский язык – одно отрицание, русский язык – два отрицания, что для облегчения работы обозначается цифрами.

В свою очередь, будучи сравниваемыми с существительными, соответствующие им однокоренные прилагательные имеют другие суффиксы: *-ant: import****ant*** *– важный, signific****ant*** *– значимый; -able – valuable – ценный*; или окончание *-ing – interest****ing*** *– интересный.*

Второй принцип формулируется как принцип выявления непереводимых компонентов грамматических конструкций. В качестве примера приведём конструкции, содержащие местоимение *It* в качестве формального (непереводимого) члена предложения: 1) подлежащего *(-* ***It*** *is* ***possible to*** *compare a steam turbine with a windmill – Возможн****о*** *сравнить паровую турбину с ветряной мельницей*); 2) дополнения *(A radiator* ***makes (1) it (2) possible (3)*** *to give the coolant heat to the surrounding air – Радиатор* ***делает (1) возможным*** *(2) отдавать тепло охлаждающей жидкости окружающему воздуху*). Сопоставляя две конструкции, студенты обнаруживают в них сходные компоненты: *it (1), прилагательное* (в данном случае *possible*) – (2), *to* (3), определённая последовательность которых служит причиной проявления ряда особенностей конструкции.

Третий принцип заключается в выявлении случаев различного порядка слов в английском и русском эквивалентах предложения. В качестве примера приведём конструкцию «Сложное дополнение при сказуемом в активном залоге»: *We know (1) this valve (3) to (2) admit fresh fuel mixture into the combustion chamber (4)*, переводимую на русский язык следующим образом: *Мы знаем, что этот клапан подаёт свежую топливную смесь в камеру сгорания.* При этом сравнивая английский и русский эквивалент предложения, студенты не просто выявляют в них отличия, но и находят противоречивые компоненты структуры (то есть сходные особенности внутри различных отличительных черт). Так, с одной стороны, в отличие от русского предложения, английское предложение

является простым по составу, но, с другой стороны, оно содержит в себе сложную конструкцию. Также, с одной стороны, в обоих эквивалентах предложений выявляются соответствия друг другу разных частей речи: в английском предложении – частицы (to), в русском языке – союза «что». Однако, с другой стороны, и частица, и союз относятся к категории служебных частей речи.

В рамках нашей методики студентам предлагается делать графическую разметку каждого предложения, выделяя карандашом: показатели грамматической конструкции (окончания, частицы, вспомогательные глаголы) в английском и русском эквивалентах предложения, а также возможные причины такого перевода. С помощью цифр внутри английского предложения обозначается последовательность перевода на русский язык.

Ход и результаты исследования

В нашем исследовании, проведённом в 2024-2025 учебном году, приняли участие две группы первого курса института механики и энергетики имени В. П. Горячкина из РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева – ДМ-17 в качестве экспериментальной группы и ДМ-10 в качестве контрольной группы. Студенты первой упомянутой группы обучались переводческой деятельности с английского языка на русский язык по нашей оригинальной методике. Студенты второй упомянутой группы обучались переводу по экспериментальной методике.

Для удобства интерпретации результатов нами были разработаны и описаны уровни точности осуществления студентами перевода. Студенты, находящиеся на *высоком* уровне точности перевода, понимают обе известные задачи переводческой деятельности, связанные как с пониманием смысла текста, так и с передачей его адекватными речевыми средствами другого языка. В ходе перевода студенты на этом уровне руководствуются всеми известными принципами перевода. При этом они обладают умениями сопоставления всех изученных конструкций: как два английских эквивалента, так и английского предложение с его русскоязычным эквивалентом, сопоставляя их по всем возможным критериям. Студенты на *хорошем* уровне как правило также понимают обе известные задачи переводческой деятельности. Осуществляя перевод с иностранного языка на русский язык, они руководствуются почти всеми известными принципами перевода. Имея достаточно хорошее языковое чутьё, студенты, находящиеся на этом уровне, успешно переводят на русский язык предложения, отличающиеся от своих английских эквивалентов, например, порядком слов или наличием непереводимых компонентов. Однако они не в полной мере понимают необходимость корректного перевода предложений, идентичных по смыслу, но отличающихся по форме. В результате допускаются ошибки в переводе таких предложений. Студенты на *удовлетворительном* уровне, как правило, понимают необходимость отражения общего содержания текста. При этом для них остаются не совсем ясными причины, по которым им предлагается обращать внимание на грамматическую составляющую каждого предложения. Такие студенты руководствуются лишь некоторыми принципами перевода. Они умеют сопоставлять лишь некоторые конструкции только по

некоторым возможным критериям. Студенты, находящиеся на *низком* уровне, не понимают задач переводческой деятельности и, в результате, их перевод не является точным ни с позиций смысла, ни с точки зрения формы.

Результаты анализа уровня точности перевода студентами инженерных направлений подготовки представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Результаты анализа уровня точности перевода студентами инженерных направлений подготовки

Группа			ДМ 17	ДМ 10
Общее кол-во студентов			32	22
Уровень точности перевода	Высокий	Кол-во студентов	24	-
		%	75	-
	Хороший	Кол-во студентов	5	-
		%	15,625	-
	Удовлетворительный	Кол-во студентов	3	4
		%	9,375	18,18
	Низкий	Кол-во студентов	-	18
		%	-	81,82

Нами были высчитаны количественные соотношения студентов, выраженные и в числе участников, и в процентах по причине того, что общее число студентов в экспериментальной и контрольной группах различно (Таблица 1).

Согласно данным Таблицы 1, в экспериментальной группе наибольшее количество участников составила подгруппа, добившаяся высокого уровня точности переводческой деятельности. Количество студентов хорошего уровня превысило численность студентов удовлетворительного уровня. Подгруппа низкого уровня в этой группе отсутствовала. Противоположные результаты были получены в контрольной группе, в которой количество студентов на низком уровне точности переводческой деятельности превысило численность студентов на удовлетворительном уровне. Подгруппы же как высокого, так и хорошего уровня в контрольной группе выявлены не были.

Заключение

Наша работа обладает теоретической важностью по причине того, что в ней представлены разработанные нами принципы организации обучения студентов инженерных направлений и направленностей подготовки переводческой деятельности. Наше исследование также обладает практической значимостью, поскольку в нём приводятся фрагменты занятий, направленных на обучение переводческой деятельности студентов инженерных направлений и направленностей подготовки, а также оценена эффективность разработанной нами методики обучения переводу. Новизна исследования заключается в широком использовании термина «точность» по отношению к свойствам мыслительной деятельности, а также в приведении аргументов для доказательства важности переводческой деятельности как компетенции будущих инженеров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бурганова, Н. Т. Профессиональные компетенции инженера / Н. Т. Бурганова // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. – 2016. – № 3(70). – С. 42-48.

2. Дьячков, А. А. Семантические основания понятия «развитие» / А. А. Дьячков // Психолого-педагогические аспекты совершенствования подготовки студентов вуза : материалы межвузовской студенческой научно-практической конференции с международным участием, Новосибирск, 29 мая 2022 года. – Новосибирск : Новосибирский государственный аграрный университет, 2022. – С. 73-76.

3. Корниенко, А. Ф. Сущность процессов мышления и мыслительной деятельности / А. Ф. Корниенко // Научный диалог. – 2013. – № 4(16). – С. 49-62.

4. Махошева, М. Х. Роль деятельности в развитии личности / М. Х. Махошева // Моя профессиональная карьера. – 2021. – Т. 1, № 28. – С. 154-158.

5. Саяхова, Д. К. Перевод и переводческий процесс: особенности корреляции / Д. К. Саяхова, Ф. Г. Фаткуллина // Вестник Башкирского университета. – 2021. – Т. 26, № 3. – С. 745-749. – DOI 10.33184/bulletin-bsu-2021.3.37.

6. Ушакова, И. Б. Прошлое, настоящее и будущее: о субъективности языкового времени / И. Б. Ушакова // Вестник Хабаровского государственного университета экономики и права. – 2021. – № 2(106). – С. 106-112. – DOI 10.38161/2618-9526-2021-2-106-113.

Об авторах:

Уланова Ольга Борисовна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат педагогических наук, forlang@rgau-msha.ru.

About the authors:

Olga B. Ulanova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Pedagogical Sciences, forlang@rgau-msha.ru.

УДК 372.881.1

РОЛЬ РАЗНООБРАЗНЫХ ВИДОВ РАБОТЫ ПО ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ В РАЗВИТИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ СТУДЕНТОВ-ИНЖЕНЕРОВ

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

Аннотация. *В статье анализируется влияние работы с профессиональным иностранным языком на развитие технической компетентности студентов инженерных направлений. Рассматриваются междисциплинарные подходы к понятиям «инженерия», «техника» и «компетентность». Предложена методика, основанная на системном усвоении технической лексики и развитии умений её применения. Эксперимент подтвердил эффективность подхода, доказав, что развитие конкретного типа мышления способствует успешному овладению техническим вокабуляром.*
Ключевые слова: *техническая компетентность, профессиональный иностранный язык, инженерное образование, технический вокабуляр, методика обучения.*

THE ROLE OF VARIOUS TYPES OF FOREIGN LANGUAGE WORK IN THE DEVELOPMENT OF TECHNICAL COMPETENCE OF ENGINEERING STUDENTS

O. B. Ulanova
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article analyzes the impact of working with a professional foreign language on the development of technical competence among engineering students. Interdisciplinary approaches to the concepts of «engineering», «technology», and «competence» are examined. A methodology based on the systematic acquisition of technical vocabulary and the development of skills for its application is proposed. The experiment confirmed the effectiveness of the approach, proving that the development of a specific type of thinking contributes to the successful mastery of technical vocabulary.*
Keywords: *technical competence, professional foreign language, engineering education, technical vocabulary, teaching methodology.*

Актуальность: тема нашего исследования обладает актуальностью по причине возможности её изучения с позиций нескольких научных дисциплин.

Первая научная дисциплина, внёсшая вклад в наше исследование, это инженерия. В изученной нами статье Шарафутдиновой Р. И. и Галимзяновой И. И. подчёркивается ведущая роль инженера как «главной фигуры научно-технической революции, основного двигателя научно-технического прогресса» [7, с. 256]. Данная дефиниция привлекла нас своим характером: 1) оценочным («главная фигура»), 2) образным (инженер сравнивается с «двигателем научно-технического прогресса»). С одной стороны, данная дефиниция подчёркивает значение гуманитарного развития и общей культуры для данной специалиста, а, с другой стороны, имеет техническое содержание.

Ещё одно понятие, прозвучавшее в формулировке темы, и тесно связанное с инженерной проблематикой, это техника. Нас привлекла дефиниция данного термина, приведённая в статье Безъязычного В. Ф., согласно которой изучаемое понятие рассматривается как «совокупность механических средств труда, созданных на основе познания законов природы» [3, с. 19]. Данное определение также привлекло нас возможностью изучения с междисциплинарных позиций, на основе упомянутых в нём терминов: «механический» (инженерия), «средства труда» (экономика), «законы природы» (естественные науки), «познание» (гносеология).

Термин «компетентность» изучается дисциплинами психолого-педагогического цикла. С точки зрения Рыбаковой А. А., статью которой мы изучили, компетентность представляет собой «совокупность личностных характеристик,… владение… знаниями, умениями, навыками…», обеспечивающими её «соответствие… предъявляемым требованиям…» «в… областях профессиональной деятельности» [6, с. 56]. Данное определение привлекло нас тем, что термин «компетентность» рассматривается с позиций системного подхода – как обобщённое понятие, состоящее из отдельных компонентов, представленных в логичном порядке, который отражает объективную последовательность их усвоения и формирования.

Следующая научная дефиниция, лингвистика, изучает сущность понятия «язык». С позиций Бересневой В. А., язык, в общем, понимается как «социальный феномен» [4, с. 125], «воплощающий работу сознания» [4, с. 126]. Преимущества данной дефиниции заключаются в комплексном подходе к языку как средству и общению («социальный феномен»), и мышлению («воплощение работы сознания»). Изучив разнообразные дефиниции термина «иностранный язык», в частности, мы поняли, что существуют разнообразные часто противоречивые мнения по поводу характеристик данной учебной дисциплины, которая рассматривается или как условие возникновения проблем в чуждой языковой среде, или, наоборот, как способ решения проблем (средство коммуникации, «без знания которого можно легко потеряться в международном сообществе… [4, с. 127]).

Еще одна научная дисциплина, внёсшая вклад в наше исследование, социология. С позиций социологии можно обосновать выбор студенчества как основного изучаемого контингента нашего исследования. С точки зрения исследователей Асиповой Н. А. и Мамыровой М. И., студенчество представляет собой «социальную группу», характеризуемую с личностной точки зрения

«активностью, восприимчивостью и стремлением к самовыражению», а с общественной точки зрения – с «ориентацией на будущую профессию» [2, с. 176]. Данная дефиниция особенно актуальна для нашей темы, учитывающий узкопрофессиональный контекст подготовки студентов (инженерию), а также создание условий для креативной деятельности (способности к изобретению новых машин, механизмов и устройств).

Цель, задачи, предмет и объект исследования

Цель: проанализировать влияние разнообразных видов работы по иностранному языку как *предмета исследования* на развитие технической компетентности студентов инженерных направлений подготовки как *объект*. *Задачи*: 1) охарактеризовать понятие «техническая компетентность»; 2) выделить средства иностранного языка, влияющие на развитие технической компетентности и аргументировать свой выбор; 3) разработать фрагменты занятий по иностранному языку, оказывающие влияние на развитие технической компетентности студентов; 4) описать уровни сформированности технической компетентности студентов средствами иностранного языка.

Проблема исследования

Проблема исследования заключается в том, что трудно усвоить слишком большой объём технического вокабуляра. Причина существования данной проблемы заключается в том, что студенты негуманитарных вузов, в общем, и нелингвистических вузов, в частности, как правило, обладают более низким уровнем овладения профессиональным иностранным языком, а также более низким уровнем способностей в этой области, чем студенты лингвистических вузов.

Методы, материалы и гипотеза исследования

Основной метод, применённый в ходе нашего исследования, формирующий эксперимент.

Нами разработана методика проведения занятий по профессиональному иностранному языку, которая направлена на развитие технической компетентности студентов. Для будущих инженеров главным аспектом иностранного языка является лексика.

Первый компонент компетентности, приобретение знаний, включает в себя ознакомление с лексикой. Студенты усваивают её, приобретая знания из текстов технического содержания: например, «*Car construction», «Clutch functions», «Types of engines»*. Читая тексты, они выписывают новые технические термины в словарь, для более прочного запоминания группируя их разными способами. Первый способ – объединение технических терминов по частям речи, включая: существительные – *clutch, valve, piston*; прилагательные – *internal* (в словосочетании *internal combustion engine*), *light (heavy)* (в словосочетании типа *light (heavy) weight; rear* (в словосочетании типа *rear axle*); глаголы – *to drive, to screw, to rotate*. Второй способ группировки слов предполагает их группировку соответственно смыслу: 1) *machinery parts – crankshafts, hubs, gears, bearings*; 2) *machinery components – clutch, engine, wheels, body*; 3) материал: *wood – wooden, steel, plastic*; 4) форма – *flat, rectangular, round*. Как показывают примеры, лексические единицы, объединяемые по смыслу, могут при этом относиться к

разным частям речи.

Третий принцип, имеющий комплексный характер, заключается в группировке слов как по словообразовательному принципу, так и по смыслу. Например, студентам сообщается, что некоторые суффиксы в составе технических терминов позволяют понять не только часть речи, к которой принадлежит слово, но и оттенки его значения. Приведём примеры: *generator (генератор)* – существительное, обозначающее компонент машины, выполняющий определённую функцию; *combustion (сгорание)* – пример процесса; *car body capacity* – вместимость кузова автомобиля – существительное со значением свойства.

Гипотеза нашего исследования заключается в том, что так как представители инженерных направлений и направленностей подготовки имеют высокий уровень конкретного типа мышления, они более эффективно запоминают новые термины, руководствуясь их значением, а не разделением на части речи.

Другой тип мышления, высоко развитый у студентов инженерных направлений и направленностей подготовки, образное мышление. Так, например, при усвоении новой лексики им предлагается использовать приём сопоставления общеупотребительных и технических значений одних и тех же слов. В качестве примера приведём слово *body*, переводимое как «*тело*» и «*кузов*». Для более эффективного усвоения студентам предлагается выделить черты сходства двух разных значений слов – «тела» и «кузова», которые могут заключаться в их крупном размере, заполнении объёма и т.д.

Второй компонент компетентности, умения, предполагает использование лексики. Развитие умений проходит в несколько этапов. На первом этапе обучения применяется несколько приёмов: 1) показ студентами основных частей транспортных средств на применяемой в ходе занятий модели с их называнием на иностранном языке; 2) выполнение студентами презентаций в программе PowerPoint с подписыванием основных частей машин, устройств на иностранном языке.

В конце данного этапа студенты выполняют презентации в программе PowerPoint, предполагающие представление схематизированных чертежей транспортных средств, в целом, и их отдельных комплексных деталей, в частности. При этом названия транспортных средств (*car, bus, truck*), их разновидностей (*sedan, hatchback, convertible*), частей (*engine, brakes, tires*), деталей (screws, nuts, wires) прописываются на иностранном языке. Главный принцип работы над техническим вокабуляром мы охарактеризовали как подробность описания машин, приборов и устройств.

Второй этап развития умений происходит в процессе комплексных занятий по иностранному языку и инженерии, в ходе которых преподаватель даёт студентам команды на иностранном языке. При этом наиболее важное свойство речи – точность установления местоположения детали. Приведём пример высказывания, которое даётся в форме: 1) команды – *Turn the big nut in the left side of the case*; 2) распоряжения: а) *You **must replace** the battery from under the hood in the engine compartment; b) You **are to press** the big green button in the middle*

of the panel. Во всех представленных выше фразах точно устанавливается местоположение технических деталей, осуществляемое с помощью предлогов, входящих в состав обстоятельства: 1) *from under*…; 2) *in the middle of*…

Продолжая гипотезу нашего исследования, мы предположили, что в разговорной речи профессионально-ориентированного содержания лексические единицы технического вокабуляра следует внедрять в состав довольно коротких грамматических конструкций, поскольку в работе инженера не только мыслительные, но и практические действия и операции имеют огромную важность.

Третий этап состоит в сопровождении действий речевыми высказывании в нужном грамматическом времени соответственно моменту выполнения действия: 1) настоящем продолженном времени в случае сопровождения действия речью: I am turning the *big nut in the left side of the case*; 2) настоящем совершённом времени в случае завершения действия к моменту речи: I have replaced *the battery from under the hood in the engine compartment.*

В конце третьего этапа студентами составляется диалог на тему «Стажировка молодого специалиста-инженера», в которой один участник в роли «стажёра» выполняет команды или распоряжения другого специалиста (преподавателя в роли «дипломированного инженера»). Диалогичность задания обусловлена использованием материала второго этапа обучения, в процессе которого предполагается построение взаимосвязанных высказываний с подлежащих второго лица *(you*) на первое лицо единственного числа (*I*).

Третий компонент компетентности, тесно связанный со вторым компонентом, это способности. Первая способность, точность мышления, предполагает знание не только основных частей машины, прибора или устройства, но и более мелких деталей, которые называются на иностранном языке. Вторая способность – креативность мышления. Она выражается в нескольких аспектах. Первый аспект креативности – технический. Студентам даётся задание придумать новый, никогда не существовавший ранее, вид машины, прибора или устройства с написанием названий его частей или деталей. При этом для описания функционирования воображаемой техники студентами используется конструкция сослагательного наклонения с позиции будущего времени: *A universal vehicle* ***would have*** *wheels, wings and flippers.* Второй аспект креативности – языковой. Он выражается в том, что студент умеет выполнять языковое задание разными способами (например, включать одну и ту же техническую лексику в состав разных, но идентичных по смыслу грамматических конструкций).

Стадии исследования

Наша работа выполнена в определённом порядке. Так, известно, что, являясь основой формирования умений, усвоение знаний предшествует первому упомянутому. В свою очередь, являясь основой развития способностей, овладение умениями также предшествует первому упомянутому. Такая последовательность обусловлена закономерностью, согласно которой, чем выше уровень развития знаний, тем выше уровень развития умений и, в свою очередь, чем выше уровень развития умений, тем выше уровень развития способностей.

Теоретическая основа исследования

Следовательно, в качестве теоретической основы нашего исследования следует рассматривать концепцию, получившую название «знание, понимание, умение и служащую «концептуальной опорой содержания образования [5, с. 11].

Место и время проведения исследования

Наше исследование проводилось в 2025-2026 учебном году с сентября по декабрь на базе двух групп института механики и энергетики имени В. П. Горячкина из РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева – ДМ 12-24 как экспериментальной группы и ДМ 10-24 как контрольной группы. Студенты экспериментальной группы обучались профессиональному иностранному языку по разработанной нами экспериментальной методике, предполагающей применение разнообразных профессионально-ориентированных форм, методов и приёмов обучения, акцент на усвоение профессиональной терминологии, а также точность и подробность в овладении лексикой. Студенты контрольной группы обучались профессиональному иностранному языку по традиционной методике.

Ход и результаты исследования

Для удобства интерпретации полученных результатов мы выделили и описали уровни развития технической компетентности студентов-инженеров средствами профессионального иностранного языка. Студенты, находящиеся на *высоком* уровне технической компетентности, обладают не только языковыми знаниями, но умениями и способностями. Они знают все лексические единицы, обозначающие машины и устройства, их части и детали. Студенты на высоком уровне могут группировать технический вокабуляр и по частям речи, и соответственно значению. Они могут выполнять все виды работы с техническим вокабуляром, успешно внедряя его во все требуемые грамматические конструкции, включая близкие и идентичные по смыслу. Студенты на *хорошем* уровне также обладают языковыми знаниями, умениями и способностями. Они знают почти все лексические единицы, обозначающие машины и устройства, их части, при этом им известны не все названия более мелких внутренних деталей. Студенты на хорошем уровне способны группировать почти все лексические единицы и по частям речи, и соответственно значению. Они могут выполнять почти все виды работы с техническим вокабуляром, успешно внедряя их в большинство требуемых грамматических конструкций. Однако при этом студенты на хорошем уровне не способны использовать близкие и идентичные по смыслу грамматические конструкции. Студенты, находящиеся на *удовлетворительному* уровне, обладают знаниями технических терминов, включая названия машин и устройств, а также их частей, при этом не всегда зная названия более мелких деталей. При этом умения и способности в области употребления технической лексики в составе грамматических конструкций не развиты в полной мере. Эти студенты способны выполнять лишь некоторые виды работ с техническим вокабуляром, употребляя их в составе только некоторых грамматических конструкций. Студенты на *низком* уровне не имеют ни знаний, ни умений в области применения технического вокабуляра.

Результаты нашего исследования представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Результаты анализа уровня развития технической компетентности студентов-инженеров средствами профессионального иностранного языка

Группа			ДМ 12-24	ДМ 10-24
Общее кол-во студентов			25	19
Уровни	Высокий	Кол-во	20	-
		%	80	-
	Хороший	Кол-во	4	-
		%	16	-
	Удовлетворительный	Кол-во	1	3
		%	4	15,79
	Низкий	Кол-во	-	16
		%	-	84,21

Поскольку количество студентов в экспериментальной и контрольной группах различалось, нами были вычислены соотношения подгрупп разного уровня для обеих учебных групп, выраженные и в количестве студентов, и в процентах. Результаты исследования, представленные в Таблице 1, показали, что большинство студентов экспериментальной группы находятся на высоком уровне компетентности средствами профессионального иностранного языка. Количество студентов на хорошем уровне превышает численность студентов на удовлетворительном уровне. Подгруппа низкого уровня в экспериментальной группе отсутствует.

Противоположные результаты были получены в контрольной группе, в которой подгруппа низкого уровня по численному составу превысила подгруппу низкого уровня. Подгруппа высокого уровня в контрольной группе не была выявлена.

Полученные результаты исследования доказали эффективность разработанной нами методики обучения профессиональному иностранному языку студентов инженерных направлений и направленностей подготовки, создающей условия для развития технической компетентности. Гипотеза нашего исследования, раскрывающая следствие развития конкретного типа мышления у студентов инженерных направлений и направленностей подготовки, подтверждена.

Заключение

Наша работа имеет огромную теоретическую важность, поскольку в ходе её выполнения нами были разработаны принципы повышения технической компетентности студентов инженерных направлений и направленностей подготовки средствами профессионального иностранного языка. Практическая значимость и новизна исследования обусловлены разработкой оригинальной методики обучения, в ходе которой создаются условия для того, чтобы средства профессионального иностранного языка внесли вклад в повышение технической компетентности студентов инженерных направлений и направленностей подготовки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азамова, Г. А. Роль иностранных языков в современном мире / Г. А. Азамова // Инновации в науке и практике : сборник научных статей по материалам XII Международной научно-практической конференции, Уфа, 05 мая 2023 года. Часть 3. – Уфа : ООО «Научно-издательский центр «Вестник науки», 2023. – С. 224-231.

2. Асипова, Н. А. Студенчество как особая социальная группа в контексте этнокультурной социализации / Н. А. Асипова, М. И. Мамырова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 6. – С. 175-179.

3. Безъязычный, В. Ф. Техника и технология. Понятия. Взаимосвязь / В. Ф. Безъязычный // Вестник РГАТА имени П. А. Соловьева. – 2021. – № 2(57). – С. 19-24.

4. Береснева, В. А. Раскрытие сущности языка (методический аспект) / В. А. Береснева // Филологический класс. – 2024. – Т. 29, № 4. – С. 123-131. – DOI 10.26170/2071-2405-2024-29-4-123-131.

5. Ильинский, И. М. «Знание. Понимание. Умение – журналу 10 лет» / И. М. Ильинский // Знание, понимание, умение. – 2014. – № 1. – С. 5-17.

6. Рыбакова, А. А. Сущность понятий «компетенция» и «компетентность»: от количественного измерения к качественному наполнению / А. А. Рыбакова // Вестник Ставропольского государственного университета. – 2009. – № 2. – С. 51-57.

7. Шарафутдинова, Р. И. Профессиональная деятельность современного инженера / Р. И. Шарафутдинова, И. И. Галимзянова // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15, № 6. – С. 255-257.

Об авторах:

Уланова Ольга Борисовна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат педагогических наук, forlang@rgau-msha.ru.

About the authors:

Olga B. Ulanova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Pedagogical Sciences, forlang@rgau-msha.ru.

УДК 662.75:62-732

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Е. А. Улюкина[1], В. Е. Константинов[2], Ф. Е. Шарыкин[2]
[1]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация
[2]ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Рассмотрен вопрос повышения эффективности очистки жидких углеводородов в сельском хозяйстве путем многоступенчатого отделения механических примесей и свободной воды. Приведена технологическая схема разработанной установки, предусматривающая применение гидродинамического фильтра с гидрофобной разделительной перегородкой и регулируемыми щелевыми каналами, тангенциального вакуумного разделителя для доочистки продукта при испарении паров воды и удалении газа, а также регенерируемого фильтра с сорбирующими свойствами.*
Ключевые слова: *сельское хозяйство, жидкие углеводороды, гидродинамическое фильтрование, механические примеси, вода, дисперсная среда, чистота.*

IMPROVING THE EFFICIENCY OF LIQUID HYDROCARBONS PURIFICATION IN AGRICULTURE

E. A. Ulyukina[a], V. E. Konstantinov[b], F. E. Sharykin[b]
[a]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation
[b]25th State Research Institute of Chemmotology of the Ministry of Defense of Russia", Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article discusses the issue of improving the efficiency of liquid hydrocarbon purification in agriculture through the multi-stage separation of mechanical impurities and free water. It presents a technological scheme of the developed installation, which includes a hydrodynamic filter with a hydrophobic separation partition and adjustable slotted channels, a tangential vacuum separator for product refining during water vapor evaporation and gas removal, and a regenerable filter with sorption properties.*
Keywords: *agriculture, liquid hydrocarbons, hydrodynamic filtration, mechanical impurities, water, dispersed medium, purity.*

В сельском хозяйстве, как и во многих других отраслях экономического комплекса страны широко применяются различные виды жидкостей, среди которых особое место занимают жидкие углеводороды, используемые как

смазочные и горючие материалы. Повышение долговечности и надежности сельскохозяйственной техники достигается как путем улучшения ее конструкции, так и повышением эксплуатационных показателей, применяемых углеводородов, среди которых одним из важнейших является уровень их чистоты – содержание в них механических примесей, эмульсионной воды, продуктов окисления и других загрязнений [1]. Для поддержания их эксплуатационных свойств разработано большое количество различных технологий и систем подготовки, в том числе по очистке от механических примесей [2, 3] и отделению воды [4].

Постоянное повышение требований к допустимой концентрации, размерам механических примесей и капель воды в жидких углеводородах для сельскохозяйственной техники, технологических циклов предприятий и транспорта обуславливает необходимость совершенствования существующих систем очистки и внедрения более эффективного фильтровального оборудования. При этом широкое применение получают многоступенчатые системы, реализующие различные схемы разделения.

Анализ зарубежных и отечественных разработок в области разделения и очистки жидких углеводородов показывает, что наиболее распространенными являются физические методы: отстаивание, механическая очистка при пропускании через пористые перегородки, разделение в силовых полях, а также сушка и очистка при распылении в вакууме с последующей доочисткой на фильтрах с сорбирующими свойствами [5]. Вместе с тем, при выборе оптимального решения для отделения механических примесей и свободной воды, с учетом требований к конечной чистоте продукта, необходимо рационально оценивать значимость того или иного воздействия на рабочую среду.

Наиболее простым способом очистки жидкостей является отстаивание. В таком случае задействован лишь механизм гравитационного осаждения частиц, размером более 100 мкм. Частицы меньшего размера подобным методом практически не удаляются, поскольку конвективные токи в емкостях наблюдаются уже при очень малых градиентах температуры [6, 7]. В результате, с учетом вязкости углеводородов частицы загрязнений размером, менее 100 мкм, практически постоянно находятся во взвешенном состоянии.

Однако ввиду принципиальных отличий между процессами осаждения в жидких углеводородах твердых частиц и капель воды скорость осаждения последних значительно меньше. Например, в топливе ТС-1 капли диаметром 15…20 мкм осаждаются на глубину 1 м в течение 10 ч, капли 5..10 мкм проходят это расстояние за 24 ч, а капли с размерами около 5 мкм могут сохраняться в топливе во взвешенном состоянии до 7 дней [5]. Поэтому существующие нормы времени на отстаивание углеводородов не могут обеспечить полного удаления загрязнителей.

Вместе с тем, время, затрачиваемое до начала выдачи углеводородов из емкостей, может быть сокращено путем их отбора из верхних слоев, а также при использовании коалесцеров. Дальнейшее снижение загрязненности может быть достигнуто при фильтровании на разделительных перегородках. Для этого разработаны оригинальные конструкции фильтров и систем очистки жидких

углеводородов от механических примесей и свободной воды [8-11].

При современном развитии технологии разделения и очистки перспективным способом фильтрования является использование гидродинамических фильтров [12]. В силу конструктивных особенностей движущийся в них поток носит двухпараметрический закрученный характер. Регулированием параметров закрутки многофазного потока можно интенсифицировать как процесс фильтрования, так и процесс регенерации фильтрующих элементов (ФЭ). Установлено, что вязкость несущего потока, размер механических примесей и капель воды, а также их удельный вес оказывают существенное влияние на характер силового взаимодействия фаз потока и их разделение [13, 14].

Регулированием соотношения расхода потока и его начальной закрутки в зоне подачи можно в широких пределах варьировать скорость осаждения и эффективность разделения частиц примесей и капель воды с основным потоком, что позволяет повысить тонкость и качество очистки фильтруемой жидкости.

При этом можно эффективно отделить частицы размером до 10 мкм и капли дисперсной воды. Для последующей ступени целесообразно использовать вакуумную очистку при создании условий интенсивного испарения капель и отвода из рабочего объема их паров с пузырьками газа и механических примесей, что предполагает нагрев очищаемой среды (до 75ºС) с последующим ее распылением в вакууме.

Очевидно, что каждая из ступеней очистки имеет свои особенности, достоинства и недостатки. Так отстаивание, как отмечалось ранее занимает продолжительное время и не всегда обеспечивает требуемый уровень отделения загрязнителей, поэтому данный метод в основном применяется для их предварительной очистки.

Вакуумная осушка требует нагрева углеводородов с последующем диспергированием и вакуумирования большого объема осушителя, что приводит к увеличению дополнительного оборудования и материальных затрат на реализацию технологической схемы.

Сорбционная очистка с применением молекулярных сит позволяет удалить воду до требуемых нормативов, однако последующая их регенерация представляет собой продолжительный и материально затратный процесс.

Гидродинамическое фильтрование при всей своей технологичности не всегда позволяет полностью удалять воду, а также мелкие частицы загрязнений, что имеет существенное значение для функционирования техники, механизмов и аппаратов.

Таким образом, из анализа физических методов разделения и очистки жидких углеводородов видно, что аддитивное их использование практически невозможно и нецелесообразно. В то же время применение принципов, заложенных в каждый из рассмотренных процессов, в определенной технологической схеме позволит достичь требуемых результатов.

Подобный подход при очистке углеводородов позволяет реализовать установка, технологическая схема которой представлена на Рисунке 1 [15]. При работе такой установки отделение основной части механических примесей и

воды происходит в гидродинамическом неполнопоточном предфильтре под воздействием закрутки потока. Далее частично очищенные углеводороды разделяются на два потока, один из которых в контуре циркуляции смешивается с исходным продуктом, а второй подается в тангенциальный вакуумный разделитель, где под действием разряжения (75 кПа) отбирается паровоздушная смесь.

После углеводороды подаются из разделителя на фильтр тонкой очистки с сорбирующими свойствами из полимера пространственно-глобулярной структуры с размером пор 0,4…0,6 мкм. На выходе из него осуществляется отбор чистого продукта.

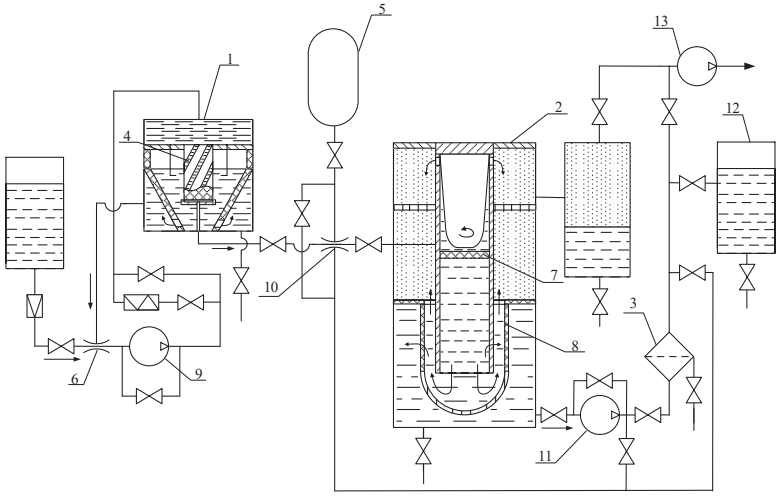


Рисунок 1 – Технологическая схема установки, реализующей многоступенчатую очистку жидких углеводородов:
1 – гидродинамический неполнопоточный предфильтр; 2 – тангенциальный вакуумный разделитель; 3 – фильтр тонкой очистки; 4 – ФЭ; 5 – баллон с азотом; 6 – эжектор; 7 – дно стакана тангенциального разделителя; 8 – отражатель; 9 – центробежный насос; 10 – дополнительный эжектор; 11 – шестеренный насос; 12 – емкость для очищенного продукта; 13 – вакуумный насос

Подвижная гидрофобная разделительная перегородка ФЭ предфильтра из тонкостенного полимерного цилиндра с возможностью изменения размеров пор (щелевых каналов) закреплена штифтами с его подвижным дном. Изменение геометрии щелевых каналов (пор) осуществляется при перемещении полого штока с микрометрической резьбой в герметичном сопряжении с нижней крышкой предфильтра. Это позволяет увеличить отделение воды, так как ее капли практически не проходят через отверстия, размер которых не превышает их 0,4 диаметра [4].

Тангенциальная подача продукта с закруткой потока с помощью угловых

насадок при регулировании гидравлического сопротивления ФЭ позволяет выбрать оптимальный режим очистки, обеспечивающий отделение основной части свободной воды.

Эффективность функционирования данного технического решения оценивалась путем сравнения с работой аналогичной установки СКТБ ВКТ МОСЭНЕРГО [16] при очистке трансмиссионного масла ТАп-15В (ГОСТ 23652) в объеме 50 л.

Трансформаторное масло из емкости для очищаемого продукта подавалось центробежным насосом, предварительно подогретое до 30º С проточным нагревателем на вход неполнопоточного гидродинамического предфильтра. Далее определялось содержание воды и механических примесей до и после предфильтра, а также на выходе из тангенциального разделителя. Результаты представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Результаты сравнительной оценки эффективности очистки трансмиссионного масла на разработанной установке и установке СКТБ ВТК

Место отбора проб	Установка СКТБ ВКТ		Разработанная установка	
	механические примеси, % масс	вода, % масс	механические примеси, % масс	вода, % масс
До предфильтра (исходн.)	2,37	1,32	2,37	1,32
После предфильтра	0,06	1,32	0,01	0,015
После разделителя	0,0056	0,001	0,0012	0,0008
После фильтра тонкой очистки (доочистка)	0,004	0,001	0,0006	0,0005

По аналогичной схеме очистке подвергалось веретенное масло АУ (ТУ 38.1011232) в объеме 50 л. Результаты представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Результаты сравнительной оценки эффективности очистки веретенного масла на разработанной установке и установке СКТБ ВТК

Место отбора проб	Установка СКТБ ВКТ		Разработанная установка	
	механические примеси, % масс	вода, % масс	механические примеси, % масс	вода, % масс
До предфильтра (исходн.)	1,58	1,85	1,58	1,85
После предфильтра	0,08	1,85	0,009	0,017
После разделителя	0,0073	0,001	0,0015	0,0009
После фильтра тонкой очистки (доочистка)	0,0062	0,001	0,001	0,0006

Из приведенных в Таблицах 1 и 2 результатов экспериментов следует, что при заданных условиях исследований содержание механических примесей и воды при очистке масел с помощью разработанной установки, в сравнении с устройством аналогичной конструкции, меньше на всех этапах очистки, что свидетельствует о высокой эффективности данной разработки.

Вместе с тем, регенерация фильтра тонкой очистки осуществлялась чередующимися импульсными продувками сухим инертным газом. При этом из

глобул ФЭ удалялась капельная сорбированная вода, а с его пористых поверхностей – накопившиеся механические примеси. Осушка фильтра тонкой очистки осуществлялась путем вакуумирования при помощи насоса.

Таким образом, использование в сельском хозяйстве установки по предложенной технологической схеме позволяет эффективно решить проблему очистки жидких углеводородов от механических примесей и свободной воды при существенном увеличении межрегенерационного периода используемых средств очистки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галко, С. А. Обеспечение чистоты горюче-смазочных материалов, применяемых при эксплуатации вооружения, военной и специальной техники / С. А. Галко, Ф. Е. Шарыкин // Труды 25 ГосНИИ МО РФ. – 2018. – Выпуск № 58. – С. 476-485.

2. Улюкина, Е. А. Улучшение эксплуатационных свойств нефтяных и смесевых моторных топлив / Е. А. Улюкина. – М. : МЭСХ, 2025. – 228 с.

3. Улюкина, Е. А. Экспериментальное исследование эффективности гидродинамического фильтрования дизельного топлива / Е. А. Улюкина, А. В. Орешенков, Ф. Е. Шарыкин // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25. – № 2. – С. 34-40.

4. Влагометрия жидких углеводородов / В. Е. Константинов, Ф. Е. Шарыкин, В. Г. Калашников, М. Г. Гапочка // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2016. – № 1. – С. 141-148.

5. Коваленко, В. Г. Очистка нефтепродуктов от загрязнений в системе нефтепродуктообеспечения / В. Г. Коваленко, Е. И. Зоря, В. Е. Турчанинов. – М. : Издательство «Нефть и газ», 2002. – 136 с.

6. Ландау, Л. Д. Физическая кинетика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 536 с.

7. Коваленко, В. П. Очистка нефтепродуктов от загрязнений / В. П. Коваленко, В. Е. Турчанинов. – М. : Недра, 1990. – 190 с.

8. Сыроедов, Н. Е. Перспективное оборудование очистки жидких нефтепродуктов / Н. Е. Сыроедов, Ф. Е. Шарыкин, В. Е. Константинов, В. Г. Калашников // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2014. – № 10. – С. 44-46.

9. Патент № 2135256 C1 Российская Федерация, МПК B01D 19/00. Способ осушки и дегазации масла : № 97115615/25 : заявл. 27.08.1997 : опубл. 27.08.1999 / В. И. Блохин, В. Е. Константинов, А. Н. Курочкин [и др.] ; заявитель Специальное конструкторско-технологическое бюро высоковольтной и криогенной техники – Филиал Открытого акционерного общества энергетики и электрификации «МОСЭНЕРГО».

10. Патент № 2547750 C1 Российская Федерация, МПК B01D 36/00. способ очистки технических масел : № 2014103171/05 : заявл. 31.01.2014 : опубл. 10.04.2015 / В. Е. Константинов, В. Г. Калашников, С. А. Галко, Ф. Е. Шарыкин ; заявитель ФАУ «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации».

11. Инновации в системе очистки сточных вод от нефтепродуктов / С. А. Галко, В. Е. Константинов, Ф. Е. Шарыкин, В. Г. Калашников // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. –№ 7-2 – С. 64-72.

12. Технический сервис дизельной топливной аппаратуры / Е. А. Пучин, О. Н. Дидманидзе, В. М. Корнеев, Д. И. Петровский. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2003. – 108 с.

13. Коваленко, В. П. Технические решения для очистки топлив и масел на этапах их жизненного цикла / В. П. Коваленко, С. А. Галко, Ф. Е. Шарыкин // Химия и технология топлив и масел. – 2015. – № 6. – С. 47-49.

14. Бревнов, А. А. Совершенствование гидродинамических фильтров за счет закрутки потока в кольцевой области снаружи фильтроэлемента : дис. … канд. техн. наук : 05.05.17 / А.А. Бревнов. – Алчевск, 2009. – 165 с.

15. Патент № 2815781 C1 Российская Федерация, МПК C10G 31/09, B01D 36/00. способ очистки технических масел : № 2023113471 : заявл. 24.05.2023 : опубл. 21.03.2024 / Е. Н. Пирогов, Н. Н. Зубков, С. А. Галко [и др.] ; заявитель ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта».

16. Передвижная установка очистки трансформаторного масла (ПУОМ). Масло и маслохозяйство на энергетических объектах. Каталог тематической выставки. Москва. ВВЦ, павильон «Электрификация», 1999. – М. : МЭИ. – 2 с.

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, engchem@rgau-msha.ru.

Константинов Виталий Евгеньевич, старший научный сотрудник, ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России» (121467, Российская Федерация, Москва, ул. Молодогвардейская, д. 10), кандидат технических наук, vitacon194@mail.ru.

Шарыкин Федор Евгеньевич, старший научный сотрудник, ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России» (121467, Российская Федерация, Москва, ул. Молодогвардейская, д. 10).

About the authors:

Elena A. Ulyukina, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Doctor of Technical Sciences, engchem@rgau-msha.ru.

Vitaly E. Konstantinov, Senior Researcher, FAU «25 State Research Institute of Chemical Pathology of the Ministry of Defense of the Russian Federation» (121467, Russian Federation, Moscow, Molodogvardeyskaya str., 10), Candidate of Technical Sciences, vitacon194@mail.ru.

Fyodor E. Sharykin, Senior Researcher, FAU «25 State Research Institute of Chemical Pathology of the Ministry of Defense of the Russian Federation» (121467, Russian Federation, Moscow, Molodogvardeyskaya str., 10).

УДК 339.1

ОРГАНИЗАЦИЯ ДИЛЕРСКОГО ЦЕНТРА ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В СИРИИ

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

Аннотация. *Данная статья посвящена исследованию технического состояния грузовых транспортных средств и транспортной инфраструктуры Сирийской Арабской Республики. Рассматриваются факторы, влияющие на организацию дилерского центра грузовых автомобилей в Сирии, а также вопросы технического обслуживания и доступности запасных частей. Исследование направлено на выявление проблем и разработку рекомендаций по улучшению технической готовности грузовых автомобилей для обеспечения устойчивого развития экономики страны.*
Ключевые слова: *грузовые автомобили, обслуживание грузовиков, Сирия, грузоперевозки, техническое состояние, дилерский центр, логистика.*

ORGANIZATION OF A TRUCK DEALER CENTER IN SYRIA

E. L. Chepurina, A. V. Chepurin
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *This article is devoted to the study of the technical condition of freight vehicles and the transport infrastructure of the Syrian Arab Republic. The factors affecting the organization of a truck dealer center in Syria are considered, as well as the issues of maintenance and availability of spare parts. The study aims to identify problems and develop recommendations for improving the technical readiness of trucks in order to ensure sustainable economic development in the country.*
Keywords: *trucks, truck maintenance, Syria, cargo transportation, technical condition, dealership, logistics.*

Реалии современного мира, а именно Сирийской Арабской Республики в виду своих политических потрясений требует незамедлительного восстановления разрушенной инфраструктуры и экономики. Основную роль в этом процессе отдается грузовым транспортным средствам, что ведет за собой организацию и открытие дилерских центров в стране. В работе рассматриваются специфика рынка, проблемы и поэтапная стратегия запуска дилерского бизнеса в сложившихся условиях.

Анализ Сирийского рынка грузового транспорта в данным момент времени характеризуется основными определяющими факторами:

1. Острая потребность в обновлении парка. Большая часть грузовых автомобилей как отечественных, так и импортных физически сильно изношена или уничтожена. Следовательно, существует повышенный строя на новые и поддержанные автомобили.

2. Восстановление экономики. Ввод в эксплуатацию промышленных предприятий, реорганизация логистики, активизация строительного сектора и возобновление сельского хозяйства.

В качестве целевой аудитории можно выделить следующие секторы промышленности страны: строительные компании, логистические операторы, агробизнес, крупные торговые сети, индивидуальные предприниматели. Стоит отметить, что в качестве конечных потребителей грузового автотранспорта является не только частный бизнес, но и государство.

Однако, организация различного рода бизнеса, в том числе и дилерского центра грузовых автомобилей в Сирии сопряжена с рядом серьезных сложностей, которые необходимо учитывать на этапе планирования [1]. К основным проблемам можно отнести следующее:

1. Санкционный режим. Международные санкции являются главным препятствием, они осложняют финансовые расчеты, прямые поставки техники и запчастей от большинства мировых производителей.

2. Нестабильная экономика. Высокая инфляция, колебания курса валют, ограниченность банковских услуг и наиболее значимое – нехватка капитала у потенциальных покупателей.

3. Логистическая сложность. Разрушенная инфраструктура дорог, портов и железнодорожных путей, что увеличивает издержки на перемещения различных грузов в стране.

4. Кадровый вопрос. Нехватка квалифицированных инженеров, автомехаников, а также немаловажно менеджеров, знакомых с современной автотранспортной грузовой техникой.

Несмотря на все сложности, организация дилерского центра грузовых автомобилей в Сирии является актуальным и востребованным вопросом [2]. Первоочередным этапом такой стратегии можно выделить выбор бренда-партнера. Необходимо ориентироваться на производителей, которые не попали под прямые санкции или на тех, кто имеет опыт работы в схожих ситуациях. Например, приоритет можно отдать брендам из России (КАМАЗ, ГАЗ), Беларуси (МАЗ), Китая (FAW, Shacman, Dongfeng) или Ирана (Saipa Diesel). Зачастую их техника наилучшим образом адаптирована к сложным условиям эксплуатации и имеет конкурентную цену.

Далее следует произвести всестороннее маркетинговое исследование, в котором нужно проанализировать конкурентов, как официальных, так и неофициальных; изучить платёжеспособность клиентов по регионам; определить наиболее востребованный вид грузового автотранспорта (самосвалы, тягачи, фургоны, контейнеровозы и др.) [3].

Стоит также уделить внимание разработке детального бизнес-плана, который будет включать в себя прогнозирование сроков окупаемости, планирование источников финансирования, решение юридических и

логистических вопросов, на которые необходимо уделить особое внимание. Изначально официально зарегистрировать компанию, получить все необходимые лицензии на импорт и продажу грузовой автомобильной техники [4]. Организовать цепочку поставок через надежных логических партнеров, экономически выгодно это делать морским путем. Проработать схему таможенного оформления, где уделить внимание на расчет с международными партнерами. Разработать гибкую систему оплаты для клиентов (авансовые платежи, рассрочка, бартерные схемы и др.)

Параллельно необходимо заняться вопросом выбора локации. Рассмотреть вопрос, связанный с арендой или приобретением земельного участка в стратегически важном месте с проработанной транспортной доступностью – наибольшее предпочтение отдается на выезде из крупного города или в промзоне. Следующим этапом является строительство и оснащение шоу-рума для демонстрации моделей; сервисной зоны, оснащенной современным оборудованием для ТО и ремонта с постами под тяжелую технику, шиномонтаж и мойку; склада запчастей с формированием достаточного страхового запаса наиболее востребованных деталей, для минимизации простоя техники; офисных помещений.

Заключающим этапом формирования дилерского центра является формирование команды и запуск продаж. Найм персонала сложный и кропотливый вопрос, требующий деликатного подбора менеджеров по продажам, знающих местный рынок, и, что важно, квалифицированных сервисных инженеров и механиков [5]. В зависимости от выбранного бренда-партнера необходимо будет организовать их обучение у производителя. Также нужно разработать маркетинговую стратегию, которая обязана включать в себя участие в профильных выставках, активная работа в B2B-сегменте, ведение социальных сетей, общение со СМИ, создание программы лояльности для первых клиентов.

Заключение

Вопреки беспроцентным сложностям, организация дилерского центра грузового автотранспорта в Сирийской Арабской Республики является стратегической инвестицией в восстановление страны. Успех предприятия будет зависеть от трех ключевых факторов: тщательного выбора иностранного бренд-партнера, глубокого понимания местной специфики и способности создавать надежную сервисную экосистему вокруг покупателей техники. Компания, которая сможет предложить не просто грузовой автомобиль, а комплексное решение для бизнеса – включая гарантию, сервис и финансовые условия имеет наибольшие шансы занять лидирующие позиции на формирующемся рынке и внести существенный вклад в возрождение сирийской экономики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Близниченко, С. С. Дорожные условия и безопасность движения в Сирии / С. С. Близниченко, С. Отман // В сборнике : Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса. – Волгоград, 2022. – С. 333-341.

2. Близниченко, С. С. Аварийность движения автомобилей в эталонных дорожных условиях Сирии / С. С. Близниченко, О. Судки // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса : сборник трудов Международной научно-практической конференции, Волгоград, 13-14 декабря 2023 года. – Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2023. – С. 443-450.

3. Методика определения сроков и стоимости реализации инновационного проекта / В. И. Нечаев, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, А. Л. Эйдис. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2012. – 20 с.

4. Чепурина, Е. Л. Особенности организации технического сервиса автомобилей DAF / Е. Л. Чепурина // Международный технико-экономический журнал. – 2009. – № 1. – С. 84-88.

5. To the organization of branded technical service of agricultural equipment / A. Chepurin, E. Chepurina, D. Kushnareva [et al.] // E3s web of conferences : IX International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development, Namangan, Uzbekistan, 26 октября – 03 ноября 2023 года. Vol. 486. – Web of Conferences: EDP Sciences, 2024. – P. 03009. – DOI 10.1051/e3sconf/202448603009.

Об авторах:

Чепурина Екатерина Леонидовна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, chepurina@rgau-msha.ru.

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, av.tchepurin@rgau-msha.ru.

About the authors:

Ekaterina L. Chepurina, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Technical Sciences, chepurina@rgau-msha.ru.

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

УДК 332.1

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В КОНТЕКСТЕ ESG-ТРАНСФОРМАЦИИ БИЗНЕСА

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

Аннотация. *В статье рассматривается разработка научно обоснованной системы показателей для комплексной оценки устойчивого развития сельского хозяйства России с учётом ESG-стандартов. Анализируются экономические, социальные, экологические и управленческие аспекты отрасли. Предложена методика, интегрирующая российский и зарубежный опыт, обоснованы индикаторы для мониторинга и прогнозирования устойчивости АПК. Практическая значимость заключается в формировании рекомендаций для государственной политики и повышения инвестиционной привлекательности сельского хозяйства.*
Ключевые слова: *устойчивое развитие, сельское хозяйство, ESG-стандарты, система показателей, агропромышленный комплекс.*

A COMPREHENSIVE APPROACH TO ASSESSING SUSTAINABLE AGRICULTURE IN THE CONTEXT OF ESG BUSINESS TRANSFORMATION

Yu. V. Chutcheva
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article discusses the development of a scientifically grounded system of indicators for a comprehensive assessment of sustainable development in Russian agriculture, taking into account ESG standards. The economic, social, environmental, and managerial aspects of the industry are analyzed. A methodology integrating Russian and international experience is proposed, and indicators for monitoring and forecasting the sustainability of the agro-industrial complex are substantiated. The practical significance lies in formulating recommendations for state policy and enhancing the investment attractiveness of agriculture.*
Keywords: *sustainable development, agriculture, ESG standards, system of indicators, agro-industrial complex.*

Современное сельское хозяйство России функционирует в условиях трансформации к устойчивому развитию, что требует научно-обоснованной

системы оценки эффективности отрасли. Согласно исследованиям, устойчивое развитие агропромышленного комплекса предполагает баланс экономических, социальных и экологических аспектов при обеспечении продовольственной безопасности страны [4]. В условиях геополитических вызовов особую актуальность приобретает разработка комплексной методологии оценки устойчивости сельского хозяйства, интегрированной с международными ESG-стандартами.

Целью настоящего исследования является разработка научно обоснованной системы показателей для комплексной оценки устойчивого развития сельского хозяйства с учетом российского и зарубежного опыта. В работе решаются следующие задачи: анализ теоретических основ устойчивого развития АПК; разработка системы показателей; обоснование методики оценки; формирование рекомендаций по интеграции с ESG-стандартами.

Устойчивое развитие сельского хозяйства представляет собой сложную многогранную концепцию, объединяющую экономические, социальные и экологические аспекты. В условиях цифровой трансформации сельского хозяйства оценка устойчивости должна включать не только традиционные показатели эффективности, но и индикаторы инновационного развития, экологической ответственности и социальной устойчивости сельских территорий [7, 9].

Косов П. Н. и Чутчева Ю. В. в своих исследованиях доказывают необходимость формирования интегральной системы показателей устойчивого развития, которая бы отражала состояние и динамику развития агропромышленного комплекса в контексте ESG-трансформаций. Авторы подчеркивают, что современный этап развития сельского хозяйства характеризуется повышенными требованиями к экологической безопасности, социальной ответственности бизнеса и эффективному корпоративному управлению [2].

Оценка устойчивого развития должна учитывать не только текущие результаты деятельности, но и потенциал роста, ресурсную эффективность и адаптационную способность предприятий к изменяющимся условиям внешней среды [3]. Данная позиция подтверждается исследованиями Александровой Н. Р., Субаевой А. К. и Чутчевой Ю. В., которые анализируют тенденции и перспективы цифровизации сельского хозяйства как фактора устойчивого развития [1].

Для комплексной оценки устойчивого развития сельского хозяйства в условиях ESG-трансформации аграрного бизнеса необходимо опираться на достоверные статистические данные, отражающие динамику ключевых показателей в разрезе экономического, социального и экологического измерений. Переход к устойчивой модели развития требует научно обоснованной системы индикаторов, позволяющей не только констатировать текущее состояние отрасли, но и прогнозировать ее развитие [7].

Таблица 1 – Динамика ключевых показателей устойчивого развития сельского хозяйства России в 2020-2024 гг.

Показатель	2020	2021	2022	2023	2024	Темп роста 2024 к 2020, %
Экономические						
Объем производства сельхозпродукции, млрд руб.	6468,8	7672,9	8559,3	8493,6	9361,1	+44,7
Уровень самообеспеченности зерном, %	165,2	169,8	171,3	172,8	173,5	+5,0
Рентабельность производства, %	8,8	11,1	13,2	11,4	16,8	+90,9
Энерговооруженность труда, л.с.	26,8	28,3	29,7	30,6	31,5	+17,5
Социальные						
Численность занятых в сельском хозяйстве, тыс. чел.	4178	4058	3945	3889	3765	-9,9
Среднемесячная заработная плата, руб.	38450	43780	48920	54160	63090	+64,1
Обеспеченность жильем сельского населения, м²/чел.	25,4	26,1	26,8	27,5	28,8	+13,4
Потребление мяса и мясопродуктов на душу населения, кг/год	76	77	78	79	80	+5,3
Экологические						
Доля земель по технологиям сохранения плодородия, %	15,3	17,2	19,4	21,8	23,6	+54,2
Внесение минеральных удобрений на 1 га, кг д.в.	76,4	84,7	92,3	105,8	115,2	+50,8
Площадь органических земель, тыс. га	590	820	1130	1450	1890	+220,3
Инвестиции в экологические мероприятия, млн руб.	12450	15780	19340	24670	31580	+153,7
Управленческие						
Доля сельхозорганизаций с цифровыми технологиями для мониторинга полей, %	14,8	18,2	21,5	24,7	27,3	+84,5
Доля предприятий с отчетами об устойчивом развитии, %	2,3	3,5	5,2	7,8	12,4	+439,1
Эффективность использования бюджетных средств (руб. прироста на 1 руб. субсидий)	2,1	2,4	2,6	2,8	3,2	+52,4

Источники: составлено автором по данным Федеральной службы государственной статистики РФ

Представленные данные свидетельствуют о неоднозначной динамике показателей устойчивого развития сельского хозяйства России за 2020-2024 гг. Экономический блок демонстрирует устойчивый рост производства (+44,7 %) при одновременном повышении рентабельности (+90,9 %), что указывает на усиление экономической устойчивости отрасли. Россия полностью обеспечивает себя основными продуктами питания с существенным превышением нормативов продовольственной безопасности.

Однако социальное измерение устойчивости вызывает серьезные

опасения. Сокращение численности занятых в сельском хозяйстве на 9,9 % на фоне общего сокращения сельского населения свидетельствует о продолжающейся депопуляции сельских территорий. Хотя заработная плата растет опережающими темпами (+64,1 %), это не компенсирует отток трудовых ресурсов из сельской местности.

Экологическое измерение показывает наиболее позитивные тенденции. Резкий рост площади органических земель (+220,3 %) и земель, обрабатываемых по технологиям сохранения плодородия (+54,2 %), при увеличении инвестиций в экологические мероприятия (+153,7 %) указывает на формирование экологически ориентированной модели развития сельского хозяйства. Однако рост внесения минеральных удобрений (+50,8 %) требует внимательного контроля во избежание негативного воздействия на почвы и водные ресурсы.

Управленческие показатели демонстрируют ускоренное развитие цифровизации отрасли (+84,5 % по внедрению технологий мониторинга полей), однако низкая доля предприятий, публикующих отчеты об устойчивом развитии (всего 12,4 % в 2024 году), свидетельствует о недостаточной вовлеченности бизнеса в процессы ESG-трансформации.

Таким образом, анализ показателей устойчивого развития сельского хозяйства России выявляет сбалансированность по экономическим и экологическим аспектам при выраженных дисбалансах в социальной сфере и недостаточном развитии корпоративного управления. Это подтверждает необходимость разработки дифференцированных мер государственной поддержки с акцентом на стимулирование социального развития сельских территорий и усиление ESG-требований к сельскохозяйственным предприятиям.

Комплексная система показателей устойчивого развития сельского хозяйства должна включать четыре взаимосвязанных блока: экономические, экологические, социальные и управленческие индикаторы. Экономическая группа показателей характеризует эффективность производства, финансовую устойчивость и конкурентоспособность агропредприятий. Ключевыми индикаторами в этой группе являются: объем производства сельхозпродукции в сопоставимых ценах, рентабельность основных видов деятельности, уровень самообеспеченности основными продуктами питания, энерго- и ресурсоэффективность производства.

Экологическая группа показателей отражает состояние окружающей среды и эффективность природопользования. Как показывают исследования, особое значение имеют индикаторы состояния земельных ресурсов (доля деградированных земель, баланс гумуса в почвах), эффективности водопользования, уровня химической нагрузки на почвы и водоемы, а также показатели внедрения экологически безопасных технологий [2]. Экологические показатели должны стать приоритетными в системе оценки устойчивого развития АПК [5].

Социальная группа показателей оценивает качество жизни сельского населения, уровень занятости, доступность социальной инфраструктуры и кадровый потенциал отрасли. Эйдис А. Л. и Чутчева Ю. В. в исследованиях по реформированию системы производства и переработки молока подчеркивают

важность социальных индикаторов для обеспечения устойчивого развития сельских территорий [8]. Особое внимание следует уделить демографической ситуации в сельской местности, уровню доходов населения и условиям труда сельскохозяйственных работников.

Управленческая группа показателей отражает качество корпоративного управления, уровень цифровизации и инновационной активности предприятий. Коротких Ю. С., Чутчева Ю. В. и Пуляев Н. Н. в своих исследованиях выделяют цифровизацию сельского хозяйства как ключевой фактор повышения конкурентоспособности и устойчивости аграрного сектора. Авторы обосновывают необходимость включения в систему показателей индикаторов внедрения цифровых технологий, уровня автоматизации производственных процессов и использования данных для принятия управленческих решений [10].

Международный опыт оценки устойчивого развития сельского хозяйства представлен рядом интегральных индексов и рейтинговых систем. Наиболее известными из них являются Agri Sustainability Compass (EC), FAO SAFA Guidelines и Global Reporting Initiative (GRI). Данные системы объединяют десятки показателей по трем-четырем измерениям устойчивости и широко используются для оценки эффективности агропредприятий и формирования государственной политики.

Отечественный опыт оценки устойчивого развития сельского хозяйства представлен работами российских ученых и практическими разработками Министерства сельского хозяйства РФ. В ранних исследованиях по проблемам восполнения техники в АПК была обоснована необходимость комплексного подхода к оценке устойчивости аграрного сектора [6]. Позднее, в трудах Косова П. Н. и Чутчевой Ю. В., был разработан подход к оценке воспроизводства машинно-тракторного парка в условиях ESG-трансформаций, который лег в основу современных методик оценки технической оснащенности сельского хозяйства [2].

Александрова Н. Р., Субаева А. К. и Чутчева Ю. В. проанализировали тенденции цифровизации сельского хозяйства и разработали методику оценки цифровой зрелости агропредприятий. Авторы предложили интегральный индекс цифровой трансформации, включающий показатели по уровню внедрения IoT-технологий, использованию big data и искусственного интеллекта в управлении производством. Данный подход дополняет существующие системы оценки устойчивого развития и делает их более релевантными современным вызовам [1].

Внедрение комплексной системы показателей устойчивого развития сельского хозяйства должно осуществляться поэтапно с учетом специфики различных субъектов АПК. Маслова В. В. с соавторами предлагают дифференцированный подход к оценке устойчивости для сельскохозяйственных организаций, фермерских хозяйств и личных подсобных хозяйств с установлением индивидуальных целевых значений показателей [3].

Косов П. Н. и Чутчева Ю. В. в своих исследованиях обосновывают необходимость создания цифровой платформы для сбора, хранения и анализа

данных по показателям устойчивого развития. Авторы предлагают архитектуру платформы, включающую модули интеграции данных из различных источников, анализа и прогнозирования, а также визуализации результатов [2]. Такая платформа позволит автоматизировать процесс оценки, повысить прозрачность и обеспечить сопоставимость результатов.

Интеграция с международными ESG-стандартами требует адаптации отечественных методик оценки к требованиям глобальных рейтинговых агентств. Синхронизация национальных и международных систем оценки создаст условия для привлечения инвестиций в аграрный сектор и повышения конкурентоспособности российской сельхозпродукции на мировых рынках [7].

Региональная адаптация системы показателей должна учитывать климатические, экономические и социальные особенности различных территорий. Папцов А. Г., Ушачев И. Г. и Маслова В. В. в своих исследованиях по формированию современной модели организационно-экономического механизма в АПК России предлагают использовать кластерный подход к группировке регионов по степени их развития и специализации сельского хозяйства [4]. Данная методика позволит разработать региональные стандарты и нормативы, учитывающие потенциал и ограничения конкретных территорий.

Комплексный подход к оценке устойчивого развития сельского хозяйства представляет собой научно обоснованную систему, объединяющую экономические, экологические, социальные и управленческие аспекты деятельности агропромышленного комплекса. Разработанная методология оценки учитывает как лучшие мировые практики, так и специфику российского сельского хозяйства.

Научная новизна исследования заключается в интеграции отечественного и зарубежного опыта оценки устойчивого развития в единую систему, адаптированную к современным вызовам и ESG-требованиям. Практическая значимость результатов исследования определяется возможностью использования разработанной методики для формирования государственной политики в области сельского хозяйства, совершенствования системы государственной поддержки АПК и повышения инвестиционной привлекательности аграрного сектора.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой методики расчета интегрального индекса устойчивого развития сельского хозяйства с использованием весовых коэффициентов для отдельных показателей, а также с созданием системы прогнозирования устойчивости на основе экономико-математических моделей. Реализация предлагаемого подхода будет способствовать переходу российского сельского хозяйства к устойчивой модели развития, обеспечивающей продовольственную безопасность страны и повышение качества жизни сельского населения.

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. Совершенствование бюджетно-налоговых и кредитных инструментов формирования инвестиционного капитала в АПК / В. В. Маслова, Н. Ф. Зарук, Н. М. Светлов, Ю. В. Чутчева // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2021. – Т. 1, № 12(81). – С. 3-12.

4. Формирование современной модели организационно-экономического механизма в АПК России / А. Г. Папцов, И. Г. Ушачев, В. В. Маслова [и др.]. – М. : ООО «Сам полиграфист», 2025. – 308 с.

5. Чутчева, Ю. В. Органическое сельское хозяйство – новый взгляд на развитие аграрной экономики России / Ю. В. Чутчева, О. С. Нефедова // Наука без границ. – 2016. – № 4(4). – С. 5-9.

6. Чутчева, Ю. В. Проблемы восполнения техники в АПК / Ю. В. Чутчева // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2001. – № 3. – С. 4-7.

7. 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.

8. Эйдис, А. Л. Концепция реформирования системы производства и переработки молока / А. Л. Эйдис, Ю. В. Чутчева // Международный научный журнал. – 2014. – № 4. – С. 50-54.

9. Методика определения сроков и стоимости реализации инновационного проекта / В. И. Нечаев, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, А. Л. Эйдис. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2012. – 20 с.

10. Korotkikh, Yu. S. Farm Machinery Depots in Technical and Digital Support of Agriculture / Yu. S. Korotkikh, Yu. V. Chutcheva, N. N. Pulyaev // AgroTech. AI, Big Data, IoT. – Singapore : Springer Singapore, 2022. – P. 3-9.

Об авторе:

Чутчева Юлия Васильевна, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор экономических наук, yuv.chutcheva@rgau-msha.ru.

About the author:

Yulia V. Chutcheva, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Doctor of Economics Sciences of, yuv.chutcheva@rgau-msha.ru.

УДК 338.43:631.145

РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА АГРАРНОГО СЕКТОРА В ФОРМИРОВАНИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ

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

Аннотация. *Рассмотрен ресурсный потенциал аграрного сектора, как ключевой фактор обеспечения продовольственной независимости Российской Федерации. Обоснована его комплексная структура, а также выявлены основные тенденции развития материально-технической и финансовой составляющих в современных условиях. Сделан вывод о необходимости целенаправленного развития внутренней ресурсной базы АПК на основе государственной поддержки и инвестиционного стимулирования.*
Ключевые слова: *аграрный сектор, ресурсный потенциал, продовольственная независимость, агропромышленный комплекс, материально-техническое обеспечение, финансовые ресурсы, импортозамещение.*

THE ROLE AND SIGNIFICANCE OF THE AGRICULTURAL SECTOR'S RESOURCE POTENTIAL IN THE FORMATION OF FOOD INDEPENDENCE

N. A. Yagudaeva
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article examines the resource potential of the agrarian sector as a key factor in ensuring the food independence of the Russian Federation. Its integrated structure is substantiated, and the main trends in the development of the material and technical as well as financial components under current conditions are identified. The conclusion is drawn that purposeful development of the internal resource base of the agro-industrial complex is necessary, based on state support and investment stimulation.*
Keywords: *agrarian sector, resource potential, food independence, agro-industrial complex, material and technical support, financial resources, import substitution.*

Обеспечение продовольственной независимости является стратегической задачей аграрной политики России. Достижение устойчивого самообеспечения страны продовольствием требует не только наращивания объемов сельхозпроизводства, но и наличия прочного ресурсного потенциала аграрного

сектора. Под ресурсным потенциалом понимается совокупность всех видов ресурсов (земельных, трудовых, материально-технических, финансовых и др.) необходимого количества и качества, которые в сбалансированном сочетании обеспечивают максимальный возможный выпуск сельскохозяйственной продукции [1]. Иными словами, ресурсный потенциал определяет возможности аграрного производства эффективно решать поставленные задачи. В современных условиях вопрос формирования и воспроизводства ресурсного потенциала приобретает особое значение в контексте импортозамещения и технологической устойчивости отрасли. В данной работе раскрываются сущность и структура ресурсного потенциала аграрного сектора, анализируются текущие тенденции в развитии его ключевых элементов – материально-технического и финансового – и оценивается их роль в обеспечении продовольственной независимости страны на основе последних данных (2020-2025 гг.).

Категория «ресурсный потенциал аграрного сектора» отражает совокупный экономический потенциал отрасли, основанный на доступных ресурсах. В экономической литературе подчеркивается многокомпонентный характер этой категории [2]. Ресурсный потенциал включает все виды ресурсов сельского хозяйства, находящиеся во взаимосвязи и взаимозависимости. Элементами ресурсного потенциала аграрного производства являются:

1. природно-ресурсный потенциал – земельные и климатические ресурсы, сельскохозяйственные угодья, водные и биологические ресурсы, качество почв и т.д., определяющие базовые условия ведения сельского хозяйства;
2. трудовой потенциал – человеческие ресурсы: численность и квалификация сельского населения, занятого в АПК, уровень его образования, состояние кадрового обеспечения отрасли;
3. материально-технический потенциал – совокупность основных производственных средств сельского хозяйства: сельскохозяйственная техника, оборудование, производственная инфраструктура, энергетические мощности, а также технологический уровень агропроизводства;
4. финансовый потенциал – финансовые ресурсы, доступные аграрному сектору, включая собственный капитал сельхозорганизаций, инвестиции в основной капитал, кредиты, государственную поддержку и субсидии, а также общий уровень обеспеченности отрасли финансовыми средствами;
5. информационный и инновационный потенциал – наличие современных знаний, научно-технических разработок, цифровых технологий и инноваций, которые могут быть внедрены в сельхозпроизводство; уровень информационного обеспечения и цифровой трансформации АПК;
6. предпринимательский и институциональный потенциал – организационно-управленческие ресурсы, наличие эффективных хозяйственных структур, институтов развития, благоприятной институциональной среды, способствующей реализации остальных ресурсов.

Все перечисленные компоненты образуют сложную систему, от слаженного функционирования которой зависит результативность аграрного производства. Взаимосвязи между ресурсными элементами опосредуются

внешними факторами – экономическими, социальными, политическими, инфраструктурными и др. – которые могут как способствовать, так и препятствовать раскрытию потенциала отрасли. На Рисунке 1 представлена схема основных структурных элементов ресурсного потенциала и их взаимосвязь.

Рисунок 1 – Структурные элементы ресурсного потенциала аграрного сектора экономики

В приведенной структуре классический набор факторов производства (земля, труд и капитал) расширен с учетом современного этапа развития АПК за счет включения информационно-технологических и институциональных составляющих. Такой системный подход соответствует представлению о ресурсном потенциале как о непрерывно воспроизводящейся системе, где «ресурсы как отдельные элементы воплощаются в самостоятельные потенциалы по каждому виду, а сумма потенциалов образует единый ресурсный потенциал» сельского хозяйства [4]. В результате ресурсный потенциал аграрного сектора выступает интегральным индикатором, характеризующим способность сельского хозяйства производить необходимый объем продукции и развиваться устойчиво на основе имеющихся ресурсов.

Материально-технический потенциал сельского хозяйства России в последние годы претерпевает противоречивые изменения. С одной стороны, наблюдается обновление машинно-тракторного парка и рост доли отечественной сельхозтехники на рынке, с другой – сохраняются проблемы износа техники и нехватки мощностей. По данным исследований, за последние два десятилетия численность сельскохозяйственной техники в хозяйствах сокращалась, особенно быстрыми темпами до 2010 г., после чего спад замедлился. Это связано не только с недостаточным обновлением, но и с объективными причинами – сокращением

площадей обрабатываемых земель и поголовья, а также ростом энерговооруженности техники. Так, хотя количество тракторов и комбайнов снизилось, их средняя мощность и производительность выросли, отчасти компенсируя уменьшение парка [5].

Тем не менее, энергетические мощности отрасли продолжают снижаться. Уровень энергообеспеченности в сельхозорганизациях РФ сократился со 304 л.с. на 100 га посевов в 2012 г. до 211 л.с. в 2022 г., то есть на 30 % за десять лет. Значительная часть техники устарела морально и физически: износ по ряду видов превышает 60 %, многие машины эксплуатируются за пределами нормативного срока службы [7]. Износ и нехватка технических средств отрицательно сказываются на своевременности и качестве агротехнологических работ. Сокращение материально-технической обеспеченности в последние годы во многом объясняется финансовыми причинами – недостатком средств у хозяйств, ценовым дисбалансом (диспаритетом цен на сельхозпродукцию и технику), монополизацией рынка сельхозмашин, снижением объемов их отечественного производства, а также неполной компенсацией этих факторов государственной поддержкой.

Для обновления техники аграрии все более активно привлекают заемные ресурсы, прежде всего с помощью льготного лизинга. Например, только в Республике Татарстан в 2022 г. по лизингу приобретено 600 единиц техники на 3 млрд руб., а в 2023 г. на техническое перевооружение направлено из бюджета республики 10 млрд руб., что позволило закупить 382 трактора, 132 зерноуборочных и 36 кормоуборочных комбайнов, около 2444 единиц прочей сельхозтехники [2]. Однако даже эти существенные меры пока не покрывают имеющийся дефицит технических средств. Ключевым фактором укрепления материально-технического потенциала выступает развитие отечественного сельскохозяйственного машиностроения. В настоящее время оно сочетает отдельные высокотехнологичные производства с сохранившимися еще с советских времен низкоконкурентными сегментами. Отрасль машиностроения все еще заметно зависит от импорта комплектующих, запчастей, программного обеспечения [3].

В то же время санкционные ограничения последних лет стимулировали определенные сдвиги. Производство российской сельхозтехники в стоимостном выражении значительно выросло: с 108,2 млрд руб. в 2018 г. до 250,6 млрд руб. в 2022 г. с учетом НДС [5]. Это более чем в 2,3 раза превышает уровень пятилетней давности. Доля отечественной техники на внутреннем рынке также возросла – с 49 % в 2018 г. до 61 % в 2022 г., тогда как еще до 2014 г. она не достигала и 25 %. Такой прогресс отчасти связан с реализацией программ импортозамещения и поддержки машиностроителей. Однако важно отметить, что рост валового выпуска техники обусловлен в основном удорожанием продукции: физический выпуск машин увеличивается гораздо меньшими темпами, а по некоторым позициям даже сокращается. Так, в 2018-2022 гг. заметно выросло производство почвообрабатывающих орудий (+30 %), сеялок (+52,8 %), тракторов (+49,3 %) [8]. В то же время выпуск зерноуборочных комбайнов практически стагнировал, а производство доильных установок

сократилось на 15 %. Диспропорции связаны, в частности, с тем, что отечественный заводской сектор до сих пор почти не выпускает определенные виды техники (для свиноводства, птицеводства, садоводства, овощеводства, картофелеуборочные и свеклоуборочные машины и др.) – эти ниши покрываются импортом. В результате сохраняется высокая импортозависимость по ряду ключевых элементов материально-технического потенциала. Так, по состоянию на конец 2010-х годов импорт составлял около 85 % племенного материала в птицеводстве, 80 % семян кукурузы, до 97 % семян сахарной свёклы, порядка 70…80 % парка высокомощных тракторов и комбайнов. Хотя за 2020-2025 гг. зависимость по некоторым позициям могла снизиться за счёт развития отечественных аналогов, в целом техническая база агросектора все еще существенно опирается на внешние поставки.

Финансовый потенциал аграрного сектора в последние годы демонстрирует относительную стабильность и рост по ряду показателей, во многом благодаря государственной поддержке отрасли. Инвестиции в основной капитал сельского хозяйства сохраняют высокие темпы. Так, в 2023 году объем инвестиций превысил 1 трлн руб., что на 3 % больше уровня предыдущего года (индекс 103,3%). Эти средства направлялись прежде всего на техническое переоснащение (закупку техники и оборудования), приобретение племенного скота, мелиорацию и закладку многолетних насаждений [3]. Увеличение инвестиций свидетельствует об укреплении производственной базы и финансовой привлекательности аграрного бизнеса. Во многом это стало возможным благодаря росту доходности отрасли на фоне благоприятной ценовой конъюнктуры и реализации нацпроектов. По данным Росстата, валовая добавленная стоимость сельского хозяйства в 2023 г. (предварительно) достигла 5 трлн руб. [4], а индекс сельхозпроизводства превысил уровень 2020 г. на 10,2 %. Значительно выросла выручка в растениеводстве (+15 % к 2020 г. за счет рекордного урожая 2023 г.) и в переработке сельхозпродукции (+11,6 % к 2020 г.). Это привело к повышению финансовой устойчивости многих агропредприятий и увеличению заработной платы в сельском хозяйстве – в 2023 г. средняя зарплата в отрасли выросла на 16 %, до 54,6 тыс. руб. в месяц [6]. Таким образом, человеческий капитал в селе также начал получать бóльшее финансовое обеспечение, что позитивно сказывается на трудовом потенциале.

Решающую роль в наращивании финансового потенциала АПК играет государственная поддержка. Объем господдержки агропромышленного комплекса России в 2025 году достиг 665 млрд руб. в рамках четырех госпрограмм Минсельхоза, из которых на основную «Госпрограмму развития сельского хозяйства» пришлось 486,9 млрд, на программу эффективного использования земель – 40,5 млрд, на комплексное развитие сельских территорий – 116 млрд руб. и т.д. Наиболее востребованной мерой поддержки остается льготное кредитование: в 2025 г. аграриям выдано льготных краткосрочных кредитов на рекордную сумму 732 млрд руб., что на 15 % больше, чем годом ранее [3]. Существенная часть этих средств пошла на проведение сезонных полевых работ и пополнение оборотных средств. Сохраняются и меры прямого субсидирования технического перевооружения:

например, финансирование механизма льготного лизинга сельхозтехники в 2026 г. планируется увеличить до 13 млрд руб. В совокупности эти финансовые вливания позволяют аграрному сектору не только поддерживать текущую производственную деятельность, но и инвестировать в расширенное воспроизводство, тем самым увеличивая свой будущий потенциал.

Одним из индикаторов укрепления финансово-экономического положения отрасли является рост экспортных возможностей. В 2020-х годах российский аграрный экспорт заметно вырос, особенно по продукции переработки. Например, экспорт сахара в 2023 г. увеличился втрое, растительных масел – в 1,5 раза, экспорт муки впервые превысил 1 млн тонн (+25 % за год) [2]. Это свидетельствует о росте конкурентоспособности отечественного АПК на мировом рынке, что стало возможным при условии инвестиционной и технологической подпитки отрасли. Таким образом, финансовый потенциал (включая инвестиционный компонент) неразрывно связан с материально-техническим: вложения капитала трансформируются в новые технологии, технику, инфраструктуру, повышающие ресурсную обеспеченность аграрного производства.

Продовольственная независимость страны понимается как способность самостоятельно производить основные продукты питания в объемах, достаточных для внутреннего потребления, без критической зависимости от внешних поставок. В Доктрине продовольственной безопасности РФ (ред. 2020 г.) установлены пороговые значения самообеспеченности по ключевым видам продовольствия (зерно – 95 %, сахар – 90 %, растительное масло – 90 %, мясо – 85 % и т.д.), достижение которых рассматривается гарантией продбезопасности. В последние годы Россия в целом обеспечивает высокую независимость по большинству продуктов – по ряду позиций (зерно, сахар, картофель) уровень самообеспечения составляет 90…100 % или выше. Однако, как отмечают исследователи, продовольственная независимость не исчерпывается сферой конечной продукции. Крайне важно учитывать ресурсную основу производства продовольствия [4]. Если аграрное производство зависит от импорта ресурсов (семян, племенного материала, техники, агрохимикатов и пр.), то страна фактически продолжает испытывать внешние риски, просто на более глубинном уровне агропродовольственной системы.

Анализ показывает, что именно по ресурсному потенциалу аграрного сектора у России долгое время сохранялась существенная импортная зависимость. В 2000-2010-х годах рост собственного производства продуктов питания во многом опирался на закупку зарубежных средств производства – высокопродуктивных сортов и гибридов, эффективной техники, химических средств и т.п. Это позволило повысить урожайность и продуктивность, но одновременно сделало аграрную отрасль уязвимой к внешним факторам (колебаниям цен на импортные ресурсы, курсовым разницам, санкционным ограничениям и пр.) [7]. Например, высокая доля импортных семян и племенного скота означает зависимость от колебания мировых цен и курса валют, что может влиять на себестоимость и объемы отечественного производства.

Импортозависимость в технике означает риск перебоев в поставках, комплектующих и запчастей, как проявилось в 2022 году в условиях санкций. Таким образом, недостаточно достигнуть нормативов по производству продовольствия – необходимо еще обеспечить автономность базовых ресурсов этого производства.

Создание прочного внутреннего ресурсного потенциала – ключ к долгосрочной продовольственной безопасности. Исследования Института аграрных проблем РАН предлагают ввести понятие «ресурсная независимость аграрного производства», понимаемое как такое состояние ресурсного потенциала, при котором сельское хозяйство обеспечено отечественными ресурсами не ниже пороговых значений [3]. Эксперты полагают, что долю импорта ресурсов целесообразно ограничить уровнями порядка 20 % или менее. Достижение подобной ресурсной независимости минимизирует риски для агросектора и экономики в целом. Среди рисков ресурсной зависимости называют: влияние колебаний мировых рынков ресурсов на внутреннее производство; ценовую волатильность из-за валютных курсов; угрозу технологических разрывов при несовместимости импортной техники; биологические риски при использовании зарубежных генетических материалов в несоответствующих условиях и др. Все эти угрозы могут ослабить продовольственную независимость, даже если собственное производство продукции временно удовлетворяет спрос.

В последние годы государственная политика все более учитывает эту взаимосвязь. Происходит смещение приоритетов с узко понятой продовольственной самообеспеченности на более широкий контекст – развитие производственно-ресурсной базы АПК [2]. В Доктрине продбезопасности 2020 г. прямо зафиксировано, что важнейшим условием устойчивой продовольственной безопасности является независимость страны в ресурсной сфере аграрного производства. На практике это реализуется через стратегии импортозамещения: стимулируется локализация производства сельхозтехники, семян, агрохимикатов; инвестируются средства в селекционно-генетические центры, в развитие отечественного семеноводства; расширяются меры поддержки для производителей средств производства (льготы, субсидии, НИОКР) [6]. К 2025 году уже достигнуты обнадеживающие результаты. По данным Минсельхоза, индекс импортозамещения в АПК в 2023 году составил 117 %, что отражает рост уровня импортонезависимости по целому ряду позиций – молочной продукции, растительным маслам, овощам, зернопереработке, а также семенам. Например, отечественная селекция интенсивно развивается в сегменте пшеницы, сои, некоторых овощных культур; создаются отечественные гибриды подсолнечника и кукурузы взамен импортных. В технике – благодаря мерам поддержки – на рынке появились новые модели российских тракторов и комбайнов, локализовано производство иностранных брендов.

Однако проблемные зоны еще остаются. Для отдельных категорий ресурсов зависимость пока велика, и их импортное снабжение – «узкое место» продовольственной независимости. Так, как указывалось, критической остается ситуация с сахарной свеклой – несмотря на почти полное самообеспечение

сахаром, отечественное производство свекольного семенного материала лишь начало формироваться (до 2020 г. доля отечественных семян была менее 5 % [4]). Похожие вызовы существуют в племенном животноводстве (особенно в птицеводстве и молочном скотоводстве, где племенной материал долгое время импортировался) и в средствах защиты растений (значительная часть эффективных пестицидов – зарубежного происхождения). Решение этих задач требует времени и инвестиций, но уже обозначены приоритеты: в стране реализуются программы селекции и семеноводства, строятся племенные репродукторы, разворачивается производство собственных ветеринарных препаратов и витаминов для кормов [5]. Одновременно усилия направлены на модернизацию машиностроения – принят курс на выпуск высокопроизводительной техники, не уступающей импортным аналогам, о чем свидетельствует рост государственных закупок техники отечественных брендов и расширение льгот на ее приобретение.

Таким образом, ресурсный потенциал аграрного сектора прямо влияет на продовольственную независимость. Если продовольственная независимость в узком смысле – это доля отечественных продуктов на рынке, то ресурсная независимость – это способность производить эти продукты на основе своих ресурсов. Чем выше обеспеченность аграрного производства отечественными ресурсами, тем более устойчиво и независимо национальное продовольственное обеспечение. Напротив, импортозависимость на этапе ресурсов означает, что даже при формальном выполнении показателей по выпуску продовольствия сохраняется скрытая угроза срыва этого выпуска под влиянием внешних факторов. Следовательно, укрепление всех элементов ресурсного потенциала – от земли и технологий до финансов – служит фундаментом продовольственной безопасности страны. Современные реалии подтверждают: рост российского АПК в 2014-2023 гг. сопровождался повышением степени его автономности. Продвижение по пути импортозамещения ресурсов уже позволило минимизировать ряд рисков (например, за счет развития собственного производства зерновых комбайнов, отечественных селекционных центров, локализации производства средств защиты растений и т.д.). Для окончательного решения проблемы требуется довести начатое до конца – создать полноценную внутреннюю ресурсную базу аграрного сектора. В этом контексте ресурсообеспеченность выступает локомотивом устойчивого развития сельского хозяйства и гарантией того, что достижения в производстве продовольствия будут носить долгосрочный характер.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонова, Д. А. 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.

2. Дешевова, Н. В. Системные аспекты воспроизводства ресурсного потенциала аграрного производства региона / Н. В. Дешевова // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 77(03). – С. 1-9.

3. Захарова, Г. П. Материально-техническое обеспечение сельского хозяйства: состояние, проблемы, направления совершенствования / Г. П. Захарова, И. Н. Сафиуллин, Л. И. Рахматуллина, Е. П. Огородникова // Вестник Казанского ГАУ. – 2024. – Т. 19, № 3. – С. 105-111.

4. Национальный доклад о ходе и результатах реализации в 2023 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mcx.ru (дата обращения: 16.01.2026).

5. Потапов, А. П. Обеспечение ресурсной независимости аграрного производства в контексте продовольственной безопасности России / А. П. Потапов // Проблемы прогнозирования. – 2019. – № 5. – С. 120-130.

6. 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: сб. статей. – М. : Сам Полиграфист, 2022. – Ч. 1. – С. 10-18.

7. Методика определения сроков и стоимости реализации инновационного проекта / В. И. Нечаев, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, А. Л. Эйдис. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2012. – 20 с.

Об авторе:

Ягудаева Наталья Алексеевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат экономических наук, n.yagudaeva@rgau-msha.ru.

About the author:

Natalia A. Yagudaeva, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Candidate of Economic Sciences, n.yagudaeva@rgau-msha.ru.

Научное издание

ЧТЕНИЯ
АКАДЕМИКА
В. Н. БОЛТИНСКОГО

Сборник статей

Материалы издаются в авторской редакции

Подписано в печать 14.04.2026. Формат 60×90/16.
Усл.-печ. л. 30,31. Тираж 100 экз.

Заказ № 66849

Отпечатано в типографии «OneBook.ru»
ООО «Сам Полиграфист»
129090 г. Москва, Протопоповский пер., 6
www.onebook.ru