



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.А. КОСТЫЧЕВА»



*Национальная научно-практическая
конференция, посвященная памяти
доктора технических наук, профессора
Бычкова Валерия Васильевича
«Актуальные вопросы транспорта
и механизации в сельском хозяйстве»*

26 февраля 2026 года

УДК: 631.171:631.3(06)

ББК: 40.7

А – 43

Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве: Материалы Национальной научно-практической конференции, посвящённой памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, 26 февраля 2026 года. – Рязань: Издательство Рязанского государственного агротехнологического университета, 2026. – 180 с

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель:

Правдина Е.Н. – к.с.-х.н., доцент, врио ректора ФГБОУ ВО РГТУ, РФ

Сопредседатель:

Борьчев С.Н. – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой строительства инженерных сооружений и механики ФГБОУ ВО РГТУ, РФ

Члены оргкомитета:

Успенский И.А. – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технической эксплуатации транспорта ФГБОУ ВО РГТУ, РФ;

Рембалович Г.К. – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологии материалов и технических систем в АПК ФГБОУ ВО РГТУ, РФ;

Чаткин М.Н. – д.т.н., профессор, профессор кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин имени профессора А.И. Лещанкина ФГБОУ ВО «НИ МГУ им. Н.П. Огарева», РФ;

Пономарев А.Г. – к.т.н., ведущий научный сотрудник лаборатории «Машинные технологии возделывания и уборки картофеля и корнеплодов» ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», РФ;

Сибирёв А.В. – д.т.н., член-корреспондент РАН, заместитель директора по научно-организационной работе ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», РФ;

Аникин Н.В. – к.т.н., доцент, декан автодорожного факультета ФГБОУ ВО РГТУ, РФ;

Бачурин А.Н. – к.т.н., доцент, декан инженерного факультета ФГБОУ ВО РГТУ, РФ;

Гаджиев П.И. – д.т.н., профессор, декан факультета электроэнергетики и технического сервиса ФГБОУ ВО Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Российский государственный университет народного хозяйства имени В.И. Вернадского», РФ;

Юхин И.А. – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой автотракторной техники и теплоэнергетики ФГБОУ ВО РГТУ, РФ;

Терентьев В.В. – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО РГТУ, РФ;

Колотов А.С. – к.т.н., доцент кафедры технической эксплуатации транспорта ФГБОУ ВО РГТУ, РФ;

Ушанев А.И. – к.т.н., доцент кафедры технической эксплуатации транспорта ФГБОУ ВО РГТУ, РФ;

Колошеин Д.В. – к.т.н., ответственный за научно-исследовательскую работу студентов на автодорожном факультете, старший преподаватель кафедры строительства инженерных сооружений и механика ФГБОУ ВО РГТУ, РФ;

Князькова О.И. – начальник информационно-аналитического отдела ФГБОУ ВО РГТУ, РФ;

Кутыраев А.А. – аналитик информационно-аналитического отдела ФГБОУ ВО РГТУ, РФ.

В сборник вошли материалы докладов, представленных на Национальной научно-практической конференции, посвящённой памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича «Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве».

Рецензируемое научное издание.

© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Рязанский государственный
агротехнологический университет
имени П. А. Костычева»

Оглавление

Секция: Пути совершенствования конструкций сельскохозяйственной и транспортной техники	5
<i>Гладышев М.А., Соломатин Д.Е., Шамбазов Е.А. Увеличение плавности хода автомобиля путем внутреннего поддрессоривания колес</i>	<i>5</i>
<i>Кучин А.П. Разновидности посевных комплексов фирмы Pöttinger</i>	<i>11</i>
<i>Гаджиев П.И., Сивцов В.Н., Григорьев М.В. Анализ современных систем оповещения износа тормозных колодок</i>	<i>20</i>
<i>Князькова О.И., Тожибоев Ш.И., Кодиров А.Г., Рембалович Г.К. Актуальные тренды в сфере техники для картофелеводства</i>	<i>26</i>
<i>Корнилов И.А., Юмаев Д.М. Сравнительный анализ агротехнических и эксплуатационных показателей пневматических сеялок фирмы Pöttinger в условиях интенсивного земледелия</i>	<i>31</i>
Секция: Актуальные вопросы инженерно-технического обеспечения предприятий АПК	38
<i>Ершова В.А., Терентьев В.В. Организация безопасности труда в автомобильной промышленности</i>	<i>38</i>
<i>Маслова Л.А., Бoryчев В.С., Щур А.С., Белозеров А.И. Влияние фитопатогенов на картофель и методы защиты.....</i>	<i>42</i>
<i>Колошеин Д.В., Бoryчев В.С., Долгов И.О., Маркушов А.А. Обоснование необходимости исследования теплового и аэродинамического режимов при контейнерном хранении картофеля.....</i>	<i>48</i>
<i>Ершова В.А., Терентьев В.В., Тетерина О.А. Повышение безопасности труда в агропромышленном комплексе</i>	<i>55</i>
Секция: Техническая эксплуатация транспорта и сельскохозяйственной техники	61
<i>Филюшин О.В., Юмаев Д.М., Колотов А.С., Сидоров А.А. Особенности обслуживания ТНВД на примере Камаз 5320.....</i>	<i>61</i>
<i>Успенский И.А., Колотов А.С., Ушанев А.И. Анализ методов очистки системы Common Rail</i>	<i>67</i>
<i>Костенко М.Ю., Филюшин О.В., Юмаев Д.М. Анализ современных тормозных систем авто.....</i>	<i>72</i>
<i>Юмаев Д.М., Ушанев А.И., Филюшин О.В. Анализ способов антикоррозионной обработки автомобильной техники</i>	<i>79</i>
<i>Колотов А.С., Ушанев А.И., Филюшин О.В. Способы защиты оборудования от процессов коррозии.....</i>	<i>85</i>
<i>Юмаев Д.М., Ушанев А.И., Филюшин О.В. Анализ способов антикоррозионной обработки сельскохозяйственной техники</i>	<i>92</i>

<i>Шамбазов Е.А., Юмаев Д.М.</i> Обработка топлива ультразвуком.....	98
<i>Филюшин О.В., Юмаев Д.М., Колотов А.С.</i> Анализ современных присадок для топлива	103
<i>Гаврилин М.А., Сидоров А.А., Чурилов Д.Г., Полищук С.Д.</i> О видах изнашивания деталей аграрной техники и подходе к повышению эксплуатационных характеристик используемых материалов	107
<i>Ушанев А.И., Филюшин О.В., Шамбазов Е.А.</i> Технический осмотр тормозных систем автомобилей	115
<i>Юмаев Д.М., Ушанев А.И., Филюшин О.В.</i> Анализ современных методов фильтрации дизельного топлива	121
<i>Юмаев Д.М., Ушанев А.И., Филюшин О.В.</i> Анализ современных систем фильтрации топлива.....	126
<i>Безносюк Р.В., Лузгин Н.Е., Старунский А.В.</i> Хранение шин	132
<i>Старунская Н.Б., Старунский А.В., Рембалович Г.К.</i> Совершенствование методов оценки ресурса многократно восстановленных деталей транспортной и сельскохозяйственной техники	138
Секция: Современные направления развития транспорта и дорожной инфраструктуры.....	144
<i>Безносюк Р.В., Лузгин Н.Е., Старунский А.В.</i> Перевозка сельскохозяйственной продукции	144
<i>Колотов А.С., Сидоров А.А.</i> Подход к перевозке сельскохозяйственной продукции в контейнерах	150
<i>Терентьев В.В., Пашканг Н.Н., Горячкина И.Н.</i> Особенности транспортно-логистических систем различных видов транспорта и их взаимодействие...	156
Секция: Строительство инженерных сооружений и гидромелиоративных систем.....	161
<i>Ткач Т.С., Щур А.С., Белозеров А.И.</i> Субиригация: принципы и области применения	161
<i>Шеремет И.В., Щур А.С., Белозеров А.И.</i> Управление паводками на сельскохозяйственных территориях.....	166
<i>Маркушов А.А., Щур А.С., Белозеров А.И.</i> Устойчивость мелиоративной инфраструктуры к климатическим стрессам.....	170
<i>Колошеин Д.В., Щур А.С., Белозеров А.И.</i> Цифровые двойники гидромелиоративных систем	174

СЕКЦИЯ: ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ

УДК 629.3.027

*Гладышев М.А., магистрант 1 курса,
Соломатин Д.Е., магистрант 1 курса,
Шамбазов Е.А., магистрант 1 курса
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

УВЕЛИЧЕНИЕ ПЛАВНОСТИ ХОДА АВТОМОБИЛЯ ПУТЕМ ВНУТРЕННЕГО ПОДРЕССОРИВАНИЯ КОЛЕС

Речь идет о концепции внутреннего подрессоривания колес — переносе упругих элементов непосредственно в пространство между ступицей и ободом. Это техническое решение меняет сам масштаб воздействия: вместо того чтобы гасить уже возникшие колебания кузова, оно стремится «сгладить» саму точку контакта, ликвидируя вибрации в зародыше.

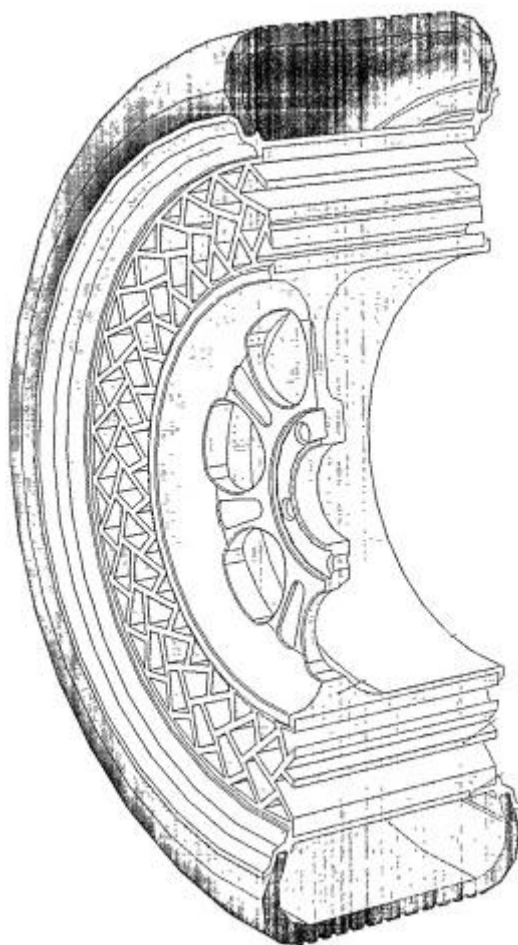


Рисунок 1 – Колесо с внутренним подрессориванием

Исторически первой системой гашения дорожных толчков была пневматическая шина. Объем сжатого воздуха в ней смягчает микропрофиль асфальта, но его возможностей катастрофически не хватает для полноценного поглощения энергии ям и стыков.

Физика процесса здесь довольно проста: шина ведет себя как пневматическая пружина с минимальным внутренним трением. Она запасает энергию удара и почти мгновенно возвращает её, провоцируя подскок колеса. Именно в этот момент в дело вступает традиционная подвеска. С помощью гидравлических амортизаторов она превращает возвращенную энергию в тепло, но платой за такое гашение колебаний становятся массивные рычаги и шарниры, которые сами порождают дополнительные инерционные нагрузки.

Концепция внутреннего подрессоривания стирает грань между колесом и подвеской, интегрируя упругие компоненты непосредственно в пространство колеса. Обод и диск в такой схеме перестают быть монолитным целым. Вместо жесткой связи они соединяются через демпфирующие элементы, расположенные по окружности: наборы упругих пластин, полимерные вставки или даже компактные телескопические амортизаторы.

Стоит отметить, что сама по себе идея далеко не нова. Ещё в 1920-х годах инженеры экспериментировали с велосипедными колесами, где ступица крепилась к ободу посредством спиральных пружин. Цель была сугубо утилитарной — избавить райдеров от тряски на булыжных мостовых того времени.

Однако отсутствие легких и прочных композитных материалов тогда делало такие колеса непомерно тяжелыми, отправляя концепцию на полку до лучших времен.

Когда такое колесо наезжает на препятствие, первый удар принимает на себя шина, но следом за ней в работу мгновенно вступают внутренние элементы. Деформируясь, они позволяют ободу смещаться относительно ступицы в радиальном направлении, поглощая пик нагрузки еще до того, как она достигнет подвески и кузова. Принципиально важно, что здесь мы имеем дело не с последовательным, а с параллельным включением упругих элементов: жесткость системы складывается из жесткости шины и жесткости внутренней структуры, что дает инженерам беспрецедентную свободу в настройке нелинейной характеристики колеса. Результатом является феномен «парящего» движения, когда кузов автомобиля сохраняет спокойствие, в то время как колеса микроскопически быстро обрабатывают рельеф.

Главным врагом комфорта в классическом автомобилестроении являются неподрессоренные массы — всё то, что находится ниже пружин подвески. Традиционные тяжелые колесные диски и массивные тормозные механизмы обладают инерцией, которая при проезде неровностей провоцирует раскачку кузова. С точки зрения физики, именно соотношение подрессоренной массы кузова к неподрессоренной массе колеса определяет, насколько сильно удар в пятне контакта передастся на водителя: чем тяжелее колесо, тем глубже кузов «клюет» на каждой кочке.

Ситуация усугубилась с появлением электромобилей, оснащенных мотор-колесами. Размещение электродвигателя непосредственно в колесе кратно увеличивает неподрессоренную массу. Исследования показали, что в динамике автомобиля при этом возникают так называемые инвариантные точки — частоты, на которых вибрации не удастся устранить даже с помощью самой совершенной активной подвески. Иными словами, существуют режимы, в которых тяжелое колесо будет «колотить» по кузову независимо от того, как именно управляются амортизаторы.

Внутреннее поддрессирование предлагает выход из этого, на первый взгляд, тупика. Если колесо содержит собственные упругие элементы, то тяжелый мотор, даже находясь внутри него, уже не привязан жестко к кузову. Он изолирован от дорожных толчков той же встроенной системой амортизации. Фактически водитель перестает ощущать вес колеса, потому что у колеса появляется своя «микроподвеска». Схема работает как динамический гаситель колебаний: массивная ступица или электродвигатель движутся с небольшой задержкой относительно обода, создавая противофазу и гася энергию удара. В математической интерпретации инерционный балласт из врага превращается в полезный элемент. Масса мотора перестает входить в неподрессоренный вес и переходит в категорию демпфируемой массы. Это повышает плавность хода и одновременно снижает нагрузку на трансмиссию и другие агрегаты.

Жизнеспособность идеи подтверждается тем, что она вышла далеко за пределы лабораторий. В скоростном спуске на горных велосипедах, например, обнаружилась любопытная закономерность: скоростные камеры фиксировали, что шина успевает удариться ободом о камень раньше, чем срабатывает дорогая передняя вилка. Причина — инерция самой вилки и порог срабатывания гидравлики, которые создают микроскопическую, но критичную задержку. Решением стала система двойной камеры (Tire-in-Tire): высокое давление во внутренней камере заставляет внешнюю покрышку реагировать синхронно с подвеской, устраняя провал в отклике на неровности. Это наглядно доказывает: даже прогрессивная подвеска не лишена задержки, и только перенос упругости внутрь колеса позволяет добиться по-настоящему бесшовного сглаживания дороги.

Автомобильные патенты описывают самые разные реализации концепции. Встречаются гибкие стержневые элементы, нанизанные на тросы наподобие бусин, и цельнолитые полимерные кольца с перфорацией, работающие как единый упругий «бублик». Отдельного внимания заслуживают разработки на основе метаматериалов — структур с периодической ячеистой топологией. Здесь каждая ячейка колесного диска запрограммирована на деформацию в строго заданных направлениях, чтобы не передавать вибрации на ступицу.

В перспективе массовое внедрение таких колес может привести к общему упрощению конструкции автомобиля. Если колесо само по себе становится полноценной системой поддрессирования, необходимость в сложных многорычажных подвесках, шарнирах и сайлент-блоках отпадает. Им на смену

приходят компактные направляющие элементы, удерживающие колесо лишь в плоскости его вертикального хода.

В конечном счете, рост плавности хода за счет внутреннего поддрессоривания — это не просто техническое усовершенствование, а смена парадигмы. Старый подход, при котором жесткое колесо «бьет» в рычаги подвески, исчерпал себя. Новый путь — децентрализация демпфирования и переход к «умному» колесу, которое само заботится о комфорте. Автомобиль перестает натекаться на препятствия и начинает парить над дорогой, плавно скользя по покрытию любого качества. Это и есть подлинный технологический дзен в движении.

Библиографический список

1. Лахмостов, А. И. Виды износа и разрушения шин / А. И. Лахмостов, А. И. Ушанев // Новая наука: Стратегии и векторы развития. – 2017. – Т. 2, № 2. – С. 130-135.
2. Успенский, И. А. Особенности эксплуатации автомобильных шин / И. А. Успенский // Научные приоритеты в АПК: вызовы современности : материалы 75-й юбилейной международной научно-практической конференции, Рязань, 25 апреля 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 442-449.
3. Переработка шин и их элементов / И. А. Афиногенов, Н. В. Бышов, С. Н. Борычев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. – 2016. – № 124. – С. 366-389.
4. Факторы, влияющие на темп износа автомобильных шин / А. И. Лахмостов, Н. В. Бышов, Г. Д. Кокорев [и др.] // Тенденции развития агропромышленного комплекса глазами молодых ученых : Материалы научно-практической конференции с международным участием, Рязань, 02 марта 2018 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2018. – С. 89-95.
5. Повышение качества перевозки картофеля, плодов и фруктов совершенствованием подвески транспортного средства / Н. В. Аникин, Г. Д. Кокорев, Г. К. Рембалович [и др.] // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2009. – № 2(33). – С. 38-40.
6. Повышение эксплуатационных качеств транспортных средств при перевозке грузов в АПК / Н. В. Аникин, Г. Д. Кокорев, Г. К. Рембалович [и др.] // Международный технико-экономический журнал. – 2009. – № 3. – С. 92-96.
7. Диагностика современного автомобиля / Ю. Н. Храпов, И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 118. – С. 1001-1025.

8. Патент на полезную модель № 47312 U1 Российская Федерация, МПК В62D 33/10. Подвеска кузова транспортного средства : № 2005100671/22 : заявл. 11.01.2005 : опубл. 27.08.2005 / Н. В. Аникин, В. Н. Чекмарев, С. Н. Бoryчев [и др.] ; заявитель ФГОУ ВПО РГСХА.
9. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / N. V. Byshov, S. N. Borychev, D. E. Kashirin [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13, No. 10. – P. 3502-3508.
10. К вопросу модернизации транспортных средств для АПК / И. А. Юхин, И. А. Успенский, А. А. Голиков, П. В. Бондарев // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : Международная конференция, Саранск, 01–03 октября 2014 года / Редколлегия: Столяров А.В. (отв. ред.), редакторы: Сенин П.В., Котин А.В., Иншаков А.П., Водяков В.Н., Савельев А.П., Левцев А.П., Наумкин Н.И., Чаткин М.Н., Комаров В.А., Ионов П.А.. – Саранск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва", 2014. – С. 181-187.
11. Тенденции перспективного развития сельскохозяйственного транспорта / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Д. С. Рябчиков [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 101. – С. 2060-2075.
12. Снижение уровня повреждения перевозимой сельскохозяйственной продукции за счет использования устройства для стабилизации положения транспортного средства / Н. В. Аникин, С. Н. Бoryчев, Н. В. Бышов [и др.] // Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей : материалы XII Международной научно-практической конференции, Владимир, 29–30 июня 2010 года. – Владимир: Владимирский государственный университет, 2010. – С. 319-322.
13. Повышение качества перевозки картофеля, плодов и фруктов совершенствованием подвески транспортного средства / Н. В. Аникин, Г. Д. Кокорев, Г. К. Рембалович [и др.] // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2009. – № 2(33). – С. 38-40.
14. Ушанев, А. И. Анализ рынка автотранспортной техники / А. И. Ушанев, А. С. Колотов, И. А. Мурог // Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 20 ноября 2020 года. Том Часть II. – Рязань: РГАТУ, 2020. – С. 425-429.
15. Оценка методов диагностирования керамических тормозных дисков / Д. А. Воробьев, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] // Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 20 февраля 2020 года / Министерство сельского хозяйства РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева». – Рязань: РГАТУ, 2020. – С. 223-228.

16. Сидоров, А. А. Некоторые особенности перевозки сельскохозяйственной продукции и удобрений / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. С. Колотов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 6-12.

17. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике / А. А. Уткин, Г. Д. Кокорев, А. А. Голиков, А. С. Колотов // 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; ФГБОУВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Том Часть II. – Рязань: РГАТУ, 2017. – С. 368-371.

18. Филюшин, О. В. Разновидности транспортных средств для перевозки скота / О. В. Филюшин, А. А. Кутыраев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации, Рязань, 22 декабря 2022 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» Автодорожный факультет. – Рязань: РГАТУ, 2022. – С. 66-71.

19. Безопасность транспортных перевозок / А. И. Ушанев, О. В. Филюшин, А. А. Желтоухов [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 300-306.

20. Волченкова, В. А. Безвоздушные шины: конструкция, преимущества, недостатки, особенности / В. А. Волченкова, В. Н. Зайцев, А. С. Колотов // Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 12 декабря 2019 года / Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. Том Часть III. – Рязань: РГАТУ, 2019. – С. 90-94.

21. Переработка шин и их элементов / И. А. Афиногенов, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 124. – С. 366-389.

РАЗНОВИДНОСТИ ПОСЕВНЫХ КОМПЛЕКСОВ ФИРМЫ RÖTTINGER

Сельское хозяйство всегда стояло перед жесткой дилеммой: как, с одной стороны, накормить растущее население планеты, а с другой — не разрушить хрупкий баланс природных экосистем? Ответ на этот вызов сегодня кроется не в увеличении посевных площадей любой ценой, а в тотальной технологизации каждого полевого процесса. И, пожалуй, ни одна операция в технологической карте не претерпела столько кардинальных изменений за последние двадцать лет, как посев. На смену разрозненным механическим сеялкам, требовавшим множества подготовительных проходов, пришли посевные комплексы — агрегаты нового поколения, работающие на стыке точной механики, гидравлики и цифровых систем управления [1].

Что же такое современный посевной комплекс? Это уже не просто "тележка с семенами". Это многофункциональная платформа, способная за один проход по полю выполнить целый комплекс задач: от минимальной обработки почвы (или полного отказа от нее) до послойного внесения стартовых удобрений, точного высева семян с заданным шагом и финишного прикатывания для сохранения влаги. В отличие от традиционных сеялок, где качество работы сильно зависело от квалификации тракториста и состояния поля, посевные комплексы индустриализируют процесс. Их сошниковые группы копируют микрорельеф с точностью до миллиметра, а электронные дозаторы исключают "проскальзывание" и перерасход семян даже на сложных склонах.

Но главное преимущество кроется в синергии. Объединяя операции, комплексы радикально сокращают количество проходов тяжелой техники по полю. Это не только экономия дизельного топлива (до 40-50 % на гектар), но и сохранение структуры почвы от переуплотнения [2].

Рассмотрим посевные комплексы, представленные австрийской компанией по производству сельскохозяйственной техники Pöttinger. Данная фирма представляет несколько моделей:

- TERRASEM 3000D, 4000D, V 4000D, V 6000D, V 8000D, V 9000D;
- TERRASEM FERTILIZER;
- TERRASEM V 9000D (тип 8809).

Рассмотрим модель TERRASEM 3000D, 4000D, V 4000D, V 6000D, V 8000D, V 9000D. На рисунке 1 представлена модель 4000D.

Посевные комплексы TERRASEM D — это универсальные пневматические агрегаты, предназначенные для рядового посева зерновых, зернобобовых, масличных и других культур с одновременным внесением стартовых удобрений. Техника разработана для работы по классическим, минимальным и нулевым технологиям. Модельный ряд охватывает рабочую

ширину от 3 до 9 метров и рассчитан на тракторы мощностью от 110 до 400 л.с. Индекс **D** обозначает наличие двухдисковых сошников. Буква **V** в названии (V4000D, V6000D, V8000D, V9000D) указывает на складную трехсекционную раму, обеспечивающую компактную транспортировку.



Рисунок 1 – Посевной комплекс TERRASEM 4000D

Общее устройство

В конструктивном отношении все модели TERRASEM D выполнены по единой схеме и включают несколько основных узлов.

Бункер имеет общий объем 3600 или 5600 литров и разделен на секции для семян и удобрений в соотношении 60:40. Корпус изготовлен из ударопрочного пластика, а широкая горловина обеспечивает удобство и скорость загрузки.

Рама — сварная, модульной конструкции. У складных моделей серии V центральная секция остается неподвижной, тогда как боковые поднимаются с помощью гидравлики, уменьшая транспортную ширину до трех метров.

Система дозирования оснащена электрическим приводом, который управляется через ISOBUS или радар-датчик. Это позволяет выдерживать точную норму высева в диапазоне от 1,5 до 420 кг/га. Катушки дозатора рассчитаны на быструю замену, что упрощает переход между разными типами посевного материала.

Пневматическая система включает вентилятор, приводимый от гидромотора трактора с расходом масла 30 или 50 л/мин. Создаваемый им воздушный поток транспортирует семена и удобрения к распределительным головкам, где материал равномерно разделяется по сошникам. На ряде моделей эти головки автоматически убираются гидравликой при складывании секций.

Сошниковые группы — двухдисковые, с дисками диаметром 380 мм. Они расположены в два ряда со смещением. Рабочее давление на каждый сошник

составляет от 40 до 120 кг. Обслуживание упрощено: узлы установлены на герметичных подшипниках и не требуют смазки.

- **Прикатывающий каток** — шинный или кольцевой, диаметром 900 мм. Выполняет три функции: прикатывание перед сошниками, опора при разворотах, транспортные колеса при переездах. Каждое колесо имеет индивидуальную подвеску.

- **Система копирования рельефа** — четырехточечное шарнирное крепление сошниковой балки к раме катка. Позволяет каждой секции независимо следовать за неровностями поля, сохраняя постоянную глубину заделки семян.

Таблица – Общие технические параметры

Рабочая ширина (модели):	3 / 4 / 6 / 8 / 9 м
Транспортная ширина (V-модели):	3 м
Ширина междурядий:	12,5 см или 16,7 см (на выбор)
Количество сошников:	от 18 до 72 (в зависимости от модели и шага)
Объем бункера:	3600 л (до 6 м) / 5600 л (8–9 м)
Диаметр сошниковых дисков:	380 мм
Диаметр прикатывающих колес:	900 мм (шинный каток)
Давление на сошник:	40–120 кг (регулируется)
Привод дозирования:	электрический
Управление:	ISOBUS, Smartline
Требуемая мощность трактора:	от 110 до 400 л.с.
Расход масла на вентилятор:	30 л/мин (модели 3–6 м) / 50 л/мин (8–9 м)

Посевные комплексы TERRASEM D — это семейство высокопроизводительных пневматических сеялок с двухдисковыми сошниками, электрическим дозированием и эффективной системой копирования рельефа. Модели с буквой V складные, что критически важно для перевозки широкозахватных машин. Все агрегаты позволяют совмещать посев с внесением удобрений и прикатыванием, работая в широком диапазоне почвенно-климатических условий и технологий обработки почвы [3].

Ещё одной моделью данной компании является TERRASEM FERTILIZER, представленной на рисунке 2.



Рисунок 2 – Модель TERRASEM FERTILIZER

TERRASEM FERTILIZER — это специализированная версия посевных комплексов Pöttinger, предназначенная для одновременного высева семян и внесения удобрений (или двух различных культур) за один проход. Модельный ряд охватывает рабочую ширину от 3 до 9 метров и представлен как в жестком (R3, R4), так и в складном исполнении (C4, C6, C8, C9).

Основное назначение линейки — точное управление питательными веществами в условиях растущих цен на удобрения, появления их новых форм и ужесточения экологических норм.

Общее устройство

Главная особенность TERRASEM FERTILIZER — бункерная система, работающая под давлением. Бункер разделен на две секции в фиксированном соотношении 60:40, однако при необходимости весь объем (4200 или 5600 литров в зависимости от модели) может быть заполнен одним продуктом — например, только семенами. Безопасность работы системы контролируют встроенные датчики перепада давления. В стандартную комплектацию входят также датчики уровня: заполнение бункера отображается на терминале с точностью до сантиметра.

Система распределения состоит из двух независимых линий. TERRASEM FERTILIZER оснащается раздельными системами дозирования и распределительными головками — отдельно для семян и удобрений или второй

культуры. Такое решение позволяет точно контролировать каждый компонент. Модели FERTILIZER PRO дополнительно получили специальный однодисковый сошник для внесения удобрений.

Технологический процесс

Полный цикл работы TERRASEM FERTILIZER выполняется за один проход. Интегрированная дисковая борона (Compact Disc Harrow) или WAVE DISC с низким уровнем воздействия на почву проводит предпосевную обработку. Затем сошник FERTILIZER PRO укладывает удобрения на глубину до 10 см между будущими рядами семян. Шинный или кольцевой пакер уплотняет поверхность по всей ширине, после чего двухдисковые сошники высевают семена на оптимальную глубину непосредственно над удобрительным депо.

Преимущества технологии

Точное размещение удобрений в корневой зоне снижает непродуктивные потери и обеспечивает их экономию. Молодые растения сразу получают доступ к питательным веществам, что ускоряет развитие корневой массы. Один проход заменяет несколько операций, экономя топливо и снижая нагрузку на почву. Размещение удобрений на достаточной глубине обеспечивает доступ к влаге, что особенно важно в засушливых условиях. Наконец, точное внесение уменьшает риск вымывания удобрений и соответствует современным экологическим требованиям.

Модель TERRASEM V 9000 D

TERRASEM V 9000 D — флагманская прицепная пневматическая сеялка для высокопроизводительного рядового посева зерновых, зернобобовых и масличных культур. Индекс «V» указывает на складную трехсекционную конструкцию, «9000» — на рабочую ширину 9 метров, «D» расшифровывается как Dual Disc, то есть двухдисковые сошники. Внутренний заводской номер модели — 8809. Модификация выпускается с 2022 года и позиционируется как решение для крупных хозяйств и агрохолдингов, работающих на больших площадях.

Благодаря гидравлически складываемым боковым секциям транспортная ширина машины составляет всего 3 метра, что позволяет перевозить её по дорогам общего пользования без специального сопровождения. Объем семенного бункера — 5600 литров, этого запаса хватает для длительной работы без дозаправки. В стандартном исполнении машина оснащается двумя независимыми электрическими дозирующими системами, которые управляются через ISOBUS или радар-датчик. Диапазон высева — от 1,5 до 420 кг/га при рабочей скорости 12 км/ч, а норма высева и прочие настройки регулируются прямо из кабины трактора.

Ширина междурядий может составлять 12,5 или 16,7 см. При шаге 12,5 см устанавливаются 72 сошника, при 16,7 см — 54. Сами сошники двухдисковые, диаметром 380 мм, на герметичных подшипниках, не требующих обслуживания. Давление на сошник регулируется в диапазоне от 40 до 120 кг, а расстояние между передним и задним рядами составляет 32 см.

Такая конструкция обеспечивает качественную заделку семян и высокую полевую всхожесть.

Для работы с TERRASEM V 9000 D требуется трактор мощностью от 300 до 400 л.с. с категорией навески Kat. 2 или Kat. 3. Расход масла на гидромотор вентилятора — 50 л/мин. Гидравлическая система трактора должна включать как минимум одну секцию одностороннего действия (для вентилятора) и три секции двустороннего действия. Электрика подключается через 7-контактную розетку и отдельный ISOBUS-разъем.

Передняя часть машины включает двухрядную дисковую борону с дисками диаметром 510 мм. Диски закреплены на резиновых опорах и не требуют смазки. Угол атаки по направлению движения составляет +15 градусов, вертикальный угол установки — +7 градусов. По выбору заказчика диски могут быть гладкими или зубчатыми. Борона выполняет предпосевную обработку: рыхлит почву, формирует текстурированный мелкозем в посевном горизонте, перемешивает пожнивные остатки с почвой и снижает давление сорняков. Для работы по мульчированным полям доступна опция WAVE DISC — волнистые диски, которые разрыхляют почву только в полосах посева, сохраняя мульчирующий слой в междурядьях.

Существует и версия Classic — TERRASEM V 9000 D Classic, у которой передняя дисковая борона отсутствует. Она предназначена для работы по уже подготовленным семенным ложам при классической технологии посева и отличается более легким ходом.

Ключевая инженерная особенность 8- и 9-метровых моделей — Х-образная компоновка всех рабочих органов, которая обеспечивает прямолинейное движение без бокового увода даже на максимальной ширине захвата. Диски бороны расположены по Х-схеме, двухдисковые сошники смонтированы зеркально относительно друг друга, что компенсирует любые боковые усилия. В модификациях с функцией удобрения (индекс Z) туковые сошники также располагаются в Х-конфигурации.

Система копирования рельефа выполнена по четырёхточечной шарнирной схеме: сошниковая балка крепится к раме прикатывающего катка таким образом, что каждая секция независимо следует за неровностями поля. Это гарантирует постоянную глубину заделки семян и равномерные всходы [5].

Модель TERRASEM V 9000 D полностью совместима с платформой agrirouter для обмена данными между техникой разных производителей, что позволяет интегрировать комплекс в системы точного земледелия и использовать карты полей с вариативным нормированием высева.

Все вращающиеся рабочие органы — диски бороны, сошники и туковые сошники (на версиях с удобрением) — установлены на герметичных подшипниках, которые не требуют регулярной смазки. В стандартную комплектацию входят набор инструментов с мешком для проверки нормы высева, боковая платформа для оператора, система управления Smartline с поддержкой ISOBUS (терминал трактора приобретается отдельно).

Библиографический список

1. Эффективный посевной комплекс для производства зерна и мелкосемянных культур / Н. К. Мазитов, Н. Г. Ковалев, Г. В. Хаецкий, З. С. Рахимов // Земледелие. – 2006. – № 3. – С. 44-45.
2. Бышов, Н. В. Пути научного обеспечения развития АПК / Н. В. Бышов, М. М. Крючков, М. М. Крючков Мл // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2010. – № 4(8). – С. 3-5.
3. Посевной комплекс как объект исследования / С. Н. Капов, А. В. Бобрышов, А. Н. Петенев [и др.] // Сельский механизатор. – 2025. – № 4. – С. 3-5.
4. Посевные комплексы: сравнительная эффективность / Н. К. Мазитов, Н. Э. Гарипов, Л. З. Шарафиев, Д. М. Сайданов // Нива Татарстана. – 2009. – № 1. – С. 46.
5. Санжаровская, М. И. Почвообрабатывающе-посевной комплекс для энерго-, ресурсосберегающего производства продукции растениеводства / М. И. Санжаровская // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2009. – № 3. – С. 814.
6. Развитие системы межсезонного хранения сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, Г. Д. Кокорев [и др.] ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2016. – 112 с.
7. К вопросу модернизации транспортных средств для АПК / И. А. Юхин, И. А. Успенский, А. А. Голиков, П. В. Бондарев // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : Международная конференция, Саранск, 01–03 октября 2014 года / Редколлегия: Столяров А.В. (отв. ред.), редакторы: Сенин П.В., Котин А.В., Иншаков А.П., Водяков В.Н., Савельев А.П., Левцев А.П., Наумкин Н.И., Чаткин М.Н., Комаров В.А., Ионов П.А.. – Саранск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва", 2014. – С. 181-187.
8. Сбережение энергозатрат и ресурсов при использовании мобильной техники / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский [и др.]. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2010. – 186 с.
9. Патент на полезную модель № 81152 U1 Российская Федерация, МПК В62D 37/00. Устройство для стабилизации положения транспортного средства : № 2008139805/22 : заявл. 07.10.2008 : опубл. 10.03.2009 / С. В. Минякин, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] ; заявитель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт механизации

агрохимического и материально-технического обеспечения сельского хозяйства.

10. Использование BIG DATA для оптимизации транспортного процесса / А. С. Колотов, В. В. Терентьев, И. А. Успенский [и др.] // Современное состояние и перспективы развития механизации сельского хозяйства и эксплуатации транспорта : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 95-летию доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 13 декабря 2021 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 272-276.

11. Бортник, А. В. Устройства для сцепки машинно-тракторного агрегата с навесным оборудованием / А. В. Бортник, О. В. Филюшин, А. С. Колотов // Актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации мобильной техники, Рязань, 12 октября 2020 года / Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры технической эксплуатации транспорта. Том 1. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 12-17.

12. Юхин, И. А. Западно-европейские картофелеуборочные комбайны / И. А. Юхин, А. С. Колотов, А. И. Ушанев // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных процессов в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина, Рязань, 24 мая 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 209-215.

13. Проблемы и технические решения использования высокопроизводительной сельскохозяйственной техники / А. С. Колотов, А. И. Ушанев, М. А. Липатова, А. А. Кутыраев // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных процессов в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина, Рязань, 24 мая 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 83-91.

14. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике / А. А. Уткин, Г. Д. Кокорев, А. А. Голиков, А. С. Колотов // 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; ФГБОУВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Том Часть II. – Рязань: Рязанский

государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2017. – С. 368-371.

15. Перспективы восстановления изношенных деталей сельскохозяйственной техники / А. М. Мошнин, А. И. Ушанев, О. В. Филюшин [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 140-147.

16. Лимаренко, Н. В. Текущая ситуация в России и ожидания участников рынка сельскохозяйственной техники / Н. В. Лимаренко, А. И. Ушанев, Д. А. Краснобаев // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации : Материалы 72-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 20 апреля 2021 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» университет имени П.А. Костычева». Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 261-264.

17. Сидоров, А. А. О продлении срока эксплуатации сельскохозяйственных агрегатов / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. И. Ушанев // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 137-143.

18. Патент на полезную модель № 188276 U1 Российская Федерация, МПК A01C 7/04. Пневматический высевающий аппарат : № 2018139433 : заявл. 07.11.2018 : опубл. 04.04.2019 / В. И. Хижняк, А. Ю. Несмиян, Э. И. Нуриев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Донской ГАУ).

19. Агрегат для посева семян в биоконтейнерах / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина, В. А. Макаров // Сельский механизатор. – 2011. – № 9. – С. 10-11.

20. Исследование параметров современных систем внесения жидких удобрений на основании анализа форсунок-распылителей / Д. М. Юмаев, Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко, А. В. Ерохин // Инновационные решения в области развития транспортных систем и дорожной инфраструктуры, Рязань, 27 октября 2022 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» Автодорожный факультет Инженерный

факультет. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 335-340.

21. Юмаев, Д. М. Исследование процессов 3D печати форсунок-распылителей для внесения жидких минеральных удобрений / Д. М. Юмаев, А. С. Лазутин, Г. К. Рембалович // Инновационные решения для АПК, Рязань, 16 февраля 2023 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» Совет молодых учёных ФГБОУ ВО РГАТУ Совет молодых учёных и специалистов Рязанской области. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 202-207.

УДК 62-592

Гаджиев П.И., д-р техн. наук, профессор,

Сивцов В.Н., канд. техн. наук, доцент,

Григорьев М.В., аспирант

*ФГБОУ ВО Министерства сельского хозяйства Российской Федерации
«Российский государственный университет народного хозяйства имени
В.И. Вернадского», г. Москва, РФ*

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ ИЗНОСА ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК

В устройстве современного автомобиля есть удивительная асимметрия внимания. Мы привыкли, что машина буквально одержима состоянием двигателя. Десятки датчиков следят за температурой, давлением масла, составом смеси и моментами зажигания. Однако по ту сторону силового агрегата долгое время царила аналоговая тишина. Тормозную систему, от которой, в конечном счете, зависит жизнь, долгое время воспринимали как нечто механически простое и «бездушное». О том, что колодки пришли в негодность, водитель узнавал лишь по двум признакам: металлическому визгу или, в худшем случае, провалившейся педали и ощущению, что машина перестала слушаться. Появление систем оповещения об износе стало в этом смысле тихой революцией в психологии автомобильной безопасности. Тормоза из пассивного расходника превратились в активного участника диалога с человеком.

Большинство систем оповещения, которые устанавливались на автомобили последних двадцати лет, строятся на удивительно элегантном и одновременно простом принципе — замыкании электрической цепи. Внутри колодки, как правило, с внутренней стороны (она изнашивается быстрее из-за особенностей конструкции суппорта), размещается индикаторный датчик. Внешне это небольшой штырь или проволоочная петля, залитая во

фрикционный материал. Сам датчик представляет собой разомкнутую цепь: два проводника разделены зазором или слоем пластика.

Идея такого контроля возникла не на пустом месте. Еще в 1960-х инженеры Mercedes-Benz экспериментировали с механическими флажками на колодках, которые при износе начинали тереться о диск, издавая пронзительный свист. Однако звуковой метод оказался слишком ненадежным: грязь, вода и естественное старение металла часто заглушали этот сигнал, что заставило искать чисто электрическое решение.

Пока колодка новая, датчик надежно изолирован от металла диска и от массы автомобиля. Электронный блок управления — будь то отдельный модуль тормозной системы или блок кузовной электроники ВСМ — постоянно посылает через этот шлейф слабый тестовый сигнал, ожидая «тишины». Но как только фрикционная накладка стирается до критического минимума, происходит следующее: головка датчика начинает соприкасаться с металлическим тормозным диском. Диск, в свою очередь, соединен со ступицей и кузовом, то есть с общей «землей» автомобиля. Возникает короткое замыкание — ток проходит по проводу датчика, замыкается на диск и уходит в массу.

Электроника мгновенно фиксирует падение напряжения или появление замкнутой цепи. С этого момента запускается алгоритм оповещения. На приборной панели загорается пиктограмма — чаще всего кружок со скобками или восклицательным знаком, иногда с надписью «Brake pads». Более дорогие автомобили идут дальше: система не просто констатирует факт, но и сообщает о необходимости посетить сервис, а в ряде случаев даже сбрасывает круиз-контроль или ограничивает максимальную скорость.

Метод этот предельно надежен и дешев, поскольку не требует сложных вычислений. Но у него есть существенная слабость: он срабатывает один раз. Как только цепь замкнулась, датчик разрушается контактом с диском, и его необходимо менять вместе с колодками. Именно эта одноразовость долгое время была предметом споров. Инженеры искали способ растянуть предупреждение во времени, дать водителю запас хода, а не ставить его перед фактом уже свершившегося разрушения.

В автомобильной электронике сложилось два принципиально разных подхода к отслеживанию износа, и понимание этой дихотомии объясняет, почему один автомобиль предупреждает о замене за 3000 километров, а другой — только когда колодка уже уничтожена.

Первый подход — дискретный, или одноразовый, датчик. Его плюс — точность. Минус — необходимость замены самого датчика при каждой замене колодок, что создает дополнительную статью расходов.

Вторая, более прогрессивная школа — системы косвенной, или аналоговой, оценки. Вместо примитивного замыкания на массу здесь используется магниторезистивный эффект. В колодку встраивается сенсор, который меняет свое электрическое сопротивление по мере истончения фрикционного материала. Блок управления получает не дискретный сигнал «да/нет», а непрерывный поток данных о текущей толщине накладки.

Компьютер знает не только момент истины, но и то, что колодка износилась на 80 или 90 процентов. Это позволяет выводить на экран бортового компьютера точный процент износа или прогнозируемый остаток пробега в километрах.

Такой подход, применяемый на автомобилях премиум-сегмента (например, некоторых моделях BMW и Mercedes), значительно информативнее, но и заметно дороже. Он требует калибровки при каждой замене и более сложного алгоритмического обеспечения. Любопытно, что первые прототипы аналоговых датчиков появились еще в 1980-х в авиации, где цена ошибки измерения взлетно-посадочных тормозов была несоизмеримо выше автомобильных рисков. Лишь спустя десятилетие технология перешла на гражданский рынок.

Сегодня система оповещения об износе больше не существует в вакууме. Современные автомобили встраивают эти сигналы в общую диагностическую картину. Раньше датчик просто замыкался — и загоралась лампочка. Теперь, получая сигнал о критическом износе, блок управления пересчитывает работу смежных систем. Например, система курсовой устойчивости ESP может получить команду снизить активность, чтобы не перегружать изношенные колодки.

Система рекуперативного торможения на гибридах, наоборот, увеличивает долю электромотора в замедлении, пытаясь поберечь остатки фрикциона.

Более того, наблюдается тренд на интеграцию датчика износа в общую CAN-шину автомобиля. Теперь, когда загорается предупреждение, дилерский центр получает уведомление автоматически, а в некоторых концептах «подключенных автомобилей» система сама записывает вас в электронную очередь сервиса, сверяясь с вашим календарем. Исчезает даже необходимость думать о покупке датчика: современные «умные» колодки, особенно для электромобилей с их высокими требованиями к тишине и эффективности, содержат в своем теле RFID-метку или уникальный идентификатор. Система автомобиля проверяет подлинность компонента и его совместимость, блокируя работу двигателя или ограничивая скорость, если установлен неоригинальный датчик-обманка. Производители пошли на такой шаг не только из коммерческих соображений: несертифицированные колодки с непредсказуемым коэффициентом трения способны ввести в заблуждение алгоритмы ABS и ESP, превращая электронных помощников из спасителей в источник аварийной ситуации.

В гоночных и спортивных версиях суперкаров появилась еще одна грань этой технологии — термический контроль. Датчик износа там объединен с термопарой. Система оповещает пилота не только о том, что колодка стерлась, но и о том, что она перегрелась и потеряла коэффициент трения («устала»). Это спасает жизнь на треке, где визуально стертая колодка еще может выглядеть целой, но уже не способна остановить машину с 300 км/ч.

Внедрение электронных систем оповещения решило не только техническую, но и глубокую психологическую проблему. Звук — это раздражитель, который мозг учится фильтровать. Водитель, который каждый

день слышит скрежет трамваев, шум шин и ветер, быстро адаптируется к металлическому писку колодок, особенно если музыка играет достаточно громко. Световая индикация на приборной панели — это сигнал тревоги, прошитый в нас на уровне рефлекса. Желтый или красный значок тормозов заставляет сердце биться чаще, даже если машина стоит на месте.

Эволюция этих систем идет по пути повышения назойливости. Если в 1990-х это была просто тусклая лампочка, которую можно было заклеить черной изолентой, то сегодня это многоступенчатый процесс. Сначала — желтый значок при запуске двигателя. Затем — текстовое сообщение на центральном экране при каждом торможении. Далее — звуковой сигнал при включении зажигания. И наконец, на некоторых премиальных моделях, если водитель игнорирует износ колодок более 2000 километров, система начинает снижать максимальную мощность двигателя, буквально вынуждая посетить сервис. Это жесткая, но оправданная политика: в современном мире расходные материалы должны меняться вовремя, и автомобиль теперь сам напоминает об этом настойчивее, чем самый требовательный механик. Система оповещения превратилась из простого «пищика» в полноценного менеджера по обслуживанию, который никогда не спит и всегда следит за миллиметрами фрикционного слоя.

Библиографический список

1. Совершенствование технического сервиса грузовых автомобилей для АПК / М. Э. Немытов, Ж. Г. Усманова, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев // Научно-исследовательские решения высшей школы : Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань, 26 декабря 2023 года. — Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет, 2023. — С. 335-336.

2. К вопросу о рациональном размещении предприятий автомобильного сервиса / М. Э. Немытов, Ж. Г. Усманова, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев // Научно-исследовательские решения высшей школы : Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань, 26 декабря 2023 года. — Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет, 2023. — С. 337-338.

3. Перспективные разработки в современных грузоперевозках/ О. В. Филюшин, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев, А. И. Ушанев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. — Рязань: РГАТУ, 2024. — С. 163-169.

4. Мошнин, А. М. Инновационные технологии в автомобильной индустрии, их тенденции и перспективы развития / А. М. Мошнин, Е. А. Шамбазов, А. А. Кутыраев // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической

конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 89-96.

5. Обслуживание сельхозтехники / А. М. Мошнин, О. В. Филюшин, Д. М. Юмаев [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 120-126.

6. Анализ тормозных систем грузовых автомобилей / Г. К. Рембалович, И. А. Успенский, Д. М. Юмаев, Е. А. Шамбазов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 152-159.

7. Прогнозирование изменения технического состояния тормозной системы образца мобильного транспорта в процессе эксплуатации / Г. Д. Кокорев, И. А. Успенский, Е. А. Панкова [и др.] // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции : Доклады Международной научно-практической конференции, Минск, 21–22 марта 2013 года. – Минск: Белорусский государственный аграрный технический университет, 2013. – С. 197-200.

8. Кокорев, Г. Д. Тенденции развития системы технической эксплуатации автомобильного транспорта / Г. Д. Кокорев, И. А. Успенский, И. Н. Николотов // Перспективные направления автотранспортного комплекса : II Международная научно-производственная конференция, Пенза, 18–20 ноября 2009 года. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. – С. 135-138.

9. Оценка методов диагностирования керамических тормозных дисков / Д. А. Воробьев, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] // Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 20 февраля 2020 года / Министерство сельского хозяйства РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 223-228.

10. Сидоров, А. А. О продлении срока эксплуатации сельскохозяйственных агрегатов / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. И. Ушанев // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 137-143.

11. Безопасность транспортных перевозок / А. И. Ушанев, О. В. Филюшин, А. А. Желтоухов [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 300-306.
12. Оценка износа тормозных дисков из композиционных материалов / Д. А. Воробьев, М. А. Горетова, И. А. Успенский, О. В. Филюшин // Актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации мобильной техники, Рязань, 12 октября 2020 года / Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры технической эксплуатации транспорта. Том 1. – Рязань: РГАТУ, 2020. – С. 169-173.
13. Оценка состояния износа тормозных колодок / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Н. В. Лимаренко [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2020. – № 3(47). – С. 119-125.
14. Пути снижения травмируемости плодоовощной продукции при внутрихозяйственных перевозках / И. А. Успенский, И. А. Юхин, К. А. Жуков [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 96. – С. 360-372.
15. Аникин, Н. В. Факторы влияющие на уровень повреждений перевозимой сельскохозяйственной продукции / Н. В. Аникин, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава и молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева : Материалы научно-практической конференции 2009 г., Рязань, 01 января – 31 2009 года. Том 1. – Рязань, 2009. – С. 18-20.
16. Определение удельного электрического сопротивления сдвига фрикционной накладке тормозной колодки относительно металлической пластины (корпуса) / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Н. В. Лимаренко [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 3(59). – С. 395-405.
17. Безопасность транспортных перевозок / А. И. Ушанев, О. В. Филюшин, А. А. Желтоухов [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 300-306.
18. Патент № 2648924 С2 Российская Федерация, МПК F16D 66/02. Устройство для контроля изнашивания тормозной колодки : № 2016137464 : заявл. 19.09.2016 : опубл. 28.03.2018 / А. А. Симдянкин, И. А. Успенский, Н. В. Бышов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ).

*Князькова О.И.,
Тожибоев Ш.И., аспирант,
Кодиров А.Г., аспирант,
Рембалович Г.К., д-р техн. наук, профессор
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

АКТУАЛЬНЫЕ ТРЕНДЫ В СФЕРЕ ТЕХНИКИ ДЛЯ КАРТОФЕЛЕВОДСТВА

Современное производство в сельском хозяйстве основано на применении машинных технологий. Основная задача применяемых машин – обеспечить выполнение необходимых операций возделывания в заданные агротехнические сроки и с требуемым качеством. Уровень качества продукции определяется не только действующими стандартами, но и запросами потребителя. Крупные торговые сети и организации-переработчики зачастую сами устанавливают требования к продукции картофелеводства, и при наличии долгосрочного контракта проверяют соблюдение этих требований не только на конечном этапе, но и в процессе производства. Поэтому критически важным для картофелеводческих хозяйств становится правильный подбор комплекса машин для производства картофеля с учетом целого ряда составляющих: производительности машин и площадей под картофелем, почвенно-климатических условий (с поправкой на возможные неблагоприятные погодные условия, что особенно критично для уборочных операций), состояния производственно-технической базы хозяйства (состава и состояния имеющегося машинно-тракторного и автомобильного парков, типа и состояния хранилищ, возможностей для длительного хранения картофеля, в том числе в весенне-летний сезон до нового урожая) и др.

Большинство хозяйств в России сегодня отдают предпочтение прицепной технике ввиду возможности более гибкого использования машин и снижения себестоимости эксплуатации всего парка. Прицепная техника позволяет формировать парк под конкретные операции, непосредственно связанные с возделыванием картофеля: подготовка почвы, посадка, подкормка и формирование гребней, и, конечно, уборка.

Одним из актуальных вопросов практических исследований остается формирование гребня после вспашки и при посадке. Производители представляют широкий спектр пассивных и активных гребнеобразующих элементов, отвечающих современным требованиям. Они могут быть выбраны в зависимости от конкретных условий обработки. Используемая в ходе обработки техника должна адаптироваться к рельефу поля, обеспечивая максимально качественную работу и предотвращая повреждение возделываемой культуры.

Важнейшим вопросом является рациональный выбор технологии возделывания, при этом ключевой задачей является определение ширины междурядья. Традиционно в России возделывали картофель с междурядьем 70

см, но в последние десятилетия произошел практически массовый переход на междурядье 75 см (так называемая «голландская» технология, есть отличия также и в поперечном профиле гряд). Как результат – практически весь комплекс машин для картофелеводства, имеющихся в хозяйствах, сегодня предназначен для реализации голландской технологии. У части техники российского и белорусского производства путем переналадки можно менять ширину междурядья в пределах 70-75 см. При этом повышение универсальности машин обычно снижает их производительность и может сказываться на качестве обработки. Техника основных производителей машин для картофелеводства в отечественных реалиях – «Гримме» и АВР, как правило, предназначена для работы по голландской технологии. В последние годы в связи с повышением уровня агротехники и ростом урожайности картофеля часть картофелеводческих хозяйств начала переходить на технологию с междурядьем 90 см, что, по мнению некоторых специалистов, улучшает условия произрастания и развития клубней, уменьшает риск «раскрытия» гряды с последующим позеленением части клубней, а также снижает уровень их повреждений при уборке. В результате должны расти урожайность и качество продукции. Тем не менее, вопрос «какая технология лучше» на сегодняшний день не решен и требует отдельных исследований, обязательно с учетом местной специфики. Для междурядья 90 см, как правило, требуется использование специализированного комплекса машин, основным производителем которых сегодня является компания «Рора».

По мере увеличения площади возделывания картофеля перед картофелеводами встает задача установления и оптимизации сроков уборки – погодные условия устанавливают сроки начала и окончания периода уборки. С другой стороны, чем дольше клубни остаются в земле после того, как растения погибли и ботва была удалена, тем выше риск заражения болезнями и вредителями. Сжатые сроки реализации уборочных работ требуют использования машин высокой производительности. Здесь важным является выбор рядности комбайна. Долгое время имелся запрос хозяйств на приобретение и использование однорядных машин подъёмно-поворотной технологической схемы, что было обусловлено с одной стороны современностью и эффективностью схемно-конструктивного решения, а с другой стороны позволяло их агрегатировать с массово имеющимися в хозяйствах недорогими тракторами невысокого тягового класса. В последние годы наметилась тенденция к переходу на более производительные двухрядные машины, что вызвано широким распространением в хозяйствах энергонасыщенных тракторов. Вопрос замены прицепной уборочной техники на самоходную в России ограничивается сразу несколькими факторами, основным из которых, судя по всему, является стоимость самих машин и их технической поддержки. Самоходный уборочный комбайн может полностью раскрыть свой потенциал при работе на крупных площадях с минимальными перемещениями между участками. Примеры картофелеуборочных комбайнов самоходного типа представлены на рисунках 1 и 2. Исследования С.Б. Прямова и К.А. Пшеченкова (2016) в условиях АО «Озеры» показали убедительное

преимущество самоходных машин перед прицепными с точки зрения производительности, но технико-экономическая составляющая вопроса в изменившихся условиях требует отдельных исследований.

Одна из возможных перспектив повышения производительности связана с совершенствованием технологий уборки. Например, при реализации раздельной (двухфазной) технологии уборки повысить производительность можно за счет применения элеваторного комбайна или копателя с безостановочной выгрузкой клубней в соседнее междурядье с последующей уборкой подборщиком. В качестве подборщика можно использовать, например, комбайн EVO-290 фирмы Гримме, оснащенный устройством для подбора валков. В таком случае производительность уборки реально увеличить почти в 2 раза, поскольку комбайн фактически будет выбирать клубни сразу не с 2-х, а с 4-х (в отдельных случаях с 6-ти) рядков. Обратной стороной способа является повышение повреждений клубней, что связано с увеличением продолжительности нахождения клубней на сепарирующих рабочих органах техники, где картофель подвергается механическому воздействию (копатель + подборщик), а также изменением (увеличением) доли клубней в картофельном ворохе на органах комбайна (почва, по сути, является «защитным слоем», который должен оберегать клубни от ударов о рабочие поверхности машины и друг о друга). Усложняется также логистика уборки, что требует более пристального внимания к принятию оперативных управленческих решений.



Характеристики:

- Габариты – длина 15 м, ширина 3,5 м, высота 4,0 м.
- Снаряженная масса – 30 тонн
- Мощность двигателя – 530 л.с.
- Грузоподъемность – 15 тонн
- Объем бункера – 22,5 м³
- Высота загрузки – 2630-4640 мм
- Подкапывающее устройство TerraFloat
- 2 просеивающих канала
- 2 сепарирующих устройства 1250 мм и 1300 мм

Рисунок 1 – Картофелеуборочный комбайн Grimme Venter 4150
(фото из открытых источников)

Одним из «узких» мест в технологии производства картофеля до сих пор остаются отдельные операции послеуборочной доработки, в частности, доочистка и сортировка. Их реализация зачастую требует привлечения ручного труда, что в современных условиях нерационально. Современные комплексы послеуборочной доработки полностью обеспечивают перемещение потока продукции, сортировку её на размерные фракции, а также вращение клубней на инспекционных столах, но визуальный контроль с ручным отбором и «досортировкой» «некондиционного» продукта с поверхности инспекционных

столов остаётся наиболее распространенным способом обеспечения качества готовой продукции. Для оптимизации процессов все чаще применяются автоматизированные устройства контроля, сводящие человеческий труд к минимуму.



Характеристики:

- Габариты – длина до 15 м, ширина 3,5 м, высота 4,0 м.
- Снаряженная масса – 30 тонн
- Мощность двигателя – 490 л.с.
- Грузоподъемность – 7 тонн
- Объем бункера – 13 м³
- Высота загрузки – 4350-4600 мм
- Бережная система потока продукта GentleFlow
- Система гусеничного хода Terra Trac для снижения давления на почву
- Высокоэффективная многоступенчатая система очистки и сепарации
- Угол поворота управляемых колес до 63° обеспечивает превосходный радиус разворота

Рисунок 2 – Четырехрядный самоходный картофелеуборочный комбайн Grimme Varitron 470
(фото из открытых источников)

Данный процесс в России ограничен высокой стоимостью подобных устройств, преимущественно импортных. Спектр применяемых в них решений включает в себя как оптоэлектронные, так и механические устройства, первые также могут быть использованы для сортировки поврежденных, или гнилых клубней. Эти устройства имеют широкий диапазон регулировок и настроек, позволяющий применять их для различных производственных процессов. Например, сортировщик для картофеля или моркови «Oculus» (рисунок 3) компании Key Technologies позволяет распознавать размер, форму, цвет и текстуру клубня. Система способна отбраковывать: поверхностные аномалии (бугорки, надрезы, трещины); обесцвечивание кожицы, зелёные или тёмные участки; механические повреждения; болезни (парша, «чёрная ножка», «серебряная парша»); чёрные точки. Кроме того, можно запрограммировать сортировщик так, чтобы он отбраковывал клубни, не подходящие по длине или ширине.

Применение оптоэлектронных методов контроля широко распространено при сортировке мытого картофеля, однако при работе с нематым картофелем данное устройство функционирует менее эффективно. Многие предприятия предпочли бы использовать одну оптоэлектронную систему сортировки на всех этапах работы с клубнями, однако стоимость таких систем, как и их обслуживание, высока. Оптоэлектронные устройства сортировки развиваются более стремительно благодаря внедрению новых типов камер, процессоров и программного обеспечения.



Рисунок 3 – Сортировщик для картофеля/моркови – Oculus – Key Technologies
(фото из открытых источников)

Растущий спрос на отечественную продукцию картофелеводства требует также модернизации складских комплексов; она может выражаться в более эффективных системах вентиляции и поддержании температурных режимов хранения. Дальнейшая модернизация систем вентиляции и поддержания температурных режимов позволяет повысить качество хранения картофеля в складских комплексах.

Библиографический список

1. Potato RUSSIA 2024: Инновации и перспективы картофельного рынка . Электронный ресурс. – URL: <https://potato-russia.com/tpost/xz4138ede1-potato-russia-2024-innovatsii-i-perspekt>
2. Актуальные вопросы совершенствования картофелеуборочной техники / А. А. Симдянкин, М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 114. – С. 985-1000.
3. Анализ современного уровня и обоснования эксплуатационно-технологических требований к картофелеуборочным машинам / И. А. Успенский, Г. К. Рембалович, А. А. Голиков, Д. А. Волченков // Инновационные направления и методы реализации научных исследований в АПК : Сборник научных трудов преподавателей и аспирантов Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева, Рязань, 05–06 августа 2012 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, 2012. – С. 35-39.

4. К вопросу соблюдения агротехнических требований при механизированной уборке картофеля / Г. К. Рембалович, А. И. Бойко, С. Н. Борячев, И. А. Успенский // Совершенствование средств механизации и мобильной энергетики в сельском хозяйстве : Сборник научных трудов посвященный 50-летию кафедр "Эксплуатация машинно-тракторного парка" и "Технология металлов и ремонт машин" инженерного факультета / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Рязанская Государственная сельскохозяйственная академия имени профессора П. А. Костычева. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2003. – С. 67-68.

5. Recent Research Progress on Key Technologies and Equipment for Mechanized Potato Harvesting / Caichao Liu [et al] // Agriculture. – 2025. - URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/15/7/675>

УДК 62-97/-98

*Корнилов И.А., студент 1 курса,
Юмаев Д.М., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СЕЯЛОК ФИРМЫ RÖTTINGER В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Современное растениеводство всё больше ориентируется на почвозащитные и ресурсоэффективные агроприемы. Они подразумевают прецизионное дозирование посевного материала при минимальном механическом воздействии на почвенный профиль. Формирование однородного растительного покрова и синхронизированной фенофазы прорастания напрямую зависит от эксплуатационно-технологических параметров посевного агрегата — прежде всего от стабильности удельного расхода семян и точности их размещения в заданном горизонте.

Классификация сеялок

По способу размещения семян выделяют рядовые, гнездовые, пунктирные и разбросные сеялки; выбор типа определяется культурой и принятой агротехнологией. По типу высевающего механизма различают механические (катушечные, ячейково-дисковые) и пневматические системы. Пневматические обеспечивают повышенную точность дозирования за счет контроля воздушного потока и электронной калибровки [1]. По функциональной интеграции сеялки делятся на монооперационные и комбинированные агрегаты, совмещающие посев с внесением удобрений. Последние позволяют сократить количество проходов техники и снизить уплотнение почвы.

Австрийский машиностроительный концерн Pöttinger Landtechnik занимает доминирующее положение на мировом рынке почвообрабатывающей и посевной техники. Его агрегаты широко апробированы в агроклиматических зонах Европы и стран СНГ.

Сеялка Pöttinger VITASEM A/F

Pöttinger VITASEM A/F — механический посевной агрегат в навесном (A) и фронтальном (F) исполнении, предназначенный для сплошного высева зерновых, масличных и кормовых культур. Модель комплектуется бункером объемом от 1500 до 3000 литров с системой «двойного дна», механическими катушечными высевающими аппаратами с нормой высева 5–400 кг/га и сошниками TerraDisc диаметром 450 мм. Прижим сошников регулируется в диапазоне 30–60 кг. Рабочая ширина захвата варьируется от 3,0 до 6,0 метров (12–24 секции), междурядье — от 12,5 до 25,0 см. Глубину заделки в пределах 1–5 см контролируют опорно-уплотнительные катки [2].

Ключевые агротехнические показатели агрегата: неравномерность высева не превышает 6–8 %, точность глубины — $\pm 0,5$ см, рабочая скорость составляет 8–15 км/ч. Благодаря механическому приводу от опорных колес и отсутствию пневмосистемы машина отличается низкой энергоемкостью (удельный расход топлива 1,8–2,2 л/га) и минимальными затратами на техническое обслуживание. Рама с параллелограммной навеской обеспечивает качественное копирование рельефа, что делает VITASEM A/F эффективным решением для интенсивных технологий на полях с неоднородной структурой почвенного покрова.



Рисунок 1 – Сеялка Pöttinger AEROSEM ADD/FDD
(материал взят из открытых источников)

Сеялка Pöttinger AEROSEM ADD/FDD

Сеялка Pöttinger AEROSEM ADD/FDD представляет собой пневматический посевной агрегат в навесном или прицепном исполнении. Она предназначена для высокоскоростного высева зерновых, масличных и бобовых культур в системах интенсивного и почвозащитного земледелия.

Модель оснащается центробежным вентилятором с электронной регулировкой и калиброванными высевными ячейками, которые обеспечивают норму высева от 5 до 400 кг/га. Система активного распределения ADD/FDD работает в паре с сошниками TerraDisc диаметром 450 мм, прижим которых регулируется гидравликой вплоть до 80 кг. Рабочая ширина захвата составляет от 4,0 до 9,0 м, глубина заделки семян — от 1 до 6 см. Управление агрегатом осуществляется через терминал Touchpoint или по протоколу ISOBUS.

Среди ключевых агротехнических показателей — неравномерность высева на уровне 4–6 % и точность заделки $\pm 0,3$ см. Рабочая скорость достигает 12–20 км/ч, а сменная производительность — до 80–120 га. Электронная система мониторинга контролирует норму высева с погрешностью не более ± 2 %, автоматически компенсирует влияние рельефа и проводит диагностику семяпроводов. При агрегатировании с тракторами класса 3,0–4,0 тс удельный расход топлива составляет 2,4–3,0 л/га. Дополнительная экономия достигается за счет сокращения времени операции и меньшего количества проходов по полю.

Пневматическая архитектура AEROSEM ADD/FDD особенно эффективна в системах Mini-Till, Strip-Till и при комбинированной обработке «в один проход». Универсальность дозирующего аппарата позволяет работать с культурами разной фракции — от рапса до гороха — без механической замены узлов, ограничиваясь лишь программной адаптацией. Интеграция с системами точного земледелия (GPS, карты дифференцированного высева) дает экономию семян до 8–12 % и повышает густоту продуктивных растений на 5–7 %. Это и определяет конкурентоспособность агрегата в сегменте высокопроизводительных посевных комплексов для крупных агропредприятий.



Рисунок 2 – Сеялка Pöttinger AEROSEM ADD/FDD
(материал взят из открытых источников)

Сеялка Pöttinger TERRASEM C/R представляет собой универсальный посевно-почвообрабатывающий агрегат прицепного исполнения. Она

рассчитана на технологии прямого посева (No-Till), минимальной обработки (Mini-Till) и комбинированные операции «в один проход».

В единой кинематической схеме агрегата объединены четырехрядный дисковый культиватор TerraDisc с дисками диаметром 450 мм, пневматическая система высева с центробежным вентилятором, создающим поток до 8000 м³/ч, двухдисковые сошники с гидравлическим прижимом до 100 кг и прикатывающий каток. Бункер объемом от 3000 до 6000 литров разделен на два отсека, что позволяет одновременно вносить семена и удобрения с независимым дозированием. Норма высева регулируется в диапазоне от 5 до 400 кг/га.

Рабочая ширина захвата составляет от 4,0 до 9,0 м. Глубина обработки почвы — 3–8 см, глубина заделки семян — 1–6 см. Управление агрегатом осуществляется через терминал Touchpoint или по протоколу ISOBUS.

Среди ключевых агротехнических показателей — неравномерность высева на уровне 5–7 %, точность заделки семян $\pm 0,4$ см, удобрений $\pm 0,6$ см. Рабочая скорость достигает 8–15 км/ч, сменная производительность — 60–100 га. Электронная система мониторинга контролирует норму высева с погрешностью не более ± 2 %, автоматически компенсирует влияние рельефа и поддерживает дифференцированное внесение по картам-заданиям. При агрегатировании с тракторами класса 4,0–5,0 тс удельный расход топлива составляет 3,2–4,0 л/га. Совокупная экономия ресурсов может достигать 25–35 % за счет сокращения количества проходов по полю и времени выполнения операции.

В технологическом плане TERRASEM C/R позиционируется как флагманская модель для систем No-Till, Strip-Till и регенеративного земледелия. За один проход агрегат выполняет рыхление, внесение удобрений, посев и прикатывание, что делает его особенно востребованным в хозяйствах, ориентированных на снижение механического воздействия на почву.



Рисунок 3 – Сеялка Pöttinger TERRASEM C/R
(материал взят из открытых источников)

Универсальность пневматического дозирования позволяет работать с культурами различной фракции (зерновые, масличные, бобовые, сидераты) и гранулированными удобрениями без механической переналадки. Интеграция с системами точного земледелия (GPS, дифференцированное внесение, IoT) обеспечивает экономию семян и удобрений до 10–15 %, снижение уплотнения почвы на 40–50 % и повышение коэффициента использования рабочего времени до 0,85–0,90, что детерминирует конкурентоспособность агрегата в сегменте многофункциональных комплексов для ресурсосберегающих технологий крупномасштабного агропроизводства [4].

Таким образом, сеялки Pöttinger представляют собой высокотехнологичные инженерные решения, полностью соответствующие современным требованиям интенсивного, почвозащитного и цифрового земледелия, а их грамотное применение способствует повышению продуктивности агроценозов, сохранению почвенного плодородия и оптимизации операционных затрат в условиях устойчивого развития сельского хозяйства.

Библиографический список

1. Study of Combined Tool Tiller Modes Intended for Graded Tillage FME / B. Nuralin [and etc.] // Transactions - 2021. - 49(2). - P. 463-471.
2. The working part of a reversible plough: design and experiments/B. Nuralin [and etc.] // Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science - 2020. - 70(8). - P. 679-685.
3. Технология механизированных работ в сельском хозяйстве / Л. И. Высочкина [и др.]. - СПб.: Лань. - 2020. - С.288.
4. Сельскохозяйственные машины: учеб. пособ. / С. Н. Алейник [и др.]. - Белгород.: БелГАУ им. В. Я. Горина, - 2020. - С.357.
5. Разработка теоретических положений по распознаванию класса технического состояния техники / И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев, И. Н. Николотов, С. Н. Гусаров // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств : Материалы XV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора Игоря Николаевича Арина, Владимир, 20–22 ноября 2013 года / Под общей редакцией А.Г. Кириллова. – Владимир: Владимирский государственный университет, 2013. – С. 110-113.
6. Особенности применения тракторного транспорта в технологических процессах по возделыванию сельскохозяйственных культур / Н. В. Аникин, Г. Д. Кокорев, А. Б. Пименов [и др.] // Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики : Материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора А.М.Гуревича. Сборник научных трудов, Киров, 01 января – 31 2010 года. Том Выпуск 11. – Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. – С. 45-49.

7. Патент на полезную модель № 81152 U1 Российская Федерация, МПК В62D 37/00. Устройство для стабилизации положения транспортного средства : № 2008139805/22 : заявл. 07.10.2008 : опубл. 10.03.2009 / С. В. Минякин, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] ; заявитель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт механизации агрохимического и материально-технического обеспечения сельского хозяйства.

8. Исследование работы измельчителя воскового сырья / Д. Н. Бышов, И. А. Успенский, Д. Е. Каширин [и др.] // Сельский механизатор. – 2015. – № 8. – С. 28-29.

9. Патент на полезную модель № 105233 U1 Российская Федерация, МПК В60Р 1/28. Самосвальный кузов транспортного средства для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции : № 2010119314/11 : заявл. 13.05.2010 : опубл. 10.06.2011 / Г. К. Рембалович, Е. П. Булатов, Г. Д. Кокарев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

10. Сидоров, А. А. Некоторые особенности перевозки сельскохозяйственной продукции и удобрений / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. С. Колотов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 6-12.

11. Проблемы и технические решения использования высокопроизводительной сельскохозяйственной техники / А. С. Колотов, А. И. Ушанев, М. А. Липатова, А. А. Кутыраев // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных процессов в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина, Рязань, 24 мая 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 83-91.

12. Патент на полезную модель № 188276 U1 Российская Федерация, МПК А01С 7/04. Пневматический высевающий аппарат : № 2018139433 : заявл. 07.11.2018 : опубл. 04.04.2019 / В. И. Хижняк, А. Ю. Несмиян, Э. И. Нуриев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Донской ГАУ).

13. Лимаренко, Н. В. Текущая ситуация в России и ожидания участников рынка сельскохозяйственной техники / Н. В. Лимаренко, А. И. Ушанев, Д. А. Краснобаев // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации : Материалы 72-й международной научно-практической конференции, Рязань, 20 апреля 2021 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 261-264.

14. Сидоров, А. А. О продлении срока эксплуатации сельскохозяйственных агрегатов / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. И. Ушанев // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 137-143.

15. Безопасность транспортных перевозок / А. И. Ушанев, О. В. Филюшин, А. А. Желтоухов [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 300-306.

16. Исследование параметров современных систем внесения жидких удобрений на основании анализа форсунок-распылителей / Д. М. Юмаев, Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко, А. В. Ерохин // Инновационные решения в области развития транспортных систем и дорожной инфраструктуры, Рязань, 27 октября 2022 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» Автодорожный факультет Инженерный факультет – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 335-340.

17. Sprinkler speed influence on soil substrate erosion / G. V. Olgarenko, A. I. Ryazantsev, A. V. Kuznetsov [et al.] // EurAsian Journal of BioSciences. – 2019. – Vol. 13, No. 2. – P. 1221-1224.

18. Агрегат для высева семян в биоконтейнерах / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина, В. А. Макаров // Сельский механизатор. – 2011. – № 9. – С. 10-11.

19. Старовойтов, В. И. Расширить рамки реализации национального проекта "Развитие АПК / В. И. Старовойтов // Картофель и овощи. – 2007. – № 4. – С. 12-14.

СЕКЦИЯ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

УДК 629.11

*Ершова В.А., студент 3 курса
специальности 36.05.01 Ветеринария,
Терентьев В.В., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Современная автомобильная промышленность представляет собой сложный многопрофильный комплекс, интегрирующий в себе различные технологические процессы: от штамповки и сварки кузовов до окраски и финальной сборки готовых изделий. Столь многообразное производство неизбежно сопряжено с воздействием на работников целого спектра вредных и опасных факторов, что обуславливает высокую актуальность эффективной организации безопасности труда. Обеспечение сохранения жизни и здоровья персонала является не только моральным и правовым императивом для работодателя, но и ключевым условием стабильности технологического процесса, повышения производительности и конкурентоспособности предприятия в целом. В условиях ужесточающегося законодательства и развития производственных технологий система охраны труда в автомобилестроении претерпевает значительную эволюцию, переходя от формального соблюдения нормативных предписаний к построению целостной культуры безопасности [1, с.140].

Нормативно-правовую основу организации безопасности труда на автомобильном транспорте и в смежных производствах составляют межотраслевые и отраслевые правила. Ключевым документом здесь выступают «Правила по охране труда на автомобильном транспорте», утвержденные приказом Минтруда России № 871н. Этот нормативный акт устанавливает государственные требования, обязательные для исполнения работодателями — как юридическими лицами, так и индивидуальными предпринимателями.

Документ детально регламентирует широкий спектр производственных процессов: слесарные, сварочные, кузнечно-прессовые, окрасочные и шиномонтажные работы, а также работы с повышенной опасностью, требующие оформления наряда-допуска. Помимо указанных правил, правовую базу дополняют иные нормативные акты, содержащие государственные требования охраны труда, а также техническая документация организаций-изготовителей оборудования и транспортных средств.

Важно отметить, что действие указанных правил распространяется не только на автотранспортные предприятия, но и на соответствующие подразделения заводов автомобильной промышленности [2].

Фундаментом любой системы безопасности является идентификация, оценка и минимизация профессиональных рисков. Автомобилестроение характеризуется комплексным и сочетанным воздействием неблагоприятных факторов на работников различных профессий. Результаты гигиенических исследований, проведенных на современных автопроизводственных предприятиях, показывают, что условия труда значительной части работников могут быть отнесены к вредным классам (класс 3) первой-второй степени. Среди физических факторов доминируют повышенный уровень шума и локальная вибрация. Например, у работников, занятых обслуживанием оборудования и на кузовных участках, уровни шума могут соответствовать классу 3.2, а вибрации - классу 3.1. Химический фактор проявляется в воздействии аэрозолей фиброгенного действия, сварочных аэрозолей, содержащих токсичные металлы, паров растворителей и лакокрасочных материалов (класс 3.1). Не менее значимыми являются тяжесть и напряженность трудового процесса: вынужденная рабочая поза, физические перегрузки при выполнении сборочных операций и высокая нервно-психическая нагрузка у водителей технологического транспорта и операторов сложных агрегатов. Специальная оценка условий труда (СОУТ) служит ключевым инструментом для объективной квалификации вредных факторов и разработки целенаправленных профилактических мероприятий [3, с. 60].

Современная организация безопасности труда всё больше смещает акцент с реагирования на уже произошедшие инциденты в сторону проактивного управления профессиональными рисками. Речь идет не просто о констатации наличия вредного фактора, а о прогнозировании вероятности развития профессиональных заболеваний. Исследования указывают на умеренный риск возникновения профессиональной патологии у работников автопрома. Наиболее характерны здесь вибрационная болезнь, нейросенсорная тугоухость, а также хронические интоксикации и заболевания органов дыхания, связанные с воздействием химического фактора.

Для количественной оценки таких рисков применяются интегральные показатели, которые учитывают одновременно вероятность возникновения заболевания и тяжесть его течения. Полученная информация ложится в основу планирования мероприятий по снижению рисков — от технических решений до подбора средств индивидуальной защиты [3, с. 62].

Техническое и организационное обеспечение безопасности охватывает все этапы производства. На уровне инфраструктуры предъявляются строгие требования к территории предприятия: разработка схематических планов движения транспорта и пешеходов, разделение транспортных и людских потоков, освещение территории и производственных зон, нанесение разметки в местах хранения техники. Производственные участки, такие как окрасочные, аккумуляторные, сварочные, должны соответствовать строгим санитарно-гигиеническим нормам и требованиям, взрыво- и пожаробезопасности, для чего предусматриваются отдельные помещения с соответствующими системами вентиляции и хранения материалов. Критически важным элементом является обеспечение безопасности при ремонте и обслуживании оборудования. Здесь

внедряется процедура LOTO (Lockout/Tagout) - система блокировки и маркировки источников энергии, которая гарантирует, что оборудование будет обесточено, механическая энергия снята, а пуск невозможен на время проведения работ, что исключает риск травматизма от несанкционированного включения [4, с.64].

Однако, даже самая совершенная техническая база не гарантирует безопасности без сформированной культуры безопасного труда, ключевым элементом которой выступает обучение персонала. Традиционные инструктажи, зачастую носящие формальный характер, не всегда позволяют работнику в полной мере осознать реальные опасности производства и освоить алгоритмы безопасных действий. Инновационным ответом на этот вызов становится создание корпоративных практических школ безопасности. Ярким примером служит опыт АО «АВТОВАЗ», где была организована тренировочная площадка на действующем производстве. Здесь смоделированы типичные опасные зоны: роботизированная ячейка с процедурой LOTO, участок с ограниченной видимостью для водителей погрузчиков, пешеходная инфраструктура. Обучение в игровом, интерактивном формате, с использованием списанного оборудования и под руководством подготовленных тренеров из числа специалистов и производственников, позволяет отработать практические навыки безопасной работы. Такой подход, как показывает практика, способствует быстрому вовлечению персонала, повышению его мотивации и, в конечном счете, ведет к существенному снижению количества небезопасных ситуаций и несчастных случаев [5].



Рисунок 1 – Цифровой мониторинг безопасности: дистанционный контроль соблюдения норм охраны труда в реальном времени

Важнейшим резервом повышения эффективности системы охраны труда является использование современных цифровых технологий. Законодательство уже допускает ведение документооборота по охране труда в электронном виде с использованием электронной подписи, что упрощает административные процедуры. Более того, работодатель вправе применять системы

дистанционного контроля за безопасным производством работ, включая видео- и аудиофиксацию технологических процессов (рис.1). Перспективным направлением является автоматизация процессов планирования и выдачи средств индивидуальной защиты на основе данных о размерном ряде сотрудников, а также применение нейросетевого моделирования для прогнозирования и оценки профессиональных рисков, что позволяет выявлять скрытые закономерности производственного травматизма [6, с.35].

Таким образом, организация безопасности труда в автомобильной промышленности сегодня представляет собой динамично развивающуюся, многоуровневую систему. Она базируется на строгом соблюдении правовых норм, объективной и детальной оценке профессиональных рисков с использованием инструментов СОУТ и гигиенических исследований, а также на внедрении передовых инженерно-технических решений. Решающим фактором, определяющим успешность всей системы, становится человеческий - формирование устойчивой культуры безопасности через инновационные форматы обучения и вовлечения персонала. Интеграция цифровых технологий в процессы управления охраной труда открывает новые возможности для мониторинга, анализа и прогнозирования, позволяя вывести безопасность производственной среды на качественно иной уровень, где приоритет сохранения жизни и здоровья работника неразрывно связан с эффективностью и устойчивостью самого производства.

Библиографический список

1. Баянов, П. И. Специальная оценка условий труда на автотранспортном предприятии / П. И. Баянов, Л. Г. Деменкова // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов XV Всероссийской научно-практической конференции. — Томск: Изд-во ТПУ, 2024. - С. 139-141.
2. Приказ Минтруда России от 09.12.2020 № 871н «Об утверждении Правил по охране труда на автомобильном транспорте»
3. Workplace Hazards and Occupational Risk Assessment for Automotive Industry Workers / E. T. Valeeva, R. R. Galimova, A. A. Distanova et al. // Public Health and Life Environment. - 2024. - С. 58-65.
4. Актуальные вопросы гигиены труда работников автотранспортного подразделения горно-обогатительного комбината / Э. Р. Шайхлисламова, Н. А. Бейгул, Л. К. Каримова и др. // Безопасность труда в промышленности. - 2024. - № 12. - С. 61–66.
5. Практическая школа безопасности для эффективного обучения работников. Кейс АО «АВТОВАЗ» // EcoStandard.journal. - 2024. - URL: <https://journal.ecostandard.ru/ot/cases/prakticheskaya-shkola-bezopasnosti-dlya-effektivnogo-obucheniya-rabotnikov-keys-ao-avtovaz/> (дата обращения: 04.03.2026).
6. Новорай, Ю. В. Минимизация вредных и опасных факторов производственного процесса на машиностроительном предприятии / Ю. В.

Новорай, В. В. Кудинов // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. – 2024. – № 2. – С. 33-36.

7. Разработка нового средства для защиты сельскохозяйственных машин при хранении / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский, И. В. Фадеев // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 6(264). – С. 38-42.

8. Внедрение инноваций в агропромышленный сектор -ключ к развитию экономики России / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, П. С. Звягинцев [и др.] // Международный технико-экономический журнал. – 2015. – № 4. – С. 36-40.

9. Безопасность транспортных перевозок / А. И. Ушанев, О. В. Филюшин, А. А. Желтоухов [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 300-306.

УДК 632.9

*Маслова Л.А., канд. техн. наук,
Борычев В.С., студент,
Щур А.С., студент,
Белозеров А.И., студент
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

ВЛИЯНИЕ ФИТОПАТОГЕНОВ НА КАРТОФЕЛЬ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ

Среди грибных заболеваний наибольшее распространение и экономическую значимость имеет фитофтороз, вызываемый патогеном рода *Phytophthora*. Фитофтороз, на мой взгляд, остается одним из наиболее показательных примеров того, насколько быстро фитопатоген может изменить состояние посевов при совпадении благоприятных факторов среды. Его распространение трудно контролировать именно из-за высокой скорости развития: в условиях повышенной влажности и умеренных температур инфекционный процесс разворачивается практически лавинообразно. По наблюдениям, уже в течение нескольких суток после первичного заражения заметно снижается активность листового аппарата, что напрямую отражается на интенсивности фотосинтеза. Если рассматривать альтернариоз, то его поведение в агроценозе выглядит несколько иначе, хотя последствия в ряде случаев оказываются не менее значительными. В отличие от фитофтороза, он активнее развивается при повышенных температурах и дефиците влаги, то есть в условиях, которые сами по себе уже являются стрессовыми для растения. Я бы отметил, что в засушливые периоды именно альтернариоз нередко становится определяющим фактором снижения урожайности. Поражение

листьев приводит к их преждевременному отмиранию, вследствие чего сокращается продолжительность активной вегетации. Это, в свою очередь, ограничивает накопление сухого вещества в клубнях. Таким образом, даже при относительно благоприятной агротехнике культура не реализует свой потенциальный уровень продуктивности, поскольку физиологические процессы оказываются нарушенными на критических этапах развития.

Бактериальные заболевания представляют иную, во многом более скрытую угрозу. Такие инфекции, как черная ножка и кольцевая гниль, не всегда проявляются сразу, что, на мой взгляд, и является их ключевой опасностью. Возбудитель способен сохраняться в посадочном материале длительное время, не вызывая выраженных симптомов, и тем самым остается незамеченным на этапе отбора клубней. В дальнейшем такие клубни становятся источником заражения уже в полевых условиях. По сути, инфекция распространяется вместе с самим материалом для посадки, что делает локализацию очага крайне затруднительной. Практика показывает, что именно недооценка этой особенности чаще всего приводит к накоплению инфекции и последующим потерям, особенно в хозяйствах, где используется собственный семенной фонд без строгого фитосанитарного контроля.

Вирусные заболевания формируют отдельную группу факторов, влияние которых проявляется менее резко, но более пролонгированно. Мозаики, скручивание листьев и другие вирусные инфекции, как правило, не вызывают мгновенной гибели растений, однако системно угнетают их рост и развитие. Основная проблема, как мне представляется, заключается в их способности накапливаться в посадочном материале. С каждым последующим циклом репродукции степень поражения увеличивается, и в какой-то момент это приводит к заметному снижению урожайности и ухудшению качества продукции. При этом сам процесс вырождения развивается постепенно, без выраженных скачков, что нередко приводит к его недооценке. Фактические последствия становятся очевидными лишь спустя несколько сезонов, когда восстановить исходный уровень продуктивности уже значительно сложнее.

Если рассматривать влияние фитопатогенов на уровне физиологии растения, становится заметно, что их воздействие носит не локальный, а системный характер. Прежде всего, страдает листовой аппарат, а значит - и фотосинтетическая деятельность. Снижение интенсивности фотосинтеза напрямую ограничивает синтез органических веществ, которые необходимы для формирования клубней. На практике это проявляется достаточно быстро: даже при внешне умеренном поражении растения начинают отставать в развитии. Дополнительно осложняет ситуацию повреждение проводящих тканей, из-за чего нарушается перемещение воды и элементов питания. В результате растение оказывается в состоянии двойного стресса - как энергетического, так и водно-минерального. На мой взгляд, именно совокупность этих нарушений объясняет, почему даже относительно слабое заражение может приводить к ощутимому снижению, как урожайности, так и качества продукции.

Ситуация усугубляется тем, что в современных условиях сами системы земледелия все чаще способствуют распространению заболеваний. Уплотнение севооборотов, ориентация на ограниченное число высокопродуктивных сортов, а также колебания климатических параметров создают среду, в которой патогены распространяются быстрее и устойчивее закрепляются в агроценозе. Если сопоставить эти факторы, становится, очевидно, что проблема выходит за рамки отдельных полей или сезонов и приобретает устойчивый характер. Именно поэтому, как мне представляется, защита растений уже не может рассматриваться как набор разрозненных мероприятий - она требует системного и заранее выстроенного подхода.

В основе такой системы, как показывает практика, лежит правильный выбор сорта. Использование генетически устойчивых форм позволяет изначально снизить уровень поражения, даже при наличии инфекции в окружающей среде. При этом важно понимать, что устойчивость не является универсальной характеристикой: она зависит от конкретных рас патогена и может существенно различаться в разных регионах. Иными словами, сорт, хорошо зарекомендовавший себя в одних условиях, не всегда будет столь же эффективен в других. Поэтому выбор посадочного материала, на мой взгляд, должен опираться не только на его потенциальную урожайность, но и на соответствие локальной фитосанитарной обстановке. Такой подход позволяет не устранять последствия, а изначально снижать риски развития заболеваний.

Качество посадочного материала, на мой взгляд, является тем исходным фактором, который во многом определяет дальнейшее развитие фитосанитарной ситуации на поле. Использование сертифицированных семенных клубней, прошедших контроль и не содержащих инфекции, позволяет существенно снизить риски уже на начальном этапе. Однако ограничиваться только этим, как показывает практика, недостаточно. Даже при использовании качественного и проверенного посадочного материала полностью исключить риск заражения, как показывает практика, не удастся. Источники инфекции сохраняются в окружающей среде - в почве, на растительных остатках, а также переносятся насекомыми и другими биологическими агентами. В результате первично здоровые растения могут вовлекаться в инфекционный процесс уже в ходе вегетации. По этой причине регулярное наблюдение за состоянием посевов приобретает не формальный, а прикладной характер: своевременное выявление начальных симптомов позволяет не только зафиксировать факт заражения, но и оперативно скорректировать применяемые меры защиты. На мой взгляд, именно ранняя диагностика во многом определяет эффективность всей последующей системы мероприятий.

Если рассматривать агротехнические приемы более детально, становится очевидно, что их роль выходит за рамки базового обеспечения условий роста. Несмотря на это, в практической земледелии их значение нередко воспринимается как второстепенное. Между тем именно они формируют ту среду, в которой развивается агроценоз и, соответственно, определяется его устойчивость к патогенам. Такие элементы, как соблюдение севооборота,

выбор оптимальных сроков посадки, регулирование густоты стояния растений и организация сбалансированного питания, действуют во взаимосвязи и усиливают эффект друг друга.

В частности, чередование культур позволяет ограничить накопление специфических патогенов в почве, фактически прерывая их жизненный цикл. Одновременно с этим рационально выстроенная система минерального питания способствует укреплению физиологического состояния растений, повышая их устойчивость к неблагоприятным факторам. В результате растения оказываются менее восприимчивыми к инфекционному давлению. Таким образом, агротехнические мероприятия, на мой взгляд, следует рассматривать не только как инструмент формирования урожая, но и как один из ключевых элементов защиты, влияющий на фитосанитарное состояние посевов в целом.

Химические методы защиты по-прежнему остаются одним из наиболее действенных инструментов, особенно в условиях высокой инфекционной нагрузки. Применение фунгицидов и бактерицидов позволяет оперативно сдерживать развитие патогенов, однако эффективность этих мер во многом зависит от точности их использования. Избыточные или несвоевременные обработки, как показывает опыт, не только не дают ожидаемого результата, но и могут привести к формированию устойчивых форм патогенов. Дополнительно следует учитывать и экологический аспект, поскольку чрезмерная химическая нагрузка негативно влияет на агроэкосистему в целом. В этой связи ключевым становится принцип обоснованного применения препаратов, основанный на мониторинге и прогнозировании развития заболеваний, а не на их использовании «по графику».

В последние годы заметно усилился интерес к биологическим методам защиты, что, на мой взгляд, является закономерной реакцией на ограничения химического подхода. Использование антагонистических микроорганизмов и биопрепаратов позволяет не только сдерживать развитие патогенов, но и формировать более устойчивую и сбалансированную микробиологическую среду. При этом их эффективность наиболее полно проявляется не в изолированном применении, а в сочетании с другими методами. Именно интеграция биологических и химических средств, на мой взгляд, формирует основу современных систем защиты, ориентированных не только на результат, но и на устойчивость агропроизводства.

Библиографический список

1. Щур, А. С. Способы хранения клубней картофеля: обзор и сравнительный анализ эффективности / А. С. Щур, Е. А. Попова, Р. В. Чернышов // Молодёжная наука для решения актуальных задач АПК : Всероссийский молодёжный научный форум, посвященный 45-летию Студенческого конструкторского бюро ФГБОУ ВО РГТУ, Рязань, 20–21 февраля 2025 года. – Рязань: РГТУ, 2025. – С. 127-133.

2. Цена на картофель: факторы роста и способы снижения / Р. В. Чернышов, И. О. Долгов, А. С. Щур [и др.] // Современное состояние и

перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации, Рязань, 29 января 2025 года. – Рязань: РГАТУ, 2025. – С. 158-163.

3. Чернышов, Р. В. Минимизация механических повреждений картофеля: обзор факторов, технологий и стратегий / Р. В. Чернышов, А. С. Щур, А. А. Маркушов // Молодежь и XXI век - 2025 : сборник научных статей 14-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 20–21 февраля 2025 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 288-292.

4. Щур, А. С. Способы уборки клубней картофеля: обзор, сравнительный анализ и тенденции развития / А. С. Щур, Е. А. Попова, С. С. Лучкова // Молодежь и XXI век - 2025 : сборник научных статей 14-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 20–21 февраля 2025 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 299-303.

5. Пути повышения эффективности производства и хранения картофеля / Е. А. Лазарев, А. С. Щур, А. А. Маркушов, Е. А. Попова // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве, Рязань, 26 марта 2025 года. – Рязань: РГАТУ, 2025. – С. 49-54.

6. Цена на картофель: факторы роста и способы снижения / Р. В. Чернышов, И. О. Долгов, А. С. Щур [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве, Рязань, 26 марта 2025 года. – Рязань: РГАТУ, 2025. – С. 55-60.

7. Минимизация механических повреждений картофеля: обзор факторов, технологий и стратегий / Л. А. Маслова, Р. В. Чернышов, И. О. Долгов, А. С. Щур // Молодёжная наука для решения актуальных задач АПК : Всероссийский молодёжный научный форум, посвященный 45-летию юбилею Студенческого конструкторского бюро ФГБОУ ВО РГАТУ, Рязань, 20–21 февраля 2025 года. – Рязань: РГАТУ, 2025. – С. 86-92.

8. Борячев, С. Н. Основы теоретических исследований картофеля / С. Н. Борячев, А. Ф. Владимиров, Д. В. Колошеин // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-ой Международной науч.-практ. конференции, посвященной Году экологии в России, Рязань, 26-27 апреля 2017 года / МСХ РФ; ФГБОУ ВО "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". Том Часть II. - Рязань: РГАТУ, 2017. - С. 59-63.

9. Патент № 2732641 С2 Российская Федерация, МПК А01F25/14, А01F25/22, В65D85/34 Контейнер для хранения корнеплодов и картофеля: № 2019103119: заявл. 04.02.2019: опубл. 22.09.2020 / С.Н. Борячев, Д.В. Колошеин, Л.А. Маслова [и др.]; заявитель ФГБОУ ВО "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

10. Колошеин, Д.В. Снижение потерь картофеля и энергопотребления системы вентиляции картофелехранилища совершенствованием воздуховода дисс. канд. техн. наук /Д.В. Колошеин - Рязань, 2017. -132 с.

11. Патент на полезную модель № 183361 U1 Российская Федерация, МПК Е04Н 5/08. Хранилище сельскохозяйственной продукции: № 2018112101: заявл. 03.04.2018: опубл. 19.09.2018 / С. Н. Борячев, И. А. Успенский, Д. В. Колошеин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ).

12. Манохина, А. А. Методика выращивания топинамбура / А. А. Манохина, О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России : Сборник статей Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященная 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА, Пенза, 27–28 октября 2016 года. Том II. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – С. 160-162.

13. Старовойтов, В. И. Расширить рамки реализации национального проекта "Развитие АПК / В. И. Старовойтов // Картофель и овощи. – 2007. – № 4. – С. 12-14.

14. Механизация уборки и хранения клубнеплодов / О. А. Старовойтова, А. А. Манохина, В. И. Старовойтов [и др.]. – Москва : Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2018. – 102 с.

15. Переработка картофеля - стратегический путь развития картофелеводства России / Е. А. Симаков, Б. В. Анисимов, В. И. Старовойтов [и др.]. – Москва : ООО "Техноэликс", 2006. – 154 с.

16. Манохина, А. А. Использование нетрадиционных сельскохозяйственных культур для повышения продовольственной безопасности / А. А. Манохина, О. А. Старовойтова // 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.. Том Часть III. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2015. – С. 233-237.

17. Старовойтова, О. А. Инновационная грядочная технология выращивания топинамбура и картофеля / О. А. Старовойтова // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2015. – № 1(65). – С. 11-14.

18. Способ контроля скрытых повреждений клубней картофеля / М. Ю. Костенко, Н. В. Бышов, С. Н. Борычев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 120. – С. 1166-1187.

19. Алгоритм сохранения качества плодоовощной продукции при уборочно-транспортных работах / И. А. Успенский, И. А. Юхин, С. В. Колупаев, К. А. Жуков // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 12. – С. 12-15.

20. Патент на полезную модель № 105233 U1 Российская Федерация, МПК В60Р 1/28. Самосвальный кузов транспортного средства для перевозки

легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции : № 2010119314/11 : заявл. 13.05.2010 : опубл. 10.06.2011 / Г. К. Рембалович, Е. П. Булатов, Г. Д. Кокарев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

21. Сидоров, Н. Д. Пути снижения потерь картофеля в период хранения / Н. Д. Сидоров, И. А. Успенский, А. С. Колотов // Актуальные вопросы применения инженерной науки : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 20 февраля 2019 года / Министерство сельского хозяйства РФ, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 302-306.

22. Сидоров, А. А. Некоторые особенности перевозки сельскохозяйственной продукции и удобрений / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. С. Колотов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 6-12.

УДК 631.243.42:621.58

*Колошеин Д.В., канд. техн. наук,
Борычев В.С., студент,
Долгов И.О., аспирант,
Маркушов А.А., преподаватель СПО
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО И АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМОВ ПРИ КОНТЕЙНЕРНОМ ХРАНЕНИИ КАРТОФЕЛЯ

Эффективность хранения картофеля во многом определяется тем, насколько равномерно в массе продукции распределяются температура, влажность и воздушные потоки. В период хранения вентиляция выполняет не только функцию отвода избыточного тепла, но и обеспечивает стабилизацию микроклимата, снижение риска образования зон переувлажнения, развития заболеваний и преждевременного ухудшения качества клубней. Поэтому организация воздухообмена является одним из ключевых факторов, влияющих на сохранность продукции и энергетическую эффективность хранилища.

На практике применяются различные способы размещения картофеля в хранилище, среди которых наиболее распространены навалное и контейнерное хранение. Каждый из этих способов формирует собственную структуру движения воздуха и по-разному влияет на распределение аэродинамического

сопротивления. Если при навальном хранении поток проходит через относительно массу клубней, то при контейнерном размещении система становится более сложной за счёт наличия конструктивных элементов и свободных промежутков между ними.

В связи с этим при анализе работы вентиляционной системы важно учитывать не только общий расход воздуха, подаваемый в хранилище, но и характер его распределения внутри объёма продукции. Недостаточно равномерное прохождение воздуха приводит к тому, что часть картофеля охлаждается интенсивнее, а часть остаётся в менее благоприятных условиях. Особенно существенной эта проблема становится при переходе от навалного способа хранения к контейнерному, где геометрия штабеля и конструкция контейнеров оказывают заметное влияние на траектории движения потока.

При навальном хранении клубни в первом приближении описывается как непрерывная пористая область, в которой сопротивление потоку задается усредненными коэффициентами. Штабель устроен иначе. В нем возникают как минимум два уровня сопротивления: внутреннее сопротивление слоя клубней в отдельном контейнере и сопротивление перфорированных стенок, днища, паллетного просвета и межконтейнерных зазоров. Одновременно появляются обходные пути, по которым воздух может пройти к вытяжке, почти не участвуя в охлаждении продукции.

Таблица 1 – Различия навалного и контейнерного способа хранения

Признак	Навалный способ укладки	Контейнерный способ	Следствие для модели
Геометрия продукта	Единая пористая область	Множество дискретных объемов	Требуется явная геометрия контейнеров или эквивалентная многомасштабная модель
Пути воздуха	Преимущественно через насыпь	Через продукт, щели и паллетные каналы	Необходимо оценивать долю полезного и обходного расхода
Сопротивление	Усреднено по слоям	Зависит от перфорации, ориентации и загрузки	Нужна отдельная идентификация коэффициентов сопротивления
Тепловое поле	Непрерывные зоны	Локальные ядра в отдельных контейнерах	Контроль следует вести по рядам, ярусам и глубине контейнера
Эксплуатационные дефекты	Неравномерность насыпи	Смещение штабеля, закрытие отверстий, разные зазоры	Следует моделировать реальные допуски монтажа и заполнения

Таким образом, одинаковые температуры воздушного потока и суммарный расход воздуха могут давать принципиально разные поля скорости. В контейнерной схеме среднее состояние помещения способно выглядеть приемлемым, тогда как отдельные контейнеры или их внутренние зоны будут

испытывать дефицит теплоотвода. Именно эта неоднозначность делает самостоятельный расчет необходимым.

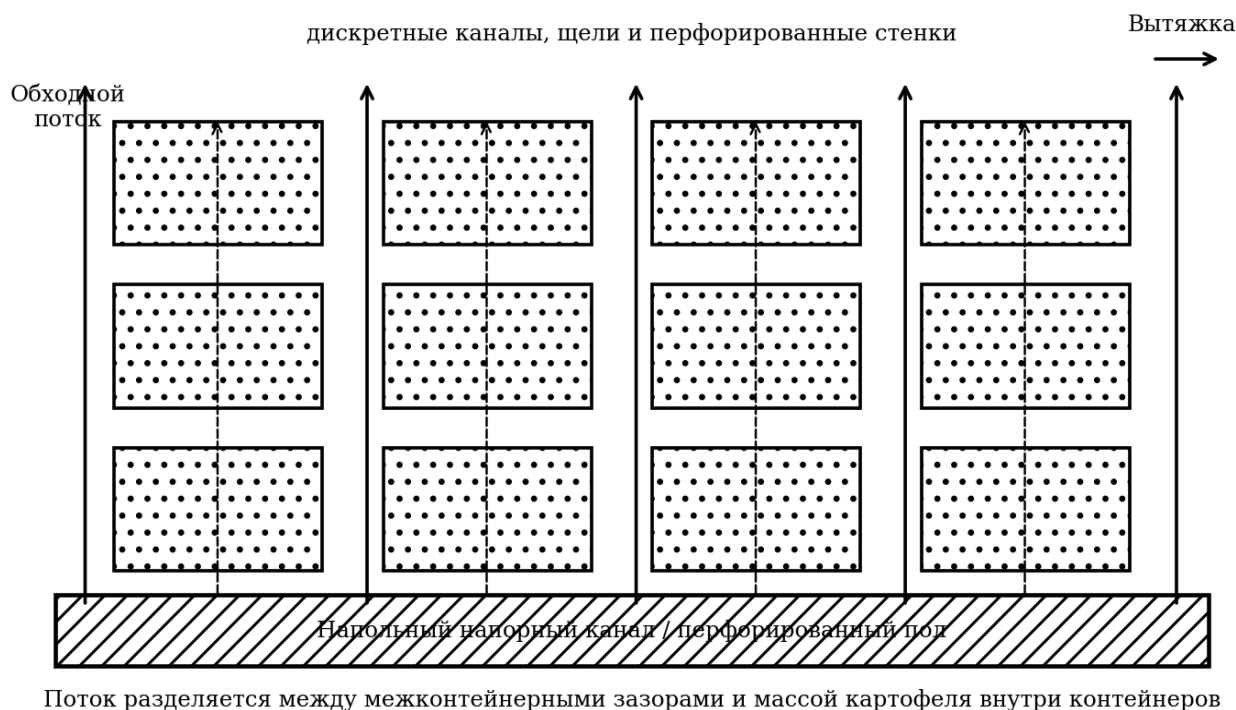


Рисунок 1 – Принципиальная схема разделения воздушного потока в контейнерном штабеле

Первая гипотеза состоит в том, что температурная неоднородность штабеля будет определяться не только высотой и удаленностью от воздухопроводов, но и положением конкретного контейнера в штабеле. Крайние ряды могут переохлаждаться за счет контакта с ограждениями и прямых воздушных каналов, тогда как центральные контейнеры способны формировать теплые ядра.

Вторая гипотеза связана с байпасом: увеличение межконтейнерного зазора не обязательно улучшает охлаждение картофеля, поскольку часть расхода может уйти в свободный канал.

Третья гипотеза касается вертикальной стратификации. В исходной навалной схеме положение воздухопроводов создавало выраженное охлаждение нижнего слоя, несмотря на рост пористости кверху. При хранении штабелем паллетные просветы усиливают этот эффект либо, напротив, направляет поток в вертикальные щели, что ослабляет продувку нижних контейнеров. Для выбора между этими сценариями требуется расчет поля давления и отдельный баланс расхода по каждому ряду.

Четвертая гипотеза состоит в сохранении обратной связи между локальной скоростью фильтрации и температурой, но коэффициент этой связи для контейнеров будет иным. Перфорированные стенки создают локальные струи, а внутренний слой картофеля перераспределяет их по объему. Поэтому

измерение только скорости в проходе между контейнерами не позволяет судить о фактической интенсивности обмена внутри продукта.

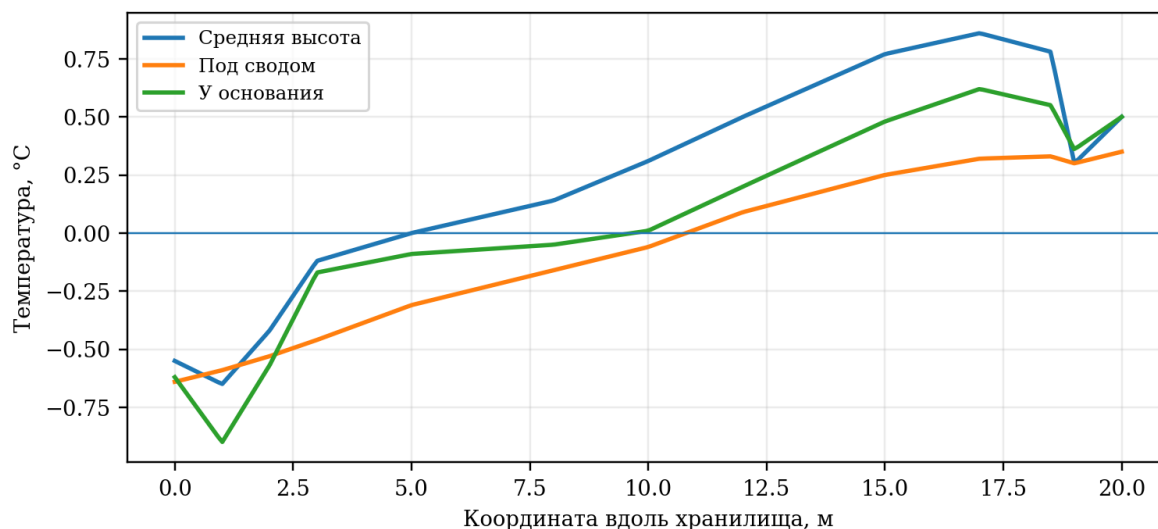


Рисунок 2 – Продольные температурные профили, реконструированные для навалной схемы

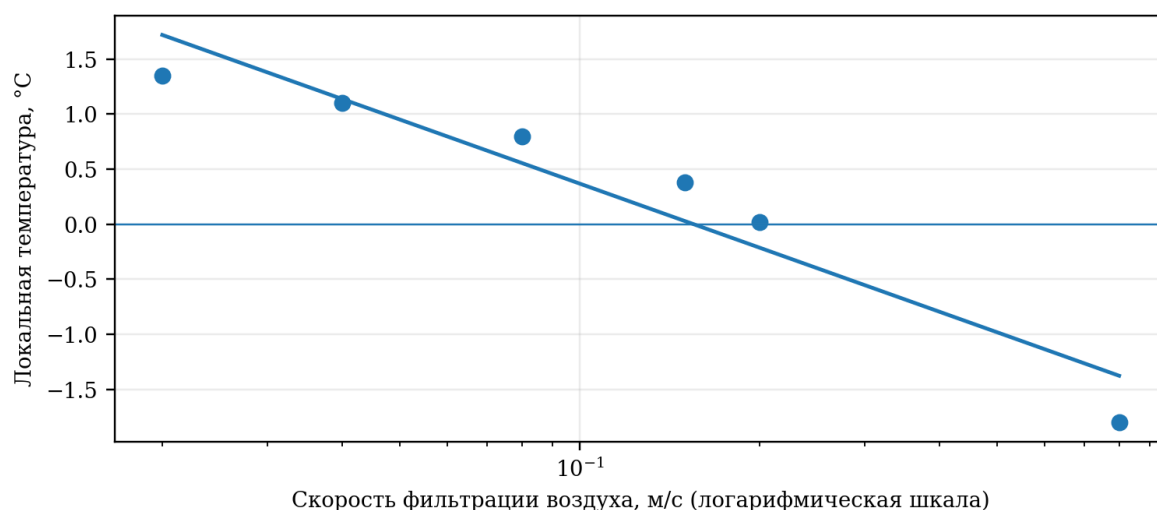


Рисунок 3 – Аналитическая реконструкция связи скорости фильтрации и локальной температуры для навалной схемы

Проведённый анализ показывает, что результаты исследований навалного хранения картофеля нельзя непосредственно переносить на контейнерный способ размещения продукции. Контейнерный штабель представляет собой сложную аэродинамическую систему, в которой воздух распределяется между массой клубней, перфорированными стенками и днищами контейнеров, паллетными просветами и межконтейнерными зазорами. Наличие обходных каналов может приводить к тому, что часть воздушного потока проходит к вытяжке, практически не участвуя в охлаждении картофеля.

Вследствие этого одинаковые значения температуры и общего расхода приточного воздуха не гарантируют равномерного температурно-влажностного режима во всех контейнерах. На характер теплообмена влияют положение контейнера в штабеле, размеры зазоров, степень заполнения, пористость картофельной массы, конструкция перфорации и расположение вентиляционных каналов. Наиболее вероятными являются образование недостаточно охлаждаемых зон в центральной части штабеля и локальное переохлаждение контейнеров, находящихся вблизи ограждений или основных воздушных потоков.

Для достоверной оценки данных процессов необходимо проведение самостоятельного численного и экспериментального исследования контейнерного хранения. Расчётная модель должна учитывать реальную геометрию штабеля, аэродинамическое сопротивление картофельной массы и контейнеров, внутреннее тепловыделение клубней, теплообмен с ограждениями и распределение расхода воздуха по отдельным рядам и ярусам. Экспериментальная проверка должна включать измерение температуры, влажности, скорости воздуха и перепада давления как в межконтейнерных пространствах, так и внутри продукции.

Полученные результаты позволят определить зоны недостаточного воздухообмена, установить рациональные параметры размещения контейнеров и режимы работы вентиляционной системы. Это создаст основу для снижения потерь картофеля, повышения равномерности охлаждения и уменьшения энергетических затрат при длительном хранении.

Библиографический список

1. Борычев, С. Н. Основы теоретических исследований картофеля / С. Н. Борычев, А. Ф. Владимиров, Д. В. Колошеин // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-ой Международной науч.-практ. конференции, посвященной Году экологии в России, Рязань, 26-27 апреля 2017 года / МСХ РФ; ФГБОУ ВО "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". Том Часть II. - Рязань: РГАТУ, 2017. - С. 59-63.

2. Патент № 2732641 С2 Российская Федерация, МПК А01F25/14, А01F25/22, В65D85/34 Контейнер для хранения корнеплодов и картофеля: № 2019103119: заявл. 04.02.2019: опубл. 22.09.2020 / С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин, Л.А. Маслова [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

3. Колошеин, Д. В. Снижение потерь картофеля и энергопотребления системы вентиляции картофелехранилища совершенствованием воздуховода : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Колошеин Дмитрий Владимирович. – Рязань, 2017. – 19 с.

4. Патент на полезную модель № 183361 U1 Российская Федерация, МПК E04H 5/08. Хранилище сельскохозяйственной продукции: № 2018112101: заявл. 03.04.2018; опубл. 19.09.2018 / С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский, Д. В. Колошеин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ).

5. Эффективность внедрения усовершенствованной энергосберегающей технологии хранения картофеля/ С.Н. Бoryчев, Н.В. Бышов, Д.В. Колошеин и [др.] //Сельский механизатор. -2016. -№ 11. -С. 16-17.

6. К вопросу об исследованиях по хранению картофеля/ С.Н. Бoryчев, А.Ф. Владимиров, Д.В. Колошеин и др. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. - 2019. - №2(42). - С.129-135.

7. Патент на полезную модель № 158787 U1 Российская Федерация, МПК E04H 5/08. Хранилище сельскохозяйственной продукции: № 2015102468/03: заявл. 26.01.2015; опубл. 20.01.2016 / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, В. Д. Липин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

8. Обзор экономической ситуации по хранению сельскохозяйственной продукции в РФ / С. Н. Бoryчев, Д. В. Колошеин, Л. А. Маслова [и др.] // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства: материалы Международной научно-практической конференции (Международные Бочкаревские чтения), посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР, академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. - Рязань, 2019 - С. 75-78

9. Колошеин, Д.В. Методика расчета систем активной вентиляции на основе проведенного лабораторного эксперимента при высоте насыпи картофеля 6 метров / Д.В. Колошеин, С.Н. Бoryчев, И.А. Успенский // Современные проблемы науки и образования. - 2015. - № 1. - С. 375.

10. Колошеин, Д.В. Разработка устройства и обоснование параметров усовершенствованного воздуховода картофелехранилища /Д.В. Колошеин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. -2017. -№ 3. -С. 123-127.

11. Колотов, А. С. Обоснование параметров почвозацепов дисков комбинированных подкапывающих органов картофелеуборочных машин : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Колотов Антон Сергеевич. – Рязань, 2015. – 22 с.

12. Проблемы и технические решения использования высокопроизводительной сельскохозяйственной техники / А. С. Колотов, А. И. Ушанев, М. А. Липатова, А. А. Кутыраев // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных процессов в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти

доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина, Рязань, 24 мая 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 83-91.

13. Юхин, И. А. Западно-европейские картофелеуборочные комбайны / И. А. Юхин, А. С. Колотов, А. И. Ушанев // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных процессов в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина , Рязань, 24 мая 2023 года. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С. 209-215.

14. Сидоров, А. А. Некоторые особенности перевозки сельскохозяйственной продукции и удобрений / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. С. Колотов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 6-12.

15. Факторы обеспечения качества погрузочно-разгрузочных работ и транспортировки сельскохозяйственной продукции / К. А. Дорофеева, А. С. Колотов, И. Н. Кирюшин, С. В. Колупаев // 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; ФГБОУВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2017. – С. 101-105.

16. Механизация уборки и хранения клубнеплодов / О. А. Старовойтова, А. А. Манохина, В. И. Старовойтов [и др.]. – Москва : Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2018. – 102 с.

17. Переработка картофеля - стратегический путь развития картофелеводства России / Е. А. Симаков, Б. В. Анисимов, В. И. Старовойтов [и др.]. – Москва : ООО "Техноэликс", 2006. – 154 с. – EDN YRGNET.

18. Старовойтова, О. А. Инновационная грядочная технология выращивания топинамбура и картофеля / О. А. Старовойтова // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2015. – № 1(65). – С. 11-14.

19. Патент на полезную модель № 105233 U1 Российская Федерация, МПК В60Р 1/28. Самосвальный кузов транспортного средства для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции : № 2010119314/11 : заявл. 13.05.2010 : опубл. 10.06.2011 / Г. К. Рембалович, Е. П. Булатов, Г. Д. Кокарев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное

учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

20. Алгоритм сохранения качества плодоовощной продукции при уборочно-транспортных работах / И. А. Успенский, И. А. Юхин, С. В. Колупаев, К. А. Жуков // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 12. – С. 12-15.

21. Способ контроля скрытых повреждений клубней картофеля / М. Ю. Костенко, Н. В. Бышов, С. Н. Борычев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 120. – С. 1166-1187.

22. Аникин, Н. В. Факторы влияющие на уровень повреждений перевозимой сельскохозяйственной продукции / Н. В. Аникин, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава и молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева : Материалы научно-практической конференции 2009 г., Рязань, 01 января – 31 2009 года. Том 1. – Рязань, 2009. – С. 18-20.

23. Бычков, В. В. Анализ исследований влияния различных факторов на сохранность овощей и фруктов при внутрихозяйственных перевозках / В. В. Бычков, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т. 30. – С. 463-469.

УДК 331.45

*Ершова В.А., студент 3 курса
специальности 36.05.01 Ветеринария,
Терентьев В.В., канд. техн. наук, доцент,
Тетерина О.А., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Современный агропромышленный комплекс представляет собой сложную, многоуровневую и интегрированную систему, являющуюся основой продовольственной безопасности государства. Данная система объединяет в единую технологическую цепочку разнородные и взаимосвязанные виды деятельности: от масштабного полевого земледелия и интенсивного животноводства до высокотехнологичных процессов первичной и глубокой переработки сырья, его длительного хранения в условиях контролируемой атмосферы и сложной логистической дистрибуции конечной продукции. Подобная многогранность и технологическая насыщенность неизбежно сопряжены с широким, полиструктурным спектром профессиональных рисков, что предопределяет исключительную актуальность, комплексный и междисциплинарный характер задач в области безопасности

жизнедеятельности. Организация безопасности на предприятиях АПК – это не просто совокупность разрозненных, зачастую формальных, мероприятий по соблюдению нормативных требований. Это целостная, динамичная система управления, научно обоснованная и стратегически выстроенная, направленная на систематическое выявление, оценку и минимизацию угроз для жизни и здоровья работников, обеспечение сохранности материальных ценностей и технологической целостности производства, а также на минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду. Успешность и эффективность данной системы управления рисками напрямую влияет не только на экономические показатели и устойчивость отдельных предприятий, но и на макроэкономическую стабильность и продовольственную независимость страны в целом [1, с.57].

В условиях интенсификации и технологической трансформации агропромышленного производства, связанных с внедрением роботизированных систем, точного земледелия, автоматизированных линий, биотехнологий и цифровых платформ управления, традиционные, зачастую ретроспективные подходы к охране труда, промышленной и пожарной безопасности требуют глубокой концептуальной модернизации. Возникают новые, ранее не характерные для отрасли риски, такие как киберугрозы для автоматизированных систем управления технологическими процессами, специфические эргономические проблемы при работе с человеко-машинными интерфейсами, психофизиологические нагрузки от монотонного контроля за автоматикой. Параллельно сохраняются и усугубляются классические опасности, обусловленные сезонностью, зависимостью от погодных факторов, использованием устаревшего парка техники на ряде предприятий, а также значительной долей низкоквалифицированного и мигрирующего труда, характеризующегося слабой интеграцией в культуру безопасности. Это создает уникальный вызов для специалистов по БЖД, вынуждая их синтезировать классические принципы охраны труда с методами менеджмента рисков, инженерными решениями нового поколения и инструментами поведенческой безопасности [2, с.116].

Основные опасности и профессиональные риски в агропромышленном комплексе носят полиструктурный характер. В сельскохозяйственном производстве доминируют риски, связанные с использованием машин и механизмов, такими как тракторы, комбайны, погрузчики. Статистика несчастных случаев указывает на значительную долю травм, полученных при обслуживании, ремонте и эксплуатации именно этой техники (рис.1), особенно в условиях дефицита времени в периоды посевной или уборочной кампаний. Не менее значимыми являются риски, обусловленные воздействием вредных и опасных физических факторов: повышенный уровень шума и вибрации от двигателей, запыленность воздуха при работе с почвой, кормами и зерном, неблагоприятный микроклимат в животноводческих помещениях и теплицах, воздействие химических веществ – пестицидов, агрохимикатов, дезинфектантов. Биологический фактор, включающий риск зооантропонозных заболеваний, аллергических реакций на пыль органического происхождения и

микроорганизмы, также составляет существенную угрозу для здоровья работников [3, с.54].



Рисунок 1 – Эксплуатация машинно-тракторного парка в период уборочной кампании: зона повышенного риска травматизма

На перерабатывающих предприятиях АПК спектр опасностей смещается в сторону типично промышленных: это риски, связанные с эксплуатацией сложного технологического оборудования (линии убоя и разделки, пастеризации, фасовки), использование быстродвижущихся частей, горячих поверхностей, пара, повышенное давление в коммуникациях. Большую проблему представляют скользкие поверхности из-за попадания воды, масел, органических остатков, что повышает риск падений. Работы в условиях пониженных температур в холодильных камерах предъявляют особые требования к организации труда и спецодежде. Повсеместное использование моющих и дезинфицирующих средств требует строгого контроля за химической безопасностью. Таким образом, организация безопасности на АПК должна строиться на основе глубокого и непрерывного анализа всех идентифицированных рисков с учетом специфики каждого производственного участка и сезонности работ [4, с.77].

Современная парадигма организации безопасности в АПК базируется на принципах процессного и системного подходов. Ключевым инструментом является система управления охраной труда, соответствующая требованиям национального законодательства, в частности, Типовому положению, утвержденному приказом Минтруда России. Однако эффективность СУОТ существенно повышается при ее интеграции с системами экологического менеджмента и промышленной безопасности, что формирует комплексную систему управления рисками предприятия. Центральным элементом организации является процедура специальной оценки условий труда, которая позволяет не только классифицировать рабочие места, но и служит основой для разработки и финансирования конкретных мероприятий по улучшению условий труда, обеспечению работников средствами индивидуальной защиты, установлению компенсаций [5, с.92].

Особое значение в АПК приобретает организация обучения и инструктирования персонала. Учитывая сезонный характер привлечения работников, высокую текучесть кадров на отдельных операциях и многонациональный состав трудовых коллективов, традиционные формы обучения часто оказываются недостаточными. Необходимо внедрение адаптированных, визуализированных программ инструктажей на родном языке работников, использование тренажеров для отработки навыков управления сложной техникой, регулярные внеплановые инструктажи при изменении технологических процессов. Формирование культуры безопасности, при которой безопасное поведение становится внутренней потребностью каждого сотрудника, является стратегической задачей. Это невозможно без активной позиции руководства, наглядной агитации, вовлечения работников в процедуры выявления опасностей и поощрения инициатив в области улучшения условий труда [6, с.34].

Технические аспекты организации безопасности включают в себя целый комплекс мер. На первом месте стоит обеспечение исправности и безопасности машинно-тракторного парка. Это предусматривает строгое соблюдение графиков технического обслуживания и ремонта, обязательное оборудование всех движущихся и вращающихся частей защитными ограждениями, наличие исправных сигналов, световых и звуковых устройств. Для предотвращения опрокидывания тракторов и другой самоходной техники обязательным является использование испытанных каркасов безопасности. На перерабатывающих производствах критически важна блокировочная защита технологического оборудования, исключающая возможность запуска при снятых защитных кожухах или нахождении персонала в опасной зоне. Организация эффективной вентиляции, аспирации на участках повышенного пылеобразования, а также систем отопления и кондиционирования для создания допустимого микроклимата является не просто требованием комфорта, а средством профилактики профессиональных заболеваний [6, с.72].

Работа с химическими веществами требует создания и строгого соблюдения регламентов по их приемке, хранению, транспортировке и применению. Обязательным является обеспечение персонала соответствующими СИЗ (респираторами, защитными очками, спецодеждой из стойких материалов), наличие средств для экстренной дегазации и промывки глаз. Не менее важна организация безопасности при работе в ограниченных и замкнутых пространствах (силосные башни, резервуары, навозные каналы), которая должна исключать риск удушья, отравления или захоронения без проведения предварительного анализа воздуха и использования страховочных систем [7, с.179].

Эргономические риски, связанные с тяжелым физическим трудом, монотонными операциями, подъемом и переносом тяжестей, характерны для многих подразделений АПК. Их минимизация достигается за счет механизации ручного труда, оптимизации рабочих мест, обеспечения вспомогательными устройствами для подъема грузов, рационального чередования режимов труда и отдыха. В животноводстве, например, внедрение автоматизированных систем

кормления (рис.2) и удаления навоза не только повышает производительность, но и существенно снижает физическую нагрузку на персонал и контакт с вредными биологическими факторами [8, с.96].



Рисунок 2 – Производственные процессы в животноводстве: сочетание биологических рисков и механизации труда

Важнейшим компонентом общей системы безопасности является подготовка к аварийным ситуациям. На каждом предприятии АПК должен быть разработан и практически отработан план локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Особое внимание уделяется пожарной безопасности, учитывая наличие большого количества горючих материалов (солома, сено, древесина, мука, сахарная пудра) и вероятности воспламенения от искр двигателей или электрооборудования. Организация включает в себя обеспечение свободного доступа к объектам, устройство противопожарных разрывов, оснащение средствами пожаротушения, обучение персонала действиям при пожаре и регулярные тренировки. Аналогичным образом должны быть регламентированы действия при авариях с выбросом аммиака на холодильных установках, разливе нефтепродуктов или пестицидов [8, с.102].

Таким образом, организация безопасности в агропромышленном комплексе представляет собой динамичную, многокомпонентную систему, эффективность которой определяется синергией управленческих, технических и человеческих факторов. Она требует от руководства предприятий не формального следования нормативным требованиям, а активного, инициативного подхода, основанного на постоянной оценке рисков, инвестициях в безопасные технологии и непрерывном обучении персонала. Интеграция современных методов управления рисками, цифровых технологий мониторинга состояния оборудования и условий труда, а также последовательное формирование культуры безопасности позволят создать устойчивую среду, в которой цели производства будут достигаться без ущерба для жизни и здоровья человека. Будущее организации безопасности труда в АПК видится в переходе от концепции реагирования на инциденты к системе прогнозирования и превентивного управления профессиональными рисками на всех этапах производственного цикла, что является залогом не только

социально ответственного бизнеса, но и долгосрочной конкурентоспособности отрасли в целом.

Библиографический список

1. Глебов, И.Т. Оценка профессиональных рисков при эксплуатации сельскохозяйственной техники / И.Т. Глебов, В.П. Сидоров // Безопасность труда в промышленности. – 2020. – № 5. – С. 54–60.
2. Козлова, А.В. Управление охраной труда в организациях агропромышленного комплекса: проблемы и пути решения / А.В. Козлова, Д.С. Петров // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 18, № 2. – С. 112–119.
3. Львов, С.И. Совершенствование системы промышленной безопасности на предприятиях пищевой переработки / С.И. Львов // Продовольственная политика и безопасность. – 2019. – № 3. – С. 45–58.
4. Петренко, Г.А. Биологические факторы опасности в животноводстве и меры защиты персонала / Г.А. Петренко, М.И. Фомина // Гигиена и санитария. – 2022. – Т. 101, № 1. – С. 76–81.
5. Федоров, Р.П. Эргономические аспекты безопасности труда в сельском хозяйстве / Р.П. Федоров // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 12. – С. 89–94.
6. Fabiano, B. A review of occupational safety and hygiene in the agri-food sector / B. Fabiano, F. Curro // Chemical Engineering Transactions. – 2021. – Vol. 86. – P. 1399-1404.
7. Kolichko, O. Digitalization as a tool for improving occupational safety in agriculture / O. Kolichko // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 273. – 08023.
8. Törner, M. Making sense of safety and risk in agricultural machinery operations / M. Törner, P. Thunqvist // Safety Science. – 2020. – Vol. 130. – 104868.
9. Безопасность транспортных перевозок / А. И. Ушанев, О. В. Филюшин, А. А. Желтоухов [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 300-306.

СЕКЦИЯ: ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТА И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

УДК 629.3.083

*Филюшин О.В., канд. техн. наук, доцент,
Юмаев Д.М., канд. техн. наук, доцент,
Колотов А.С., канд. техн. наук, доцент,
Сидоров А.А., студент 5-го курса
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

ОСОБЕННОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ТНВД НА ПРИМЕРЕ КАМАЗ 5320

Особенности обслуживания топливного насоса высокого давления на примере КамАЗ-5320 представляют собой уникальный сплав технологии, прецизионной точности и суровой эксплуатационной реальности. В отличие от современных систем Common Rail, где управление подачей топлива осуществляется электроникой, здесь процесс осуществляется механикой, требующей к себе особого, почти ювелирного подхода. Обслуживание этого насоса — это не просто замена расходников, а глубокое понимание физических процессов, происходящих внутри плунжерных пар, где зазоры между деталями измеряются тысячными долями миллиметра, а давление достигает сотен атмосфер. Сам насос, устанавливаемый на КамАЗ-5320, относится к семейству V-образных восьмисекционных ТНВД модели 33 (позже модернизированных до серии 331), и его рядное расположение секций, развернутое под углом 75 градусов, идеально повторяет развал блока цилиндров, что позволяет использовать короткие и почти симметричные топливопроводы высокого давления к каждой форсунке.

Ключевая особенность эксплуатации ТНВД КамАЗ-5320 заключается в его невероятной чувствительности к качеству дизельного топлива и чистоте самого обслуживания. Плунжерные пары, состоящие из гильзы и плотно притертого к ней плунжера, являются, пожалуй, самой критичной частью насоса. Зазор в этой паре настолько мал, что туда не проникают даже мельчайшие частицы грязи, а смазка осуществляется исключительно самим дизельным топливом. Любая абразивная частица, проскочившая через фильтры, работает как алмазный резец, разрушая притертые поверхности. Именно поэтому в системе питания КамАЗа предусмотрена двухступенчатая очистка: сначала фильтр грубой очистки с войлочным элементом, улавливающий крупные частицы, а затем фильтр тонкой очистки со сменным бумажным элементом, который должен задерживать всё остальное. Однако практика показывает, что даже этого бывает недостаточно при работе на некачественном топливе, и тогда насос начинает "золотить" — увеличивать подачу топлива из-за износа или закоксовывания. Своеобразным индикатором состояния топливной системы служил цвет выхлопа: опытные механики по едва уловимому черному оттенку на холостых оборотах могли предсказать скорый

выход плунжерных пар из строя задолго до того, как двигатель начинал откровенно дымить.

Процесс обслуживания ТНВД на КамАЗ-5320 строится по агрегатно-узловому методу, что продиктовано условиями эксплуатации грузового автомобиля, где простой на линии означает прямые убытки. Технологическая карта ремонта предусматривает, что при обнаружении неисправностей, связанных с насосом, он не ремонтируется на месте, а демонтируется с автомобиля и заменяется на исправный из оборотного фонда. Такой подход позволяет вернуть машину в строй в кратчайшие сроки, а снятый агрегат отправляется в специализированную мастерскую для глубокой диагностики и восстановления. Сама операция снятия требует высокой квалификации: необходимо снять тросики привода дроссельной и воздушной заслонок, отсоединить все топливопроводы высокого и низкого давления, а также маслопровод, идущий от двигателя для смазки насоса, поскольку в этом ТНВД, в отличие от многих других, используется внешняя система смазки от общей системы двигателя. Это решение инженеров Камского автозавода было продиктовано стремлением повысить живучесть агрегата: собственная масляная ванна в насосе неизбежно перегревалась бы при длительной работе под нагрузкой, тогда как поток масла из двигателя обеспечивает стабильное охлаждение и вымывание продуктов износа из зоны кулачкового вала.

Разборка насоса — это процесс, строго регламентированный и требующий использования специального инструмента, такого как съемники И-801.30.000 для подшипников кулачкового вала или приспособление И-801.20.000 для разборки секций. Важнейшим правилом разборки является недопустимость раскомплектования плунжерных пар. Каждая пара плунжер-втулка подобрана индивидуально на заводе с высочайшей точностью, и их перестановка или смешивание категорически запрещены. Если плунжер и втулка "разучились" работать вместе — например, появились задиры или потерялась герметичность, — такая пара подлежит замене комплектом, либо требуется сложнейшая операция по перекомплектовке с последующей притиркой и доводкой до шероховатости 0,1 микронметра. К слову, заводская технология притирки использует специальные пасты на основе окиси алюминия, и сам процесс занимает несколько часов ручного труда — именно поэтому стоимость восстановленной плунжерной пары в специализированных мастерских сравнима с ценой новой детали.

Диагностика неисправностей ТНВД КамАЗ-5320 — это отдельная область знаний, где симптомы часто обманчивы. Трудности с запуском двигателя, неравномерная работа, дымность выхлопа или "плавание" оборотов могут быть вызваны целым букетом причин: от банального подсоса воздуха в системе до износа кулачкового вала или поломки пружин нагнетательных клапанов. Одной из частых проблем является заедание рейки насоса, которая управляет поворотными втулками плунжеров и, соответственно, количеством подаваемого топлива. Если рейка заклинивает в положении максимальной подачи, двигатель идет вразнос, что крайне опасно. Поэтому в процессе обслуживания уделяется огромное внимание легкости хода рейки и четкости

работы всережимного регулятора частоты вращения — сложного центробежного механизма, который стремится поддержать заданные обороты независимо от нагрузки. Интересно, что конструкция этого регулятора берет начало еще в разработках немецкой фирмы Bosch 1930-х годов, но советские инженеры адаптировали ее под значительно более тяжелые условия: пыльные грунтовые дороги, морозы до минус 50 и топливо с нестабильным цетановым числом.

Регулировочные работы на ТНВД КамАЗ-5320 требуют высокой ответственности и, зачастую, специальных стендов. Установка момента начала впрыска топлива — это базовая операция, которая выполняется при монтаже насоса на двигатель. Поршень шестого цилиндра устанавливается в верхнюю мертвую точку, после чего, совмещая метки на муфте опережения впрыска и корпусе насоса, добиваются точного угла опережения. Однако более тонкая настройка — регулировка цикловых подач топлива по секциям, балансировка производительности всех восьми плунжерных пар — производится уже на стенде, где имитируются различные режимы работы двигателя. Без этого невозможна стабильная работа V-образной "восьмерки", где порядок работы цилиндров имеет сложную схему 1-5-4-2-6-3-7-8. Нарушение баланса всего на несколько процентов между секциями приводит к тому, что один цилиндр работает с перегрузкой, перегревая поршень и головку, а другой, наоборот, недобирает мощность, вызывая тряску и повышенный расход топлива.

Отдельного упоминания заслуживает обслуживание вспомогательных узлов, неразрывно связанных с ТНВД. Это, прежде всего, топливоподкачивающий насос низкого давления, который качает дизельное топливо из бака в систему. Его поршневая пара также является прецизионной и чувствительной к загрязнениям. Часто проблемы с запуском двигателя кроются именно в изношенном плунжере топливоподкачивающего насоса или его пружинах, из-за чего система просто не может создать необходимое давление перед ТНВД. Также важным элементом является муфта опережения впрыска топлива — центробежный автомат, который изменяет угол опережения в зависимости от оборотов коленчатого вала. Ее обслуживание заключается в проверке подвижности грузиков и состояния пружин, так как закисание муфты ведет к потере мощности и перерасходу топлива. Особенность камского мотора в том, что муфта здесь работает в масляной среде, общей с насосом, и при редкой замене масла в ТНВД шлам забивает каналы подвода смазки к грузикам, ускоряя их износ.

Современные подходы к обслуживанию ТНВД КамАЗ-5320 постепенно эволюционируют. Если раньше многие ремонтные операции, такие как восстановление пружин толкателей или притирка нагнетательных клапанов, выполнялись в гаражах кустарными методами, то сегодня всё большее распространение получают специализированные сервисы, оснащенные диагностическими стендами. Более того, появляются технологии восстановления деталей, например, электромеханическая обработка для восстановления упругости пружин или гальваническое наращивание для ремонта посадочных отверстий в алюминиевом корпусе. Однако неизменным

остается главное правило: чистота, аккуратность и неукоснительное следование технологии. ТНВД КамАЗ-5320 — это агрегат, который не прощает халатности, но при грамотном и уважительном отношении способен отхаживать тысячи моточасов, оставаясь эталоном надежности в мире дизельных моторов.

Библиографический список

1. Мошнин, А. М. Инновационные технологии в автомобильной индустрии, их тенденции и перспективы развития / А. М. Мошнин, Е. А. Шамбазов, А. А. Кутыраев // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 89-96.
2. Инновационные методы топливообработки [Сочетание ультразвукового и электромагнитного способов обработки моторного топлива] / А. А. Симдянкин, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2015. – № 1. – С. 45.
3. Техничко-экономическая оценка устройства для обработки топлива дизельных двигателей автотракторных агрегатов волнами СВЧ диапазона / В. Е. Сорокин, А. Н. Бачурин, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2024. – Т. 16, № 3. – С. 178-185.
4. Расчет расхода топлива КАМАЗ 54901-70014-Са / И. А. Успенский, П. С. Синицин, И. А. Юхин [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2025. – Т. 17, № 3. – С. 148-155.
5. Оценка топливопотребления двигателей при ультразвуковой обработке топлива / Р. В. Пуков, А. А. Симдянкин, И. А. Успенский [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 11. – С. 12-17.
6. Успенский, И. А. Усовершенствованная технология и средство диагностирования фильтров тонкой очистки дизельного топлива системы топливоподачи "Common Rail" / И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев // Сборник научных работ студентов Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева : По материалам научно-практической конференции "Инновационные направления и методы реализации научных исследований в АПК", Рязань, 02–07 сентября 2012 года. – Рязань, 2012. – С. 43-48.
7. Инновационные технологии оценки ресурса фильтров тонкой очистки топлива системы Common Rail / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, А. А. Симдянкин [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 2. – С. 9-12.
8. Оценка фильтрующего элемента фильтра тонкой очистки топлива на основе изменения разряжения в топливопроводе системы питания COMMON RAIL / А. А. Симдянкин, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] //

Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 104. – С. 211-221.

9. Инновационные методы топливообработки / А. А. Симдянкин, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 3. – С. 16-18.

10. Диагностика современного автомобиля / Ю. Н. Храпов, И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 118. – С. 1001-1025.

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022665214 Российская Федерация. Расчет потребления топлива грузовыми автомобилями при перевозке сельскохозяйственных грузов : № 2022664314 : заявл. 29.07.2022 : опубл. 11.08.2022 / А. С. Степашкина, А. В. Шемякин, С. Н. Бoryчев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева».

12. Метод ускоренного диагностирования форсунок на коксование / А. А. Карташов, А. В. Лахно, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 176. – С. 85-95.

13. Ушанев, А. И. Анализ рынка автотранспортной техники / А. И. Ушанев, А. С. Колотов, И. А. Мурог // Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 20 ноября 2020 года. Том Часть II. – Рязань: РГАТУ, 2020. – С. 425-429.

14. Оценка времени нахождения топлива в зоне ультразвуковой обработки / Р. В. Пуков, С. В. Колупаев, А. С. Колотов, С. А. Кожин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 2(50). – С. 362-366.

15. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике / А. А. Уткин, Г. Д. Кокорев, А. А. Голиков, А. С. Колотов // 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; ФГБОУВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Том Часть II. – Рязань: РГАТУ, 2017. – С. 368-371.

16. Патент на полезную модель № 47312 U1 Российская Федерация, МПК В62D 33/10. Подвеска кузова транспортного средства : № 2005100671/22 : заявл. 11.01.2005 : опубл. 27.08.2005 / Н. В. Аникин, В. Н. Чекмарев, С. Н. Бoryчев [и др.] ; заявитель ФГОУ ВПО Рязанская государственная сельскохозяйственная академия им. проф. П.А. Костычева (РГСХА).

17. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / N. V. Byshov, S. N.

Borychev, D. E. Kashirin [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13, No. 10. – P. 3502-3508.

18. К вопросу модернизации транспортных средств для АПК / И. А. Юхин, И. А. Успенский, А. А. Голиков, П. В. Бондарев // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : Международная конференция, Саранск, 01–03 октября 2014 года / Редколлегия: Столяров А.В. (отв. ред.), редакторы: Сенин П.В., Котин А.В., Иншаков А.П., Водяков В.Н., Савельев А.П., Левцев А.П., Наумкин Н.И., Чаткин М.Н., Комаров В.А., Ионов П.А.. – Саранск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва", 2014. – С. 181-187.

19. Кокорев, Г. Д. Тенденции развития системы технической эксплуатации автомобильного транспорта / Г. Д. Кокорев, И. А. Успенский, И. Н. Николотов // Перспективные направления автотранспортного комплекса : II Международная научно-производственная конференция, Пенза, 18–20 ноября 2009 года. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. – С. 135-138.

20. Сбережение энергозатрат и ресурсов при использовании мобильной техники / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.]. – Рязань : РГАТУ, 2010. – 186 с.

21. Патент № 2329510 С1 Российская Федерация, МПК G01P 15/00. Устройство для измерения ускорения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания на всем диапазоне скоростей : № 2007108605/28 : заявл. 07.03.2007 : опубл. 20.07.2008 / Н. В. Щетинин, А. Г. Арженовский, Д. В. Казаков [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия" (ФГОУ ВПО АЧГАА).

22. Проактивное моделирование динамической сложности агротехноценозов / А. М. Башилов, В. А. Королев, А. Г. Арженовский [и др.] // Вестник аграрной науки Дона. – 2020. – № 3(51). – С. 45-54.

23. Арженовский, А. Г. Определение энергетических и топливно-экономических показателей тракторного двигателя / А. Г. Арженовский, С. В. Асатурян // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 7. – С. 25-26.

24. Лебедев, А. Т. Повышение эффективности функционирования машин и оборудования АПК управлением надежностью их систем / А. Т. Лебедев, А. А. Серегин, А. Г. Арженовский // Вестник аграрной науки Дона. – 2019. – № 2(46). – С. 4-11.

25. Патент № 2266527 С1 Российская Федерация, МПК G01L 3/24, G01M 15/00. Способ определения мощности двигателя внутреннего сгорания : № 2004122376/28 : заявл. 21.07.2004 : опубл. 20.12.2005 / Н. В. Щетинин, А. Г. Арженовский, Д. О. Мальцев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия" (ФГОУ ВПО АЧГАА).

*Успенский И.А., д-р техн. наук, профессор,
Колотов А.С., канд. техн. наук, доцент,
Ушанев А.И., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ СИСТЕМЫ COMMON RAIL

Обслуживание системы Common Rail — это не просто регламентная процедура, а философия обращения с высокотехнологичным оборудованием, где цена ошибки измеряется десятками тысяч рублей, а иногда и полной заменой двигателя. Система аккумуляторного впрыска, совершившая революцию в дизелестроении, предъявляет к эксплуатанту требования, которые кардинально отличаются от обслуживания старых механических насосов. Здесь нет места принципу «работает — не трогай», а несвоевременная замена расходников или попытка сэкономить на топливе приводят к лавинообразному разрушению прецизионных пар. Чтобы понять логику правильного обслуживания, нужно осознать главное: Common Rail требует абсолютной чистоты и предсказуемости на всех этапах — от заливной горловины бака до камеры сгорания. Сама идея, впервые реализованная компанией Bosch в 1997 году на серийном автомобиле Alfa Romeo 156, заключалась в том, чтобы разделить процессы создания давления и впрыска топлива. В классическом механическом ТНВД эти функции были слиты воедино — насос одновременно и нагнетал давление, и распределял топливо по цилиндрам, причем давление впрыска жестко зависело от оборотов двигателя. Common Rail разорвал эту связь, поместив между насосом и форсунками общий аккумулятор — рампу, где давление поддерживается постоянным и не зависит от текущих оборотов коленчатого вала.

Фундамент долголетия любой системы Common Rail закладывается даже не в двигателе, а на заправочной станции. Качество топлива — это та переменная, на которую владелец чаще всего не может повлиять, но именно она определяет ресурс насоса высокого давления и форсунок. Современные дизельные системы рассчитаны на топливо с содержанием серы не более 10–50 ppm и строго регламентированной смазывающей способностью. Российские реалии таковы, что даже на проверенных заправках можно столкнуться с горючим, содержащим воду, механические примеси или, что еще хуже, примеси растительных масел, агрессивных к уплотнениям. Попадание абразива в пару плунжер-гильза вызывает микроцарапины, которые нарушают геометрию и приводят к падению давления. Вода же вызывает кавитационную эрозию и коррозию, причем последствия этих процессов часто необратимы: если на деталях появилась ржавчина, насос или форсунка подлежат только замене, а восстановлению уже не подлежат. Именно поэтому первое правило обслуживания — осознанный выбор места заправки и отказ от сомнительных источников дешевого дизеля.

Ключевым элементом профилактики является фильтрующая система, и к ней у Common Rail особое требование: тонкость очистки должна составлять не более трех-пяти микрон. Стандартный фильтр грубой очистки с ячейей 100 микрон здесь не помощник — нужны именно тонкие фильтры, способные задерживать частицы, невидимые глазу. Однако проблема большинства поломок кроется не столько в качестве самого фильтрующего элемента, сколько в дисциплине его замены. Производители автомобилей, такие как Bosch, Delphi и Denso, категорически настаивают на использовании оригинальных расходников, а не аналогов, которые могут иметь разную пропускную способность. Забитый фильтр создает разряжение на всасе топливopодкачивающего насоса, вызывая кавитацию и ускоренный износ шестерен. Более того, при сильном загрязнении фильтрующая штора может порваться, и вся накопленная грязь единым потоком устремится в насос высокого давления, мгновенно выводя его из строя. Поэтому в жестких условиях эксплуатации, характерных для России, межсервисный интервал замены фильтра рекомендуется сокращать вдвое по сравнению с регламентом, предписанным для Европы. Отдельная опасность, о которой часто забывают, — это завоздушивание системы при замене фильтра. Если новый фильтр не заполнить топливом вручную до установки или не провести корректную прокачку через диагностический прибор, насос высокого давления в первые же секунды запуска начинает работать насухо, что равносильно десяткам километров пробега в штатном режиме по степени износа.

Отдельного внимания заслуживает процедура диагностики, которая является неотъемлемой частью любого квалифицированного обслуживания. Ошибочно полагать, что если двигатель заводится и едет, то система в порядке. Common Rail коварна тем, что дефекты накапливаются постепенно. Начальный износ распылителя или клапана может никак не проявлять себя визуально, но уже увеличивает расход топлива и ухудшает экологические показатели. Профессиональная диагностика на стенде — это единственный способ объективно оценить состояние форсунок. Современное оборудование позволяет проверить герметичность обратного клапана, форму факела распыла и производительность в разных режимах. Особое внимание уделяется электрической части: для пьезофорсунок проверяют сопротивление изоляции и время срабатывания пьезоэлемента. Без стендовой проверки замена компонентов становится игрой в лотерею, где вероятность повторного выхода из строя крайне высока.

Самая сложная и дорогостоящая часть обслуживания — это ремонт насоса высокого давления и форсунок, который должен производиться только в специализированных сертифицированных центрах. Дело не в сложности оборудования как такового, а в требованиях к чистоте и точности измерений. При ремонте форсунок допуски составляют один микрон — это жестче, чем требования к производству новых деталей. Малейшая пылинка или царапина на седле клапана превращает отремонтированный узел в неработоспособный. Специалисты предупреждают: при разборке ТНВД или инжектора необходимо использовать только одноразовые уплотнения и гайки, а также строго

соблюдать моменты затяжки. Важно понимать, что при обнаружении металлической стружки в системе после отказа насоса, промывкой магистралей не обойтись — производители предписывают замену всей системы целиком, так как микрочастицы неизбежно останутся в аккумуляторе (рампе) и трубках высокого давления, чтобы убить новый насос через несколько сотен километров. Именно по этой причине грамотные сервисы, прежде чем установить новый насос взамен разрушенного, обязательно демонтируют и промывают или заменяют топливный бак, так как именно он становится отстойником для металлической пыли, циркулирующей по контуру низкого давления.

Многие владельцы пытаются улучшить работу системы с помощью топливных присадок, и это еще один важный аспект обслуживания, требующий осторожности. Современное дизельное топливо, соответствующее стандарту Евро-5, уже содержит пакет необходимых присадок — моющих, противоизносных и депрессорных. Добавление в бак сторонней «химии» может нарушить этот тонкий баланс. Эксперты Bosch и ведущих сервисных центров категорически не рекомендуют использовать какие-либо присадки без прямого указания производителя автомобиля, так как в случае поломки при проведении экспертизы они будут квалифицированы как инородное включение, что автоматически снимает оборудование с гарантии. Вместо экспериментов с химией лучше сосредоточиться на механической защите — установке дополнительных фильтров-сепараторов с подогревом, которые эффективно удаляют воду и парафины в холодное время года.

Завершая разговор об обслуживании Common Rail, стоит подчеркнуть роль электроники и квалификации персонала. Многие поломки возникают из-за банального окисления контактов или низкого напряжения в бортовой сети. При падении напряжения ниже 11,5 Вольт форсунки начинают работать некорректно, а насос не может создать необходимое стартовое давление. Перед тем как снимать дорогостоящие компоненты, грамотный диагност всегда проверит состояние аккумулятора, генератора и проводки. Также критически важно при замене форсунок вносить в блок управления корректировочные коды (IQA или C2I коды), которые компенсируют индивидуальные отклонения в производительности. Игнорирование этой процедуры приводит к неравномерной работе цилиндров, вибрациям и быстрому износу коленчатого вала. Отдельно стоит отметить эволюцию самого давления впрыска, которая напрямую влияет на стратегию обслуживания. Если первые системы Common Rail первого поколения работали при давлении около 1350 бар, то современные системы четвертого поколения с пьезофорсунками оперируют давлениями до 2500 бар и выше. С ростом давления пропорционально возрастают и требования к герметичности соединений: момент затяжки трубок высокого давления перестал быть просто рекомендацией и превратился в критический параметр — недотяг ведет к утечкам и падению давления в рампе, а перетяг деформирует конусное уплотнение, превращая трубку в одноразовую деталь. Таким образом, обслуживание Common Rail — это комплексная дисциплина, объединяющая химию топлива, механику высокого давления и тонкую

электронную настройку, где пренебрежение любой из составляющих неизбежно ведет к дорогостоящей катастрофе.

Библиографический список

1. Мошнин, А. М. Инновационные технологии в автомобильной индустрии, их тенденции и перспективы развития / А. М. Мошнин, Е. А. Шамбазов, А. А. Кутыраев // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 89-96.
2. Инновационные методы топливообработки [Сочетание ультразвукового и электромагнитного способов обработки моторного топлива] / А. А. Симдянкин, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2015. – № 1. – С. 45.
3. Техничко-экономическая оценка устройства для обработки топлива дизельных двигателей автотракторных агрегатов волнами СВЧ диапазона / В. Е. Сорокин, А. Н. Бачурин, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2024. – Т. 16, № 3. – С. 178-185.
4. Расчет расхода топлива КАМАЗ 54901-70014-Са / И. А. Успенский, П. С. Сеницин, И. А. Юхин [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2025. – Т. 17, № 3. – С. 148-155.
5. Оценка топливопотребления двигателей при ультразвуковой обработке топлива / Р. В. Пуков, А. А. Симдянкин, И. А. Успенский [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 11. – С. 12-17.
6. Успенский, И. А. Усовершенствованная технология и средство диагностирования фильтров тонкой очистки дизельного топлива системы топливоподачи "Common Rail" / И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев // Сборник научных работ студентов Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева : По материалам научно-практической конференции "Инновационные направления и методы реализации научных исследований в АПК", Рязань, 02–07 сентября 2012 года. – Рязань, 2012. – С. 43-48.
7. Инновационные технологии оценки ресурса фильтров тонкой очистки топлива системы Common Rail / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, А. А. Симдянкин [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 2. – С. 9-12.
8. Оценка фильтрующего элемента фильтра тонкой очистки топлива на основе изменения разряжения в топливопроводе системы питания COMMON RAIL / А. А. Симдянкин, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 104. – С. 211-221.

9. Инновационные методы топливообработки / А. А. Симдянкин, Н. В. Бышов, С. Н. Борычев [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 3. – С. 16-18.

10. Патент № 2620983 С Российская Федерация, МПК G01L 5/13, G01M 17/007. Способ определения силы сопротивления рабочих машин : № 2015154356 : заявл. 17.12.2015 : опубл. 30.05.2017 / А. Г. Арженовский, С. В. Асатурян, И. И. Чичиланов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Донской ГАУ).

11. К определению энергетических показателей тракторов в эксплуатационных условиях на переходном режиме / Н. В. Щетинин, Д. В. Казаков, А. Г. Арженовский, Д. О. Мальцев // Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе : Сборник научных трудов по материалам IV Российской научно-практической конференции, Ставрополь, 24–26 апреля 2007 года. – Ставрополь: Издательство "АГРУС", 2007. – С. 194-197.

12. Лебедев, А. Т. Повышение эффективности использования машинно-тракторных агрегатов / А. Т. Лебедев, А. Г. Арженовский // Технический сервис машин. – 2019. – № 1(134). – С. 46-52.

13. 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. – Т. 12, № 5. – С. 25-30.

14. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка: практикум : Практикум для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 35.03.06 - "Агроинженерия" и направлению подготовки магистров 35.04.06 - "Агроинженерия" / А. Г. Арженовский, С. В. Асатурян, С. Л. Никитченко [и др.]. – зерноград : Азово-Черноморский инженерный институт - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Донской государственный аграрный университет" в г. Зернограде, 2015. – 166 с.

15. Патент № 2329510 С1 Российская Федерация, МПК G01P 15/00. Устройство для измерения ускорения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания на всем диапазоне скоростей : № 2007108605/28 : заявл. 07.03.2007 : опубл. 20.07.2008 / Н. В. Щетинин, А. Г. Арженовский, Д. В. Казаков [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия" (ФГОУ ВПО АЧГАА).

16. Перспективы восстановления изношенных деталей сельскохозяйственной техники / А. М. Мошнин, А. И. Ушанев, О. В. Филлюшин [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 140-147.

*Костенко М.Ю., д-р техн. наук, профессор,
Филюшин О.В., канд. техн. наук, доцент,
Юмаев Д.М., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ АВТО

Современные тормозные системы перестают быть просто «усилителями» человеческой силы. Они превращаются в высокотехнологичные электронные комплексы, стоящие на переднем крае безопасности и интеграции с искусственным интеллектом. Сегодня тормоза — это не просто механизм остановки, а фундамент, на котором строится автономное и электрическое будущее.

Если оглянуться назад, то гидравлическая система, доминирующая на рынке последние сто лет, является шедевром инженерной мысли. Принцип Паскаля, лежащий в её основе, надежен и предсказуем. Однако у «мокрой» системы есть врожденные недостатки: тормозная жидкость гигроскопична (впитывает влагу), подвержена старению и требует регулярной замены. Более того, в эпоху электромобилей и автопилотов гидравлика начинает давать сбои. Она слишком медленная для электронных помощников и создает паразитное сопротивление, «съедающее» драгоценные километры запаса хода.

В ответ на это ведущие мировые производители, такие как Bosch, ZF и Brembo, запускают процесс перехода к концепции Brake-by-Wire — торможению «по проводам». Это технология, при которой физическая связь между педалью и суппортом разрывается окончательно. Педаль превращается в своеобразный джойстик — симулятор, который передает сигналы в электронный блок управления. Анализируя силу и скорость нажатия, а также показания десятков других датчиков, компьютер мгновенно решает, с какой мощностью должны сработать исполнительные механизмы.

Это нововведение пришло в автомобили из авиации, где системы fly-by-wire уже давно стали стандартом. Для автопроизводителей это открывает невероятные перспективы: теперь инженеры могут настраивать характер торможения как угодно — от вялого экономичного режима до агрессивного спортивного отклика, просто меняя настройки программного обеспечения. Время реакции системы сокращается до 100 миллисекунд, что на скорости в 120 км/ч означает сокращение тормозного пути на критические метры.

Говоря о современных технологиях, важно различать два этапа эволюции, которые часто путают. Первый, переходный этап — это ЕНВ (Electro-Hydraulic Brake), или электро-гидравлические системы. В таких решениях, которые уже устанавливаются на многие серийные модели BMW и других премиум-брендов, педаль все еще не имеет прямой механической связи с главным цилиндром, но в качестве рабочего тела все еще выступает жидкость. Электропривод лишь создает давление в системе. Это «гибрид», который устраняет задержки, но сохраняет «мокрые» компоненты.

Настоящим будущим, которое называют «сухой» системой, является ЕМВ (Electro-Mechanical Brake). Здесь жидкость исчезает полностью. В каждом колесе устанавливается электродвигатель, который через механическую передачу (винтовую пару) прижимает колодку к диску. Это настоящий прорыв. Отсутствие гидравлики упрощает производство и обслуживание: больше нет риска утечек, нет необходимости менять жидкость, а также отпадает проблема коррозии внутренних магистралей. Кроме того, ЕМВ позволяет управлять тормозным усилием на каждом колесе независимо и с высочайшей точностью — недостижимая ранее роскошь для систем курсовой устойчивости и систем помощи при экстренном торможении. По сути, каждый суппорт получает собственный «мозг», подчиняющийся центральному компьютеру автомобиля.

Однако переход на полностью электронное управление ставит перед инженерами принципиально новый вызов, не свойственный классической гидравлике — кибербезопасность. Когда тормозная система превращается в периферийное устройство, подключенное к центральному «мозгу» автомобиля через высокоскоростные шины данных, она неизбежно становится потенциальной мишенью для злонамеренных атак. Если раньше для отказа тормозов требовалось физическое повреждение магистрали, то теперь теоретически достаточно единственной программной уязвимости. Именно поэтому архитектура систем Brake-by-Wire изначально строится на принципах изолированных доменов и многоуровневого резервирования. Электронные суппорты ЕМВ подключаются к независимым контурам питания, а каналы связи дублируются оптикой на случай критического сбоя, создавая «неприступную крепость» на уровне прошивки, где любая неавторизованная команда блокируется быстрее, чем водитель успеет моргнуть. Так физическая безопасность водителя впервые оказывается в прямой зависимости от цифрового иммунитета автомобиля.

Современная тормозная система — это не просто про то, как сжать диск. Это про взаимодействие с окружающей средой и силовой установкой. Одним из самых ярких примеров такого симбиоза стала недавняя разработка концернов Michelin и Brembo — система Sensify. Инженеры объединили программное обеспечение управления тормозами с данными о состоянии шин в реальном времени. Система «знает» степень износа протектора, давление в шинах и коэффициент сцепления с дорогой в каждый конкретный момент. Основываясь на этих данных, блок управления индивидуально дозирует усилие на каждом колесе, сокращая тормозной путь до четырех метров в зависимости от условий. Это уже не просто ABS, а прогностическая система, которая адаптируется к асфальту «на лету».

Дальнейший потенциал «сухих» тормозов особенно ярко раскрывается в их синергии с активной подвеской. Представьте ситуацию экстренного торможения в повороте: современные автомобили уже умеют раздельно подтормаживать внутренние и внешние колеса, но электромеханика выводит это взаимодействие на принципиально иной уровень, напрямую координируя усилия с амортизаторами. Считывая данные с лидаров и камер за доли секунды до наезда на препятствие, искусственный интеллект может не просто

применить максимальное тормозное усилие, а мгновенно изменить дорожный просвет и жесткость стоек спереди, заставив автомобиль «присесть» носом именно на то колесо, у которого в данный момент наилучшее сцепление с покрытием. Этот динамический перенос массы, управляемый не инерцией, а предиктивной математикой, позволяет буквально впечатать шину в асфальт с оптимальным вектором нагрузки. Так тормозная система перестает быть изолированным агрегатом и становится частью единой ходовой нейросети.

Не менее важной функцией становится рекуперация. На гибридах и электромобилях традиционные фрикционные тормоза используются все реже — их функцию берет на себя тяговый электромотор, превращаясь в генератор и заряжая батарею. Однако у этого есть обратная сторона: из-за редкого использования диски и колодки ржавеют, теряют эффективность, а их поверхность покрывается наледью или коррозией. Современные «умные» системы решают и эту проблему: время от времени, незаметно для водителя, электроника подает короткий импульс на суппорты, чтобы очистить рабочую поверхность диска, поддерживая систему в постоянной боевой готовности.

Даже когда водитель просто держит ногу на педали, электроника продолжает работу. Мы привыкли к аббревиатурам ABS (антиблокировочная система) и ESP (стабилизация), но сегодняшний день подарил нам алгоритмы гораздо более тонкой работы. К примеру, система EBD (Electronic Brake Force Distribution) следит за нагрузкой на оси в режиме реального времени. Если задняя часть автомобиля разгружена при резком торможении, EBD уменьшает давление на задних колесах, предотвращая их блокировку и занос раньше, чем это сделает стандартная ABS.

Другой важный помощник — BAS (Brake Assist System). Статистика неумолима: в критической ситуации большинство водителей нажимают на педаль тормоза слишком слабо или слишком поздно. BAS анализирует скорость, с которой нога водителя переносится с газа на тормоз. Если система «понимает», что происходит паника, она мгновенно поднимает давление в системе до максимума, обеспечивая экстренное торможение на пределе возможностей автомобиля, даже если водитель физически не смог выжать педаль до упора. Все эти системы работают в фоновом режиме, создавая иллюзию полного контроля у человека за рулем, хотя реально большая часть работы уже давно выполняется кремниевыми чипами.

Заглядывая на 5-10 лет вперед, можно утверждать, что механическая связь между человеком и колесом исчезнет окончательно. Суперконденсаторы нового поколения, которые начнут массово устанавливаться на автомобили к 2027 году, решат проблему энергообеспечения этих электронных суппортов, сделав систему абсолютно надежной.

В мире автономных автомобилей тормозная система становится ключевым исполнительным органом. Когда автопилот принимает решение о маневре, тормоза должны срабатывать с хирургической точностью, скоординированно с рулевым управлением. Ведущие эксперты уже прогнозируют появление систем с элементами искусственного интеллекта, которые смогут прогнозировать аварию до её наступления и приводить

тормозную систему в состояние готовности, выбирая оптимальное давление и даже настройки фрикционных материалов в режиме реального времени. Возможно, через несколько лет фраза «проверить уровень тормозной жидкости» уйдет в прошлое, как и сама педаль тормоза, уступив место компактному сенсору на полу салона. Тишина, чистота и мгновенная реакция — вот три кита, на которых строятся тормозные системы нового поколения.

Библиографический список

1. Совершенствование технического сервиса грузовых автомобилей для АПК / М. Э. Немытов, Ж. Г. Усманова, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев // Научно-исследовательские решения высшей школы : Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань, 26 декабря 2023 года. — Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет, 2023. — С. 335-336.

2. К вопросу о рациональном размещении предприятий автомобильного сервиса / М. Э. Немытов, Ж. Г. Усманова, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев // Научно-исследовательские решения высшей школы : Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань, 26 декабря 2023 года. — Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет, 2023. — С. 337-338.

3. Перспективные разработки в современных грузоперевозках/ О. В. Филюшин, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев, А. И. Ушанев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. — Рязань: РГАТУ, 2024. — С. 163-169.

4. Мошнин, А. М. Инновационные технологии в автомобильной индустрии, их тенденции и перспективы развития / А. М. Мошнин, Е. А. Шамбазов, А. А. Кутыраев // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. — Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. — С. 89-96.

5. Обслуживание сельхозтехники / А. М. Мошнин, О. В. Филюшин, Д. М. Юмаев [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. — Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. — С. 120-126.

6. Анализ тормозных систем грузовых автомобилей / Г. К. Рембалович, И. А. Успенский, Д. М. Юмаев, Е. А. Шамбазов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы

Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 152-159.

7. Безопасность транспортных перевозок / А. И. Ушанев, О. В. Филюшин, А. А. Желтоухов [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 300-306.

8. Перспективы восстановления изношенных деталей сельскохозяйственной техники / А. М. Мошнин, А. И. Ушанев, О. В. Филюшин [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 140-147.

9. Патент на полезную модель № 47312 U1 Российская Федерация, МПК В62D 33/10. Подвеска кузова транспортного средства : № 2005100671/22 : заявл. 11.01.2005 : опубл. 27.08.2005 / Н. В. Аникин, В. Н. Чекмарев, С. Н. Бoryчев [и др.] ; заявитель ФГОУ ВПО Рязанская государственная сельскохозяйственная академия им. проф. П.А. Костычева (РГСХА).

10. Прогнозирование изменения технического состояния тормозной системы образца мобильного транспорта в процессе эксплуатации / Г. Д. Кокорев, И. А. Успенский, Е. А. Панкова [и др.] // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции : Доклады Международной научно-практической конференции, Минск, 21–22 марта 2013 года. – Минск: Белорусский государственный аграрный технический университет, 2013. – С. 197-200.

11. Универсальное транспортное средство для перевозки продукции растениеводства / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России : Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики В.П. Горячкина, Москва, 17–18 сентября 2013 года. Том Часть 2. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2013. – С. 241-244.

12. Разработка теоретических положений по распознаванию класса технического состояния техники / И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев, И. Н. Николотов, С. Н. Гусаров // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств : Материалы XV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора Игоря Николаевича Аринина, Владимир, 20–22 ноября 2013 года / Под общей

редакцией А.Г. Кириллова. – Владимир: Владимирский государственный университет, 2013. – С. 110-113.

13. Разработка таблицы состояний и алгоритма диагностирования тормозной системы / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, Г. Д. Кокорев [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 12(87). – С. 179-184.

14. Кокорев, Г. Д. Тенденции развития системы технической эксплуатации автомобильного транспорта / Г. Д. Кокорев, И. А. Успенский, И. Н. Николотов // Перспективные направления автотранспортного комплекса : II Международная научно-производственная конференция, Пенза, 18–20 ноября 2009 года. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. – С. 135-138.

15. Инновационные решения в технологиях и технике для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции растениеводства / И. А. Юхин, Н. В. Бышов, С. Н. Борычев [и др.] // Инновационные технологии и техника нового поколения - основа модернизации сельского хозяйства : Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, Москва, 05–06 октября 2011 года / Ответственный редактор: Лачуга Ю.Ф.. Том Часть 2. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2011. – С. 395-403.

16. Патент на полезную модель № 81152 U1 Российская Федерация, МПК В62D 37/00. Устройство для стабилизации положения транспортного средства : № 2008139805/22 : заявл. 07.10.2008 : опубл. 10.03.2009 / С. В. Минякин, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] ; заявитель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт механизации агрохимического и материально-технического обеспечения сельского хозяйства.

17. Использование BIG DATA для оптимизации транспортного процесса / А. С. Колотов, В. В. Терентьев, И. А. Успенский [и др.] // Современное состояние и перспективы развития механизации сельского хозяйства и эксплуатации транспорта : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 95-летию доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 13 декабря 2021 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 272-276.

18. Внедрение инноваций в агропромышленный сектор -ключ к развитию экономики России / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, П. С. Звягинцев [и др.] // Международный технико-экономический журнал. – 2015. – № 4. – С. 36-40.

19. Переработка шин и их элементов / И. А. Афиногенов, Н. В. Бышов, С. Н. Борычев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 124. – С. 366-389.

20. Оценка методов диагностирования керамических тормозных дисков / Д. А. Воробьев, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] // Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 20 февраля 2020 года / Министерство сельского хозяйства РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 223-228.

21. Сидоров, А. А. Некоторые особенности перевозки сельскохозяйственной продукции и удобрений / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. С. Колотов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 6-12.

22. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике / А. А. Уткин, Г. Д. Кокорев, А. А. Голиков, А. С. Колотов // 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; ФГБОУВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2017. – С. 368-371.

23. Оценка износа тормозных дисков из композиционных материалов / Д. А. Воробьев, М. А. Горетова, И. А. Успенский, О. В. Филюшин // Актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации мобильной техники, Рязань, 12 октября 2020 года / Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры технической эксплуатации транспорта. Том 1. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 169-173.

24. Оценка состояния износа тормозных колодок / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Н. В. Лимаренко [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2020. – № 3(47). – С. 119-125.

25. Патент № 2648924 С2 Российская Федерация, МПК F16D 66/02. Устройство для контроля изнашивания тормозной колодки : № 2016137464 : заявл. 19.09.2016 : опубл. 28.03.2018 / А. А. Симдянкин, И. А. Успенский, Н. В. Бышов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ).

*Юмаев Д.М., канд. техн. наук, доцент,
Ушанев А.И., канд. техн. наук, доцент,
Филюшин О.В., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

АНАЛИЗ СПОСОБОВ АНТИКОРРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Проблема коррозии металла остается одним из главных врагов долговечности автомобильной техники, независимо от класса транспортного средства и условий его эксплуатации. Разрушительное действие электрохимических процессов способно за несколько лет превратить несущую конструкцию кузова в хрупкую структуру, что напрямую угрожает безопасности и требует капитального ремонта. В связи с этим анализ способов антикоррозионной обработки превращается из простой рекомендации в фундаментальную инженерную задачу, решение которой определяет срок активной службы автомобиля. Современная промышленность и сервисная индустрия предлагают множество методик, которые кардинально различаются по физическому принципу действия, технологической сложности и, что немаловажно, по конечной экономической эффективности. Задача владельца и специалиста — не просто нанести защитный состав, а подобрать комплексную стратегию, учитывающую конструктивные особенности техники, регион ее использования и интенсивность износа покрытия.

Традиционно все методы борьбы с коррозией делятся на конструктивные, технологические и эксплуатационные. Конструктивные закладываются еще на этапе проектирования, когда инженеры стремятся минимизировать количество щелей, закрытых полостей и мест скопления влаги, где обычно зарождается очаг ржавчины. Однако полностью исключить зоны риска невозможно, особенно на грузовой и специальной технике, подвергающейся высоким динамическим нагрузкам. Технологические методы, к которым относятся заводское оцинкование, фосфатирование и нанесение грунтов, являются базовым уровнем защиты, но их целостность неизбежно нарушается в процессе эксплуатации из-за ударов гравия, пескоструйного эффекта и вибраций. Именно поэтому наибольший интерес для анализа представляют так называемые вторичные методы антикоррозионной обработки, которые наносятся в процессе обслуживания или ремонта. Эти способы можно разделить на две большие категории: пассивная защита, создающая непроницаемый барьер между металлом и агрессивной средой, и активная защита, основанная на применении ингибиторов и электрохимических модификаторов, которые подавляют реакцию окисления даже при локальном нарушении покрытия.

Классическим и наиболее распространенным методом пассивной защиты является нанесение битумных, мастичных или полимерных покрытий на днище и колесные арки. Эти составы демонстрируют отличную устойчивость к

абразивному износу и ударам, формируя толстую эластичную пленку. Анализ показывает, что ключевой недостаток таких материалов кроется в их «дыхании»: при перепадах температур под слоем мастики может конденсироваться влага, и если первоначальная подготовка поверхности была проведена неидеально, коррозия под покрытием прогрессирует быстрее, чем на открытом металле. Поэтому современная эволюция антикоррозионных средств смещается в сторону так называемых «жидких подкладок» на основе каучука и полиуретана, которые обладают более высокой адгезией и устойчивостью к растрескиванию.

Переходя к более глубокому анализу, нельзя игнорировать специфику обработки скрытых полостей — порогов, лонжеронов, внутренних поверхностей стоек и дверей. Именно эти зоны являются лидерами по сквозной коррозии, поскольку доступ кислорода и электролитов здесь ограничен, но не исключен, а естественная вентиляция практически отсутствует. Для этих элементов абсолютно непригодны густые битумные мастики, так как они просто не смогут растечься по сложной геометрии и заблокируют дренажные отверстия. Здесь на первый план выходят маслянистые, восковые или парафинистые составы, наносимые методом туманообразования под высоким давлением. Их физический принцип действия уникален: они не просто покрывают поверхность, а вытесняют влагу, проникая в микрозазоры и капилляры сварных швов. Такие ингибиторы коррозии обладают свойством «миграции» — то есть способностью растекаться по металлу и затягивать мелкие царапины, нарушающие защитный слой. Однако анализ эффективности этих средств выявляет их главную слабость: они не создают механически прочной пленки и со временем смываются агрессивными реагентами, особенно соляными растворами, которыми обильно посыпают дороги в зимний период. Следовательно, обработка полостей требует строгой периодичности, как правило, не реже одного раза в два года.

Отдельным и спорным направлением в мире антикоррозионной защиты является использование электрохимических методов, а именно катодной и протекторной защиты. В промышленном масштабе эти технологии давно применяются для защиты трубопроводов и корпусов судов, но применительно к автомобильной технике они вызывают множество дискуссий. Принцип катодной защиты заключается в смещении электрохимического потенциала металла в отрицательную сторону за счет наложения внешнего тока, что делает невозможным процесс растворения железа. В автотранспорте этот метод реализуется через так называемые электронные антикоррозионные системы, которые подключаются к бортовой сети и подают слабый импульсный ток на кузов. Анализ реальной работы таких устройств показывает, что в лабораторных условиях они способны замедлить коррозию в замкнутой водной среде, но на автомобиле с резиновыми опорами, пластиковыми вставками и прерывистым контактом массы создать замкнутую гальваническую цепь для всего кузова практически невозможно. Скептики справедливо указывают на отсутствие авторитетных долгосрочных испытаний, подтверждающих эффективность «электронной защиты» в реальных зимних условиях, где

основным электролитом является не морская вода, а грязная солевая взвесь. Протекторная же защита, использующая более активные металлы (цинк или алюминий), реализована на автомобилях в виде заводского оцинкования, а попытки установки дополнительных магниевых протекторов на кузов часто приводят к обратному эффекту из-за невозможности обеспечить постоянный электрический контакт и контроль за увлажнением протектора.

Ключевым звеном, определяющим успех или провал любого из перечисленных способов, является качество подготовки поверхности. Этот этап часто недооценивается, хотя анализ отказов антикоррозионной защиты в девяноста процентах случаев связан именно с нарушениями технологии очистки. Любой современный состав, будь то высокотехнологичный полимерный грунт или простое масло для полостей, потеряет адгезию, если нанести его на неподготовленную поверхность со следами старой ржавчины, отслаивающейся краски или технологической смазки. Наиболее прогрессивным методом подготовки сегодня признана абразивоструйная обработка (сода-бластинг или дробеструйная очистка), которая позволяет удалить оксиды не только с видимых поверхностей, но и из глубинных пор металла. Однако этот метод агрессивен и требует высокой квалификации оператора, чтобы не повредить тонкий листовой металл кузова легкового автомобиля. Для коммерческой и тяжелой техники чаще применяется гидроструйная очистка высокого давления в комплексе с преобразователями ржавчины, которые химически связывают остатки оксидов в инертные соединения. Без этого этапа даже самый дорогой и разрекламированный антикоррозионный материал будет работать лишь как декоративное покрытие, скрывая очаг разрушения.

Сравнивая итоговую эффективность различных способов антикоррозионной обработки автомобильной техники, необходимо учитывать комплексный подход. Не существует универсального средства, одинаково хорошо защищающего днище от гравия, сварные швы от щелевой коррозии и лакокрасочное покрытие от сколов. Профессиональный анализ свидетельствует о том, что максимальный ресурс достигается при комбинированной схеме: нанесение твердого полиуретанового или эпоксидного покрытия на высоконагруженные нижние части кузова в сочетании с регулярной обработкой скрытых полостей текучими ингибиторами на восковой основе. При этом важно учитывать экологический аспект: переход от сольвентных составов к водным антикоррозионным эмульсиям снижает токсичность процесса, но пока уступает по долговечности традиционным средствам в особо тяжелых условиях эксплуатации. В конечном счете, выбор стратегии защиты всегда является компромиссом между первоначальными затратами, сложностью технологии и ожидаемым сроком службы техники. Для рядового владельца наиболее рациональным выглядит приоритет обработки полостей кузова и скрытых швов как самых уязвимых зон, в то время как для тяжелой спецтехники, работающей с химическими реагентами, решающее значение приобретают толстослойные полимерные покрытия, устойчивые к истиранию. Осознание сильных и слабых сторон каждого метода и есть главный результат анализа, позволяющий

продлить жизнь автомобилю на годы без катастрофических последствий коррозии.

Библиографический список

1. Совершенствование технического сервиса грузовых автомобилей для АПК / М. Э. Немытов, Ж. Г. Усманова, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев // Научно-исследовательские решения высшей школы : Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань, 26 декабря 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет, 2023. – С. 335-336.

2. К вопросу о рациональном размещении предприятий автомобильного сервиса / М. Э. Немытов, Ж. Г. Усманова, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев // Научно-исследовательские решения высшей школы : Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань, 26 декабря 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет, 2023. – С. 337-338.

3. Оценка вероятности растрескивания покрытия поверхности техники с учетом изменчивости его толщины / Д. М. Юмаев, О. В. Филюшин, А. И. Ушанев, Е. А. Шамбазов // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 156-162.

4. Перспективные разработки в современных грузоперевозках / О. В. Филюшин, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев, А. И. Ушанев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 163-169.

5. Мошнин, А. М. Инновационные технологии в автомобильной индустрии, их тенденции и перспективы развития / А. М. Мошнин, Е. А. Шамбазов, А. А. Кутыраев // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 89-96.

6. Обслуживание сельхозтехники / А. М. Мошнин, О. В. Филюшин, Д. М. Юмаев [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 120-126.

7. Арапов, И. С. Обзор технологий химической обработки металлов / И. С. Арапов, Е. А. Шамбазов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 167-174.
8. Арапов, И. С. Обзор химикатов, применяемых при химической обработке металлов / И. С. Арапов, Е. А. Шамбазов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 175-182.
9. Основы борьбы с коррозией, возникающей на сельскохозяйственной технике / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. С. Колотов, А. Г. Арженовский // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 130-136.
10. Методика обработки поверхностей трактора от абразивных частиц и важность её реализации / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, Д. М. Юмаев, А. И. Ушанев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 109-116.
11. Развитие системы межсезонного хранения сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, Г. Д. Кокорев [и др.] ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет» имени П.А. Костычева». – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2016. – 112 с.
12. Повышение эффективности очистки и мойки сельскохозяйственных машин / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, Г. Д. Кокорев [и др.] ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет» имени П.А. Костычева». – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2016. – 102 с.
13. Кокорев, Г. Д. Тенденции развития системы технической эксплуатации автомобильного транспорта / Г. Д. Кокорев, И. А. Успенский, И.

Н. Николотов // Перспективные направления автотранспортного комплекса : II Международная научно-производственная конференция, Пенза, 18–20 ноября 2009 года. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. – С. 135-138.

14. Коррозия и защита металлов / И. В. Фадеев, Ш. В. Садетдинов, И. А. Успенский [и др.] ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – 147 с.

15. Кутыраев, А. А. Антикоррозийные материалы для защиты сельскохозяйственной техники / А. А. Кутыраев, Г. И. Ушанев, А. С. Колотов // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации, Рязань, 22 декабря 2022 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» Автодорожный факультет. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 101-107.

16. Виды установок и способов нанесения защитных покрытий на поверхность сельскохозяйственной техники / А. И. Ушанев, Н. Н. Колчин, А. А. Симдянкин [и др.] // Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 23 мая 2019 года. Том Часть III. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 401-406.

17. Технические и оценочные показатели нанесения консервационного материала на поверхность сельскохозяйственных машин при применении различных способов / А. И. Ушанев, И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев [и др.] // Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 14 декабря 2017 года. Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2017. – С. 194-199.

18. Основы борьбы с коррозией, возникающей на сельскохозяйственной технике / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. С. Колотов, А. Г. Арженовский // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 130-136.

19. Ушанев, А. И. К вопросу хранения сельскохозяйственной техники / А. И. Ушанев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2016. – № 4(32). – С. 82-87.

20. Influence of the droplet size on the uniformity of the distribution of protective material over the surface of agricultural machinery / A. I. Ushanev, I. A. Uspenskiy, I. A. Yukhin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 21–22 октября 2019 года. Vol. 488. – Stavropol, 2020. – P. 012048.

21. Волченкова, В. А. Влияние размера капель защитного покрытия на равномерность его нанесения / В. А. Волченкова, И. А. Юхин, А. И. Ушанев // Актуальные вопросы применения инженерной науки : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 20 февраля 2019 года / Министерство сельского хозяйства РФ, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 232-236.

22. Волченкова, В. А. Оценка размера капель наносимого материала на поверхность сельскохозяйственной техники / В. А. Волченкова, И. А. Юхин, А. И. Ушанев // Актуальные вопросы применения инженерной науки : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 20 февраля 2019 года / Министерство сельского хозяйства РФ, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. – Рязань: РГАТУ, 2019. – С. 236-241.

23. Бышов, Н. В. Оценка вероятности растрескивания покрытия поверхности техники с учетом изменчивости его толщины / Н. В. Бышов, А. И. Ушанев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2017. – № 3(35). – С. 119-122.

24. Малюгин, С. Г. Устройство для нанесения материала грунтовки на поверхность объекта / С. Г. Малюгин, А. И. Ушанев, А. И. Тараскин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2015. – № 2(26). – С. 108-112.

25. Планирование эксперимента нанесения материала грунтовки / С. Н. Бoryчев, С. Г. Малюгин, А. С. Попов [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2014. – № 3(23). – С. 50-52.

УДК 629.113

*Колотов А.С., канд. техн. наук, доцент,
Ушанев А.И., канд. техн. наук, доцент,
Филюшин О.В., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ОТ ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИИ

Коррозия металлов представляет собой одну из наиболее серьезных проблем современной промышленности и инфраструктуры, приводящую к колоссальным экономическим потерям и техногенным авариям. Разрушение

оборудования под воздействием окружающей среды неизбежно, если не применять специальные методы защиты. Однако современное материаловедение и химическая технология выработали целый арсенал средств, позволяющих если не остановить этот процесс полностью, то замедлить его до приемлемых технических и экономических показателей. Все существующие способы можно разделить на несколько больших групп в зависимости от того, на какой принцип воздействия на металл или среду они опираются. Первым и наиболее интуитивным методом является легирование — изменение самого химического состава сплава. Вместо того чтобы защищать дешевое, но нестойкое железо, инженеры создают нержавеющие стали, добавляя в них хром, никель или молибден. В присутствии хрома на поверхности детали формируется пассивная пленка оксидов, которая становится непреодолимым барьером для кислорода и влаги. Это так называемый «анодный» метод, который разрывает сам механизм электрохимической реакции. Классическим примером служит добавление меди в низколегированные стали для атмосферостойких конструкций, где медь способствует быстрому образованию плотного слоя продуктов коррозии, защищающего основной металл.

Не менее важным направлением является нанесение защитных покрытий, которые действуют как изолирующий барьер. По своей сути покрытие отделяет агрессивную среду от поверхности металла, лишая их непосредственного контакта. Среди покрытий выделяют металлические и неметаллические виды. Металлические покрытия, такие как цинкование, алюминирование или хромирование, работают по-разному. Например, цинк не просто механически изолирует сталь, но и выполняет роль протектора, поскольку цинк является более активным металлом, чем железо. Если в покрытии возникает царапина или пора, обнажающая основной металл, цинк начинает разрушаться первым, отдавая свои электроны железу и тем самым сохраняя целостность ответственной детали. Это явление называется катодной защитой. Гораздо более древним, но не потерявшим актуальности способом является лужение — покрытие оловом, которое инертно по отношению к органическим кислотам, содержащимся в пищевых продуктах, благодаря чему оловянная консервная тара успешно существует уже два столетия. Неметаллические покрытия включают в себя лакокрасочные материалы, эмали, а также полимерные слои. Современные двухкомпонентные эпоксидные краски образуют настолько плотную и химически стойкую пленку, что могут защищать днища танкеров или подводные части буровых платформ годами, не пропуская к металлу даже ионы хлора из морской воды.

Однако одних только пассивных барьеров часто оказывается недостаточно, особенно в условиях высоких температур, высокого давления или при контакте с агрессивными электролитами, какими являются растворы кислот и щелочей. В таких случаях на помощь приходят электрохимические методы защиты. Самым известным среди них является катодная защита, основанная на искусственном смещении электрохимического потенциала металла в отрицательную сторону. Проще говоря, если деталь находится в воде или во влажном грунте, ее металл начинает работать как гальванический

элемент, где одни участки становятся анодами (разрушаются), а другие — катодами. Чтобы предотвратить это, к защищаемому оборудованию подключают внешний анод из более активного материала — протектора. Такими протекторами служат магниевые, цинковые или алюминиевые сплавы. Протектор жертвует собой, постепенно растворяясь в среде, но обеспечивает сохранность дорогостоящего стального корпуса подводной лодки, морского судна или подземного газопровода. Этот метод не требует внешнего источника тока и автономен, что делает его идеальным для удаленных объектов. Альтернативой ему является электродренажная защита с использованием выпрямителя тока. В этой схеме отрицательный полюс источника постоянного тока подключается непосредственно к охраняемому объекту, а положительный — к вспомогательному электроду-аноду, который размещается в окружающей среде. Таким образом, вся поверхность металла становится катодом, и разрушительные анодные процессы на ней просто не могут развиваться физически. Этим способом защищают огромные магистральные трубопроводы, пересекающие континенты, а также внутренние поверхности резервуаров для хранения серной кислоты.

Особого внимания заслуживает ингибиторная защита, которая кардинально отличается от всех предыдущих тем, что воздействует не на сам металл, а на окружающую его агрессивную среду. Ингибиторы — это химические соединения, которые добавляются в жидкость или газ в микроколичествах, достаточных для того, чтобы резко замедлить скорость коррозии. Механизм их действия может быть различным. Одни ингибиторы, так называемые адсорбционные, оседают на поверхности металла, создавая мономолекулярный слой, который отталкивает воду и блокирует доступ кислорода. Другие, пассиваторы, ускоряют образование защитной оксидной пленки даже на тех металлах, которые обычно склонны к активному растворению. Третьи связывают агрессивные компоненты самой среды, например, удаляют растворенный кислород из воды, превращая его в безвредные соединения. Ингибиторы незаменимы в замкнутых системах, где объем жидкости ограничен, например, в системах охлаждения автомобильных двигателей (антифризы содержат пакет ингибиторов), при кислотной очистке котлов от накипи или при перекачке нефти, содержащей примеси сероводорода. Благодаря ингибиторам можно использовать обычные углеродистые стали в условиях, которые ранее требовали применения дорогих легированных сплавов.

Наконец, нельзя забывать о технологических и конструкционных приемах, которые часто оказываются самыми дешевыми и эффективными, поскольку предотвращают саму возможность возникновения коррозии на этапе проектирования. Ключевым правилом здесь является борьба с неравномерностью аэрации и застоями электролита. Опытный конструктор всегда избегает щелей, узких зазоров и полостей, где может скапливаться влага, так как именно в этих местах чаще всего возникает щелевая коррозия. Не менее важно исключить контакт разнородных металлов в присутствии электролита. Если соединить медную трубу со стальным радиатором во влажном

помещении, возникает мощная гальваническая пара, где сталь будет разрушаться катастрофически быстро. В таких случаях между деталями устанавливают изолирующие прокладки или используют переходные элементы из менее активных сплавов. Кроме того, сама форма детали имеет значение: острые углы, заусенцы и неровности поверхности являются концентраторами напряжений и местами преимущественного начала коррозионного растрескивания. Поэтому современное оборудование проектируется с плавными переходами, скругленными кромками и максимально гладкой поверхностью, которую получают путем шлифовки или полировки. Полированная поверхность менее склонна к точечной (питтинговой) коррозии, так как на ней меньше дефектов кристаллической решетки, выступающих в роли анодных центров.

Важную роль играет также изменение технологического регламента эксплуатации. Простейшая операция осушения воздуха в помещении, где хранится чувствительное оборудование, может снизить скорость атмосферной коррозии в десятки раз. Введение в газовую фазу летучих ингибиторов, которые пропитывают упаковочные материалы, позволяет сохранять металлоизделия на складах годами безо всякого консервационного масла. В химических реакторах и нефтеперегонных колоннах активно применяют инертные газы или создают разрежение, чтобы удалить кислород, являющийся главным окислителем. Наконец, стоит упомянуть метод протекторных покрытий, основанный на использовании лент и оболочек, пропитанных специальными составами, которые постепенно выделяют ингибитор в процессе эксплуатации. Такие ленты наматываются на подземные трубопроводы в зонах нарушения заводской изоляции, обеспечивая самовосстановление защитного слоя. Комплексное применение всех перечисленных методов — от выбора правильной марки стали до поддержания оптимальной влажности и электрохимической защиты — позволяет свести ущерб от коррозии к минимуму. Полностью победить коррозию невозможно, поскольку она является термодинамически неизбежным процессом возврата металла в его природное оксидное состояние, однако разумное сочетание барьерной, электрохимической, ингибиторной и конструкционной защиты делает срок службы современного промышленного оборудования практически неограниченным.

Библиографический список

1. Совершенствование технического сервиса грузовых автомобилей для АПК / М. Э. Немытов, Ж. Г. Усманова, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев // Научно-исследовательские решения высшей школы : Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань, 26 декабря 2023 года. — Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет, 2023. — С. 335-336.
2. К вопросу о рациональном размещении предприятий автомобильного сервиса / М. Э. Немытов, Ж. Г. Усманова, Е. А. Шамбазов, Д.

М. Юмаев // Научно-исследовательские решения высшей школы : Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань, 26 декабря 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет, 2023. – С. 337-338.

3. Оценка вероятности растрескивания покрытия поверхности техники с учетом изменчивости его толщины / Д. М. Юмаев, О. В. Филюшин, А. И. Ушанев, Е. А. Шамбазов // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 156-162.

4. Перспективные разработки в современных грузоперевозках / О. В. Филюшин, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев, А. И. Ушанев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 163-169.

5. Мошнин, А. М. Инновационные технологии в автомобильной промышленности, их тенденции и перспективы развития / А. М. Мошнин, Е. А. Шамбазов, А. А. Кутыраев // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 89-96.

6. Обслуживание сельхозтехники / А. М. Мошнин, О. В. Филюшин, Д. М. Юмаев [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 120-126.

7. Арапов, И. С. Обзор технологий химической обработки металлов / И. С. Арапов, Е. А. Шамбазов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 167-174.

8. Арапов, И. С. Обзор химикатов, применяемых при химической обработке металлов / И. С. Арапов, Е. А. Шамбазов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 175-182.

9. Ushanev, A. I. Pilot installation for applying protective coating on the surface of the agricultural equipment / A. I. Ushanev, I. A. Uspensky, I. A. Yukhin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 21–22 октября 2019 года. Vol. 488. – Stavropol, 2020. – P. 012049.

10. Грунтовка как консервационное покрытие сельскохозяйственной техники / А. И. Ушанев, Н. В. Бышов, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : Межвузовский сборник научных трудов. – Саранск : Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2017. – С. 537-548.

11. Сидоров, А. А. О продлении срока эксплуатации сельскохозяйственных агрегатов / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. И. Ушанев // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 137-143.

12. Кутыраев, А. А. Хранение уборочных машин после сезонных работ / А. А. Кутыраев, Д. И. Косоруков, А. И. Ушанев // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы национальной научно-практической конференции, посвященные памяти д.т.н., профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 28 февраля 2023 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» Автодорожный факультет. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С. 257-263.

13. Повышение эффективности технологии нанесения противокоррозионного состава при постановке сельскохозяйственных машин на хранение / И. В. Фадеев, И. А. Успенский, А. И. Ушанев [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 1(295). – С. 39-42.

14. Патент на полезную модель № 163701 U1 Российская Федерация, МПК В05В 7/02. Пистолет-распылитель : № 2015150430/05 : заявл. 24.11.2015 : опубл. 10.08.2016 / И. А. Киселев, С. Г. Анурьев, А. И. Ушанев [и др.].

15. Бышов, Н. В. Разработка насадки для нанесения консервационного материала при постоянном напоре / Н. В. Бышов, И. А. Юхин, А. И. Ушанев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2017. – № 3(35). – С. 88-91.

16. Хранение сельскохозяйственной техники с соблюдением эксплуатационных требований / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. И. Ушанев, С. В. Колупаев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 61-69.

17. Методика обработки поверхностей трактора от абразивных частиц и важность её реализации / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, Д. М. Юмаев, А. И.

Ушанев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 109-116.

18. Кутыраев, А. А. Антикоррозийные материалы для защиты сельскохозяйственной техники / А. А. Кутыраев, Г. И. Ушанев, А. С. Колотов // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации, Рязань, 22 декабря 2022 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» Автодорожный факультет. – Рязань: РГАТУ, 2022. – С. 101-107.

19. Виды установок и способов нанесения защитных покрытий на поверхность сельскохозяйственной техники / А. И. Ушанев, Н. Н. Колчин, А. А. Симдянкин [и др.] // Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 23 мая 2019 года. Том Часть III. – Рязань: РГАТУ, 2019. – С. 401-406.

20. Технические и оценочные показатели нанесения консервационного материала на поверхность сельскохозяйственных машин при применении различных способов / А. И. Ушанев, И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев [и др.] // Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 14 декабря 2017 года. Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2017. – С. 194-199.

21. Основы борьбы с коррозией, возникающей на сельскохозяйственной технике / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. С. Колотов, А. Г. Арженовский // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 130-136.

*Юмаев Д.М., канд. техн. наук, доцент,
Ушанев А.И., канд. техн. наук, доцент,
Филюшин О.В., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

АНАЛИЗ СПОСОБОВ АНТИКОРРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Анализ способов антикоррозионной обработки сельскохозяйственной техники требует принципиально иного подхода, чем в случае с автомобилями гражданского назначения. Если легковой автомобиль эксплуатируется в условиях относительно предсказуемой дорожной среды, то сельхозтехника — комбайны, тракторы, посевные комплексы и почвообрабатывающие агрегаты — сталкивается с химически агрессивной средой, которая многократно ускоряет процессы разрушения металла. Удобрения, средства защиты растений, органические кислоты разлагающейся растительной массы и навозные стоки создают настоящий коктейль из электролитов, проникающих в любые зазоры и микротрещины. При этом техника работает в условиях абразивного износа от почвы и растительных остатков, что постоянно обнажает свежий металл, лишая его заводской защиты. Таким образом, классические методы, эффективные на дорогах общего пользования, на поле часто оказываются беспомощными, а сам анализ превращается в поиск баланса между ремонтпригодностью, стоимостью обработки и стойкостью к уникальному набору разрушающих факторов.

Главное отличие сельскохозяйственной техники от автомобильной заключается в режиме эксплуатации и хранения. Автомобиль движется быстро, обдувается потоком воздуха, который подсушивает кузов, и редко находится в состоянии многомесячного покоя. Сельхозтехника же подвержена сезонности: интенсивная работа в течение нескольких недель или месяцев во время посевной или уборочной сменяется длительным простоем на открытых площадках или в неотапливаемых ангарах. Именно в периоды хранения, особенно при перепадах температур и высокой влажности, коррозия наносит основной ущерб. Конденсат скапливается внутри гидравлических коммуникаций, на внутренних поверхностях бункеров и цепных передачах, которые не просыхают естественным путем. Поэтому анализ способов антикоррозионной обработки обязательно включает в себя оценку не только защитных свойств покрытий во время работы, но и их поведение в статике — способность сохранять эластичность, не отслаиваться и не способствовать накоплению влаги под слоем.

Традиционно для защиты сельхозтехники используют консервационные составы, которые наносятся на поверхность перед постановкой на длительное хранение. Это могут быть ингибированные масла, смазки типа «пушечное сало» или специальные летучие ингибиторы коррозии, помещаемые внутрь герметизированных объемов. Однако практика показывает, что эффективность

таких мер резко снижается, если техника была вымыта недостаточно тщательно. Частицы почвы, содержащие хлориды и нитраты, абсорбируют влагу и создают под слоем консервационной смазки локальные гальванические пары. Более того, современная сельхозтехника насыщена электроникой, узлами точной механики и полимерными компонентами, что ограничивает применение агрессивных растворителей и требует селективного подхода к выбору защитных материалов.

Углубляясь в анализ конкретных методов, нельзя обойти вниманием проблему защиты сварных швов и соединений разнородных металлов, которая на сельскохозяйственной технике стоит особенно остро. Комбайны и тракторы собираются из сталей различных марок, часто с добавлением алюминиевых и чугунных деталей, что создает идеальные условия для электрохимической коррозии. В присутствии электролита — а влажная почва и сок растений являются отличными проводниками — возникает разность потенциалов, и более активный металл начинает разрушаться ускоренными темпами. Анализ показывает, что традиционные лакокрасочные покрытия, даже высококачественные, не способны полностью изолировать такую пару, поскольку в зоне сварного шва неизбежно возникают поры и микротрещины. Решением может стать использование цинконаполненных грунтов, которые не просто пассивируют поверхность, а создают протекторный эффект: цинк, имея более отрицательный электродный потенциал, чем сталь, разрушается сам, защищая основной металл. Однако такие грунты уязвимы к механическим повреждениям — а на почвообрабатывающих орудиях и жатках абразивный износ неизбежен. Как только слой цинка стирается до стали, коррозия возобновляется с новой силой, причем в месте стыка покрытия возникает очаг локального разрушения.

Отдельное направление, требующее тщательного анализа, — это антикоррозионная обработка внутренних полостей и труднодоступных узлов, таких как рамы, стрелы погрузчиков, внутренние поверхности бункеров для зерна и корнеплодов. В автомобильной технике для этих целей обычно используют восковые или масляные составы, наносимые раз в год или два. На сельхозтехнике ситуация сложнее. Зерновые бункеры комбайнов подвергаются воздействию не только влаги, но и абразивного действия зерна, которое постепенно стирает любое мягкое покрытие. Более того, многие культуры — например, сахарная свекла или влажное зерно — при хранении в бункере выделяют органические кислоты, агрессивные к углеродистой стали. Поэтому для таких емкостей чаще используются полимерные покрытия на основе полиуретана или эпоксидных смол, наносимые толстым слоем. Но и у них есть недостаток: при нарушении целостности покрытия под ним начинает развиваться подпленочная коррозия, которая быстро распространяется на большие площади, отслаивая покрытие от металла. Восстановление такого покрытия в полевых условиях практически невозможно, оно требует демонтажа узла и промышленной пескоструйной обработки.

Значительные сложности возникают при защите гидравлических систем и подвижных соединений. Штоки гидроцилиндров, валы карданных передач и

шарниры навески хромированы или закалены, но именно эти узлы первыми начинают ржаветь при длительном простое. Хромовое покрытие имеет микротрещины, через которые влага и реагенты добираются до основного металла. Применение смазок здесь ограничено, поскольку они притягивают пыль и абразив, превращаясь в абразивную пасту, которая разрушает уплотнения. Анализ показывает, что наиболее эффективным для таких узлов является использование специальных консервационных составов с последующим укрытием брезентом или полимерной пленкой, но этот метод трудоемок и требует регулярного контроля. Альтернативой служат летучие ингибиторы коррозии в виде лент или пленок, которые выделяют пары, конденсирующиеся на металле и создающие мономолекулярный защитный слой. Однако такие системы работают только в замкнутом объеме и теряют эффективность при малейшей вентиляции.

Ключевым выводом из анализа способов антикоррозионной обработки сельскохозяйственной техники является понимание того, что универсального решения не существует, а любая стратегия защиты должна строиться на принципе зонирования. Наиболее ответственные несущие конструкции, от разрушения которых зависит безопасность, требуют комбинированной защиты: грунтовка с высоким содержанием цинка в сочетании с эластичным полиуретановым покрытием, устойчивым к пескоструйному эффекту от почвы. Для быстроизнашивающихся рабочих органов — ножей, лап культиваторов, шнеков — антикоррозионная обработка в классическом понимании малоэффективна, здесь единственной защитой становится либо применение нержавеющей или борированных сталей, либо регулярная замена деталей. Для гидравлических и электрических коммуникаций приоритетом является не сплошное покрытие, а создание условий для быстрого просыхания и предотвращение застоя влаги, что достигается правильной организацией хранения с уклонами и вентиляцией.

Особого внимания заслуживает фактор стоимости и технологичности обработки. Сельскохозяйственные предприятия работают с большим парком техники, и нанесение высококачественных полимерных покрытий на каждый трактор или комбайн экономически нецелесообразно. Поэтому на практике широко применяются более дешевые и быстрые методы, такие как обработка отработанным моторным маслом или дешевыми битумными эмульсиями. Анализ долгосрочной эффективности этих методов неумолим: они лишь создают иллюзию защиты, тогда как под слоем масла, смешанного с пылью, активно развивается скрытая коррозия, которая обнаруживается только при капитальном ремонте, когда металл уже потерял значительную часть сечения. Современная тенденция смещается в сторону использования так называемых двухкомпонентных систем холодного цинкования, которые, хотя и дороже при первичном нанесении, окупаются за счет продления межремонтного интервала в два-три раза.

Наконец, важнейшим аспектом, который часто выпадает из технического анализа, является организация мойки и подготовки перед обработкой. На сельскохозяйственной технике, в отличие от автомобильной, загрязнения носят

не просто грязевой, а биологический и химический характер. Остатки удобрений, особенно аммиачная селитра и хлористый калий, обладают высокой гигроскопичностью и катализируют коррозию даже при незначительной влажности воздуха. Стандартная мойка высоким давлением без применения нейтрализующих моющих средств часто лишь загоняет активные реагенты глубже в щели и микропоры. Анализ передовых хозяйств показывает, что действительно эффективная антикоррозионная обработка начинается с этапа химической нейтрализации — промывки поверхности слабыми щелочными растворами для удаления кислотных остатков удобрений, а затем тщательной сушки в течение нескольких суток в закрытом помещении. Без этого этапа даже самое дорогое и технологичное покрытие прослужит не более одного сезона, после чего начнется интенсивное подпленочное разрушение. Таким образом, системный подход к защите сельхозтехники от коррозии должен объединять правильный выбор материалов, строгое соблюдение технологии подготовки поверхности и организацию условий хранения, а не сводиться к разовому нанесению того или иного состава. Только такой комплексный анализ позволяет продлить жизнь агрегатам в тех суровых условиях, которые диктует современное интенсивное сельское хозяйство.

Библиографический список

1. Совершенствование технического сервиса грузовых автомобилей для АПК / М. Э. Немытов, Ж. Г. Усманова, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев // Научно-исследовательские решения высшей школы : Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань, 26 декабря 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет, 2023. – С. 335-336.
2. К вопросу о рациональном размещении предприятий автомобильного сервиса / М. Э. Немытов, Ж. Г. Усманова, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев // Научно-исследовательские решения высшей школы : Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань, 26 декабря 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет, 2023. – С. 337-338.
3. Оценка вероятности растрескивания покрытия поверхности техники с учетом изменчивости его толщины / Д. М. Юмаев, О. В. Филюшин, А. И. Ушанев, Е. А. Шамбазов // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 156-162.
4. Перспективные разработки в современных грузоперевозках / О. В. Филюшин, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев, А. И. Ушанев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра

Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 163-169.

5. Мошнин, А. М. Инновационные технологии в автомобильной индустрии, их тенденции и перспективы развития / А. М. Мошнин, Е. А. Шамбазов, А. А. Кутыраев // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 89-96.

6. Обслуживание сельхозтехники / А. М. Мошнин, О. В. Филюшин, Д. М. Юмаев [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 120-126.

7. Арапов, И. С. Обзор технологий химической обработки металлов / И. С. Арапов, Е. А. Шамбазов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 167-174.

8. Арапов, И. С. Обзор химикатов, применяемых при химической обработке металлов / И. С. Арапов, Е. А. Шамбазов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 175-182.

9. Методика обработки поверхностей трактора от абразивных частиц и важность её реализации / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, Д. М. Юмаев, А. И. Ушанев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 109-116.

10. Хранение сельскохозяйственной техники с соблюдением эксплуатационных требований / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. И. Ушанев, С. В. Колупаев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 61-69.

11. Бышов, Н. В. Разработка насадки для нанесения консервационного материала при постоянном напоре / Н. В. Бышов, И. А. Юхин, А. И. Ушанев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2017. – № 3(35). – С. 88-91.
12. Патент на полезную модель № 163701 U1 Российская Федерация, МПК В05В 7/02. Пистолет-распылитель : № 2015150430/05 : заявл. 24.11.2015 : опубл. 10.08.2016 / И. А. Киселев, С. Г. Анурьев, А. И. Ушанев [и др.].
13. Повышение эффективности технологии нанесения противокоррозионного состава при постановке сельскохозяйственных машин на хранение / И. В. Фадеев, И. А. Успенский, А. И. Ушанев [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 1(295). – С. 39-42.
14. Кутыраев, А. А. Хранение уборочных машин после сезонных работ / А. А. Кутыраев, Д. И. Косоруков, А. И. Ушанев // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы национальной научно-практической конференции, посвященные памяти д.т.н., профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 28 февраля 2023 года / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» Автодорожный факультет. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 257-263.
15. Сидоров, А. А. О продлении срока эксплуатации сельскохозяйственных агрегатов / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. И. Ушанев // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 137-143.
16. Грунтовка как консервационное покрытие сельскохозяйственной техники / А. И. Ушанев, Н. В. Бышов, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : Межвузовский сборник научных трудов. – Саранск : Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2017. – С. 537-548.
17. Ushanev, A. I. Pilot installation for applying protective coating on the surface of the agricultural equipment / A. I. Ushanev, I. A. Uspensky, I. A. Yukhin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 21–22 октября 2019 года. Vol. 488. – Stavropol, 2020. – P. 012049.
18. Планирование эксперимента нанесения материала грунтовки / С. Н. Бoryчев, С. Г. Малюгин, А. С. Попов [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2014. – № 3(23). – С. 50-52.
19. Малюгин, С. Г. Устройство для нанесения материала грунтовки на поверхность объекта / С. Г. Малюгин, А. И. Ушанев, А. И. Тараскин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2015. – № 2(26). – С. 108-112.

20. Бышов, Н. В. Оценка вероятности растрескивания покрытия поверхности техники с учетом изменчивости его толщины / Н. В. Бышов, А. И. Ушанев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2017. – № 3(35). – С. 119-122.

21. Волченкова, В. А. Оценка размера капель наносимого материала на поверхность сельскохозяйственной техники / В. А. Волченкова, И. А. Юхин, А. И. Ушанев // Актуальные вопросы применения инженерной науки : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 20 февраля 2019 года / Министерство сельского хозяйства РФ, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 236-241.

22. Волченкова, В. А. Влияние размера капель защитного покрытия на равномерность его нанесения / В. А. Волченкова, И. А. Юхин, А. И. Ушанев // Актуальные вопросы применения инженерной науки : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 20 февраля 2019 года / Министерство сельского хозяйства РФ, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 232-236.

23. Influence of the droplet size on the uniformity of the distribution of protective material over the surface of agricultural machinery / A. I. Ushanev, I. A. Uspenskiy, I. A. Yukhin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 21–22 октября 2019 года. Vol. 488. – Stavropol, 2020. – P. 012048.

УДК 662

*Шамбазов Е.А., магистрант 1 курса,
Юмаев Д.М., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

ОБРАБОТКА ТОПЛИВА УЛЬТРАЗВУКОМ

Ультразвуковая обработка топлива — метод, использующий силу явления кавитации, чтобы изменить структуру топлива на молекулярном уровне. Этот метод постепенно находит своё место в самых передовых и самых практичных системах двигателестроения.

Чтобы понять, как звук может изменить жидкость, нужно представить себе не просто волну, а мощное акустическое поле. Когда ультразвуковой излучатель погружают в топливо, он генерирует колебания высокой частоты, которые создают в жидкости зоны переменного давления. В фазе разрежения, когда давление падает ниже давления насыщенных паров топлива, в жидкости появляются полости. Этот процесс называется кавитацией. Когда пузырёк попадает в зону высокого давления, он коллапсирует мгновенно и

асимметрично. В точке схлопывания возникают локальные ударные волны, температура может достигать тысяч градусов, а давление — сотен атмосфер. Именно эта чудовищная микроскопическая энергия и совершает главную работу. Для топлива это означает радикальное изменение: длинные, инертные углеводородные цепочки разрываются на более короткие и активные фрагменты. Крупные асфальтеновые и парафиновые агломераты, которые обычно плавают в тяжёлом топливе в виде взвеси, дробятся до состояния гомогенной эмульсии. Важно понимать, что этот процесс имеет свой предел насыщения: после определенного времени обработки дальнейшее воздействие ультразвука перестает давать заметный эффект, и топливо достигает своего энергетически оптимального состояния. Это означает, что инженерам необходимо точно рассчитывать дозу облучения в зависимости от типа топлива, чтобы не тратить энергию на холостую кавитацию.

Исследования показывают, что после такой обработки кинематическая вязкость топлива снижается в среднем на двадцать три процента. Это критически важно: менее вязкая жидкость легче течёт по магистралям, лучше просачивается через мельчайшие отверстия форсунок и, самое главное, испаряется при гораздо более низких температурах. Из вязкого, тяжелого масла или солярки ультразвук создает более летучую и подготовленную к сгоранию субстанцию, не меняя её химической формулы, но кардинально преобразуя физическую структуру. Особенно ярко этот эффект проявляется при работе с биодизельным топливом, которое от природы обладает более высокой вязкостью и склонностью к гелеобразованию при низких температурах. Обработка ультразвуком позволяет биодизелю конкурировать с нефтяным дизелем по характеристикам распыла даже в условиях отрицательных температур, что ранее было серьезным препятствием для его широкого распространения в северных регионах. Еще один, менее очевидный, эффект кавитации — частичная десульфуризация топлива. Под воздействием экстремальных температур в схлопывающемся пузырьке серосодержащие молекулы разрушаются, что приводит к снижению содержания серы в топливе без применения дорогостоящих катализаторов. Для мазутов и тяжелых судовых топлив это открывает перспективу соответствия ужесточающимся нормам Международной морской организации без глубокой модернизации нефтеперерабатывающих заводов.

Применение ультразвук находит не только в топливном баке, а также непосредственно в процессе смесеобразования. Сгорание в двигателе — это гетерогенный процесс. Жидкое топливо не горит. Горит его пар, смешанный с воздухом. И чем мельче капли топлива, тем больше их суммарная площадь поверхности, тем быстрее они испаряются и тем полнее и равномернее происходит горение. Традиционные механические форсунки, какими бы совершенными они ни были, выдают капли с размером в десятки микрон.

Ультразвуковые распылители работают по совершенно иному принципу. Они используют эффект пьезоэлектричества: высокочастотные колебания превращают топливную плёнку в тончайший, почти туманообразный аэрозоль. В экспериментах с использованием ультразвуковых форсунок с

микроструйными матрицами (MNA) удалось достичь среднего диаметра капель всего в пятнадцать микрон, тогда как обычная форсунка давала шестьдесят микрон. Такой «сухой» туман смешивается с воздухом почти мгновенно, формируя гомогенную смесь, лишённую жидких агломератов. Принципиально важно, что ультразвуковой распылитель не требует высокого давления подачи топлива для получения мелкой фракции. В то время как современная система Common Rail гонит давление до 2500 бар исключительно ради качественного дробления струи, ультразвуковая форсунка справляется с той же задачей при значительно более низких давлениях в магистрали, снимая колоссальную нагрузку с насоса и продлевая ресурс всей топливной аппаратуры.

Последствия этого перехода от крупных капель к микроскопической взвеси ощущаются напрямую водителем и экологом. В условиях холодного пуска, когда двигатель только начинает работать и температура в цилиндрах низка, испарение обычного топлива затруднено. Ультразвуковое распыление решает эту проблему кардинально: первое воспламенение происходит гораздо раньше, а суммарный расход топлива за период прогрева сокращается примерно на тридцать процентов. Еще более существенный выигрыш наблюдается в дизельных двигателях: ультразвуковая гомогенизация смеси позволяет снизить содержание сажи в выхлопе до 60 процентов, потому что в факеле распыла практически не остается локальных зон с недостатком кислорода, в которых и рождаются частицы углерода.

Более того, технология решает проблему хранения. Обработанное кавитацией топливо дольше сохраняет свою однородность, не расслаивается и не выпадает в тяжёлый осадок при охлаждении. Это позволяет снизить затраты на дорогостоящий подогрев топлива в зимний период на складах и в баках тяжёлой техники. По сути, ультразвук делает топливо более «попкорным» на всех этапах его жизни — от хранения до выхлопа. В морском и железнодорожном транспорте, где используются огромные объёмы тяжелого дизельного топлива, уже начали внедряться проточные ультразвуковые реакторы, которые обрабатывают горючее непосредственно перед его подачей в двигатель. Такая схема позволяет не обрабатывать весь объём хранящегося топлива, а воздействовать только на ту порцию, которая будет сожжена в ближайшие минуты, что значительно экономит электроэнергию.

Однако было бы ошибкой рассматривать ультразвуковую обработку исключительно как инструмент для традиционных углеводородов. Водородная энергетика, которую многие считают конечной точкой эволюции транспорта, также открывает для этой технологии новую грань применения. Одна из ключевых проблем водородного двигателя внутреннего сгорания — контролируемое воспламенение сверхбедных смесей и высокая склонность к детонации. Экспериментальные работы показывают, что ультразвуковое распыление водородно-воздушной смеси непосредственно в камере сгорания позволяет создать исключительно равномерное распределение концентрации водорода по объёму цилиндра, устраняя локальные зоны переобогащения, которые и являются очагами аномального горения. В сочетании с пьезофорсунками, способными генерировать акустические колебания прямо в

момент впрыска, это открывает путь к созданию водородных моторов, не уступающих по надежности и плавности работы современным дизелям.

Не менее перспективным направлением является интеграция ультразвуковых излучателей в системы нейтрализации отработавших газов. Мочевина, впрыскиваемая в выпускной тракт дизельных двигателей для снижения оксидов азота, часто страдает от неполного испарения и кристаллизации при низких температурах выхлопа, что снижает эффективность SCR-катализатора и ведет к образованию твердых отложений. Пропускание раствора мочевины через ультразвуковую форсунку-распылитель непосредственно перед впрыском в выпускной коллектор дробит капли до субмикронных размеров, обеспечивая мгновенное испарение и идеальное смешивание с потоком газов. Это не только повышает степень конверсии оксидов азота, но и решает проблему закоксовывания форсунок, которая до сих пор остается головной болью для владельцев современных дизельных автомобилей.

Любопытно, что идея ультразвуковой обработки не нова. Ещё в конце двадцатого века появились патенты на карбюраторы, где ультразвуковой излучатель монтировался прямо в поплавковую камеру, создавая над поверхностью бензина аэрозольную «шапку», которая затем засасывалась в цилиндры. Позже появились устройства для обработки уже готовой топливовоздушной смеси прямо во впускном коллекторе, чтобы добить оставшиеся крупные капли. Сегодня ситуация меняется. Ультразвук перестаёт быть «дополнительной опцией» и становится необходимым инструментом для двигателей будущего. В эпоху жёстких экологических норм Евро-7 и перехода на синтетическое и водородное топливо, требования к качеству смесеобразования становятся запредельными. Механический впрыск почти достиг своего физиологического предела — дробить капли меньше определённого размера становится слишком сложно и энергозатратно.

Это та редкая технология, которая работает в тишине, незаметно для водителя, но ощутимо для его кошелька и атмосферы планеты. Мы стоим на пороге того момента, когда ультразвуковая обработка станет таким же стандартным этапом подготовки топлива, как сегодняшняя его фильтрация.

Библиографический список

1. К вопросу модернизации транспортных средств для АПК / И. А. Юхин, И. А. Успенский, А. А. Голиков, П. В. Бондарев // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : Международная конференция, Саранск, 01–03 октября 2014 года / Редколлегия: Столяров А.В. (отв. ред.), редакторы: Сенин П.В., Котин А.В., Иншаков А.П., Водяков В.Н., Савельев А.П., Левцев А.П., Наумкин Н.И., Чаткин М.Н., Комаров В.А., Ионов П.А.. – Саранск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва", 2014. – С. 181-187.

2. Тенденции перспективного развития сельскохозяйственного транспорта / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Д. С. Рябчиков [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 101. – С. 2060-2075.

3. Сбережение энергозатрат и ресурсов при использовании мобильной техники / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский [и др.]. – Рязань : РГАТУ, 2010. – 186 с.

4. Инновационные решения в технологиях и технике для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции растениеводства / И. А. Юхин, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Инновационные технологии и техника нового поколения - основа модернизации сельского хозяйства : Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, Москва, 05–06 октября 2011 года / Ответственный редактор: Лачуга Ю.Ф.. Том Часть 2. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2011. – С. 395-403.

5. Повышение эффективности использования тракторных транспортных средств на внутрихозяйственных перевозках плодоовощной продукции / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский [и др.]. – Рязань, 2012. – 264 с.

6. Патент на полезную модель № 105233 U1 Российская Федерация, МПК В60Р 1/28. Самосвальный кузов транспортного средства для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции : № 2010119314/11 : заявл. 13.05.2010 : опубл. 10.06.2011 / Г. К. Рембалович, Е. П. Булатов, Г. Д. Кокарев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

7. Лебедев, А. Т. Повышение эффективности использования машинно-тракторных агрегатов / А. Т. Лебедев, А. Г. Арженовский // Технический сервис машин. – 2019. – № 1(134). – С. 46-52.

8. Оценка времени нахождения топлива в зоне ультразвуковой обработки / Р. В. Пуков, С. В. Колупаев, А. С. Колотов, С. А. Кожин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 2(50). – С. 362-366.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022665214 Российская Федерация. Расчет потребления топлива грузовыми автомобилями при перевозке сельскохозяйственных грузов : № 2022664314 : заявл. 29.07.2022 : опубл. 11.08.2022 / А. С. Степашкина, А. В. Шемякин, С. Н. Бoryчев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева».

10. Сидоров, А. А. Некоторые особенности перевозки сельскохозяйственной продукции и удобрений / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. С. Колотов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научн.-практ. конф., посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 6-12.

*Филюшин О.В., канд. техн. наук, доцент,
Юмаев Д.М., канд. техн. наук, доцент,
Колотов А.С., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПРИСАДОК ДЛЯ ТОПЛИВА

Современный автомобилист, заливающий на заправке бензин или дизель, редко задумывается о том, что внутри его бензобака идет непрерывная, невидимая глазу химическая жизнь. Топливо — это сложный коктейль из углеводородов, который, подобно живому организму, стареет, болеет и меняет свои свойства под воздействием температуры, времени и окружающей среды. Именно здесь на сцену выходят топливные присадки, которые долгое время воспринимались водителями либо как панацея от всех бед, либо как бесполезная «химия» от маркетологов. Реальность, как всегда, находится посередине, и глубокий анализ этого вопроса показывает, что грамотное использование присадок превратилось в необходимую меру для поддержания работоспособности высокотехнологичных моторов. Это уже не бабушкино средство «для повышения октанового числа», а тонкий инструмент управления химическим процессом горения.

Прежде всего, стоит развеять главный миф, связанный с моющими присадками. Многие убеждены, что качественное топливо с заправки не нуждается в дополнительной очистке. Однако исследования показывают, что даже топливо, соответствующее стандарту Евро-5, содержит невидимые глазу смолы и олефины, которые при нагреве в камере сгорания полимеризуются и превращаются в лаковые отложения на клапанах и нагара на поршнях. Проблема усугубляется современными системами прямого впрыска, где топливо не омывает тыльную сторону впускных клапанов, оставляя их без естественной очистки. Полиизобутиленамины — вот главное действующее вещество современных моющих присадок. Их молекула устроена гениально просто и эффективно: один конец этой длинной цепочки сродни маслу и растворяется в топливе, а другой — полярный — буквально прилипает к частицам нагара или лака. Постепенно омывая детали, присадка отслаивает загрязнения микрослоями, отправляя их в камеру сгорания, где они выгорают без следа. Важнейший нюанс заключается в том, что эффект от таких составов не мгновенный. Это не стиральная машина, а скорее химический пилинг. Для очистки запущенной системы может потребоваться несколько баков топлива с присадкой, и, если резко применить мощный состав на старом двигателе с толстым слоем нагара, можно получить обратный эффект, когда отвалившиеся крупные куски загрязнений забьют катализатор или повредят кольца.

Однако монофункциональные очистители — лишь вершина айсберга. Гораздо более сложной и интересной задачей является борьба с водой в топливных системах, особенно в дизельных двигателях. В отличие от бензина, дизельное топливо гигроскопично и способно растворять в себе некоторое

количество влаги, которая при охлаждении конденсируется в баке. Свободная вода, скапливающаяся на дне, становится идеальной средой для размножения микроорганизмов. Бактерии и грибки образуют слизистые колонии, которые забивают фильтры и вызывают биокоррозию металлических деталей. Антибактериальные и деэмульгирующие присадки решают эту проблему кардинально иначе, чем механический сепаратор. Они не просто отстаивают воду, а меняют поверхностное натяжение на границе раздела фаз. Хорошая присадка-деэмульгатор заставляет мелкие капли воды сливаться в крупные, которые легко оседают и удаляются штатным фильтром-водоотделителем. Параллельно в состав вводятся биоциды — агрессивные вещества, уничтожающие бактерии в топливе. Но с ними нужно быть предельно осторожным: чрезмерное увлечение биоцидами может привести к тому, что мертвые бактерии, оставшиеся в баке, создадут еще более плотный осадок, чем живые. Поэтому современные производители предлагают двухкомпонентные системы, где сначала вносится диспергатор, поддерживающий мертвую биомассу во взвешенном состоянии, чтобы она прошла через фильтр и сгорела, и лишь затем — сам биоцид.

Отдельный и чрезвычайно актуальный для холодных регионов класс присадок — депрессоры и цетан-корректоры. Зимняя проблема дизельного топлива заключается в том, что содержащиеся в нем парафины при низких температурах кристаллизуются и превращают горючее в гель, который не просачивается через фильтр. Многие ошибочно полагают, что депрессорные присадки не дают парафинам замерзнуть, но это физически невозможно. На самом деле депрессоры, являясь высокомолекулярными полимерами, изменяют форму кристаллов парафина. В обычном топливе кристаллы вырастают острыми и длинными, быстро сцепляясь друг с другом в плотную сетку. Присадка же заставляет парафин кристаллизоваться в виде мелких компактных хлопьев, которые гораздо легче проходят через поры фильтра, даже если топливо уже помутнело. Это похоже на разницу между тем, как падает колючий снег и мелкая манная крупа. Эффект от депрессора напрямую зависит от химического состава конкретной партии топлива, и универсального рецепта не существует. Более того, попытка «реанимировать» уже застывшее топливо в баке заливкой присадки бесполезна — химическая реакция должна происходить до начала кристаллизации.

В бензиновых двигателях высокого сжатия остро стоит проблема детонации и преждевременного воспламенения. Здесь присадки выполняют роль цетан-корректоров, но для бензина. Повышение октанового числа — процесс сложный и опасный. Тетраэтилсвинец, который делал это блестяще, запрещен из-за токсичности. Современные октан-бустеры на основе анилина или метил-трет-бутилового эфира способны поднять октановое число на несколько пунктов, но платой за это становится агрессивное воздействие на резиновые уплотнения и образование токсичных продуктов сгорания. Грамотный анализ показывает, что применять октан-бустеры на постоянной основе — это тупиковый путь, сравнимый с курением для легких. Их единственное разумное предназначение — экстренная ситуация, когда по

ошибке залито низкооктановое топливо, а до заправки ехать далеко. В остальных случаях производители двигателей настоятельно рекомендуют просто заливать топливо с расчетным октановым числом, а не пытаться «добить» его химией.

Современная химия топливных присадок ушла далеко вперед от простых «омывателей». Сегодня на рынке появляются многофункциональные пакеты присадок, которые включают в себя сразу несколько компонентов: моющие полиамины, антикоррозионные ингибиторы, модификаторы трения и стабилизаторы топлива. Особого внимания заслуживают противоизносные присадки для дизельного топлива. С введением экологических норм Евро-5 и Евро-6 содержание серы в топливе снизили практически до нуля, что хорошо для природы, но плохо для насосов высокого давления, где сера выступала естественной смазкой. Противоизносные присадки на основе жирных кислот или эстеров создают на металлических поверхностях прочную адсорбционную пленку, которая выдерживает чудовищное давление в плунжерных парах. Без этой пленки современный насос Common Rail может выйти из строя за несколько тысяч километров, и здесь присадка становится жизненно необходимым элементом для регионов, где качество топлива на заправках вызывает сомнения.

Самый тонкий и спорный момент в анализе топливных присадок — это совместимость. Многие водители совершают фатальную ошибку, смешивая составы разных производителей или заливая универсальную присадку в двигатель с системой AdBlue. Химическая несовместимость может привести к выпадению осадка в баке, забиванию форсунок или нейтрализации действия одного компонента другим. Например, мощная моющая присадка может смыть защитную пленку, созданную противоизносным составом, если они не были разработаны в одном комплекте. А антигель для дизеля, смешанный с депрессором другого бренда, иногда дает обратный эффект, снижая температуру предельной фильтруемости. Именно поэтому профессиональные сервисы и производители топливных систем настоятельно рекомендуют использовать либо оригинальные присадки от автопроизводителя, либо проверенные пакеты от химических гигантов, таких как BASF или Lubrizol, которые проводят тысячасовые испытания на совместимость.

Подводя итог, можно сказать, что современные топливные присадки — это не маркетинговый обман и не панацея, а высокотехнологичный инструмент с четкими показаниями к применению. Они не способны превратить 92-й бензин в 98-й без последствий и не смогут восстановить двигатель с изношенной компрессией. Однако они могут поддерживать топливную систему в состоянии идеальной чистоты, предотвращать коррозию и биопоражение, облегчать холодный пуск и компенсировать недостатки регионального топлива. Главное правило, вытекающее из анализа их работы, — это профилактика, а не лечение. Использование мягкой дозированной присадки при каждой замене масла или перед зимним сезоном дает кумулятивный эффект, значительно продлевая ресурс дорогостоящих форсунок и насосов. Будущее же за разработкой интеллектуальных присадок с контролируемым высвобождением,

которые будут активироваться только при наступлении критических условий — например, при резком похолодании или появлении воды в баке, делая топливо по-настоящему «умным» и адаптивным к внешней среде.

Библиографический список

1. К вопросу модернизации транспортных средств для АПК / И. А. Юхин, И. А. Успенский, А. А. Голиков, П. В. Бондарев // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : Международная конференция, Саранск, 01–03 октября 2014 года / Редколлегия: Столяров А.В. (отв. ред.), редакторы: Сенин П.В., Котин А.В., Иншаков А.П., Водяков В.Н., Савельев А.П., Левцев А.П., Наумкин Н.И., Чаткин М.Н., Комаров В.А., Ионов П.А.. – Саранск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва", 2014. – С. 181-187.

2. Тенденции перспективного развития сельскохозяйственного транспорта / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Д. С. Рябчиков [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 101. – С. 2060-2075.

3. Сбережение энергозатрат и ресурсов при использовании мобильной техники / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский [и др.]. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2010. – 186 с.

4. Инновационные решения в технологиях и технике для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции растениеводства / И. А. Юхин, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Инновационные технологии и техника нового поколения - основа модернизации сельского хозяйства : Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, Москва, 05–06 октября 2011 года / Ответственный редактор: Лачуга Ю.Ф.. Том Часть 2. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2011. – С. 395-403.

5. Повышение эффективности использования тракторных транспортных средств на внутрихозяйственных перевозках плодоовощной продукции / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский [и др.]. – Рязань, 2012. – 264 с.

6. Патент на полезную модель № 105233 U1 Российская Федерация, МПК В60Р 1/28. Самосвальный кузов транспортного средства для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции : № 2010119314/11 : заявл. 13.05.2010 : опубл. 10.06.2011 / Г. К. Рембалович, Е. П. Булатов, Г. Д. Кокарев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

7. Лебедев, А. Т. Повышение эффективности использования машинно-тракторных агрегатов / А. Т. Лебедев, А. Г. Арженовский // Технический сервис машин. – 2019. – № 1(134). – С. 46-52.

8. Оценка времени нахождения топлива в зоне ультразвуковой обработки / Р. В. Пуков, С. В. Колупаев, А. С. Колотов, С. А. Кожин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 2(50). – С. 362-366.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022665214 Российская Федерация. Расчет потребления топлива грузовыми автомобилями при перевозке сельскохозяйственных грузов : № 2022664314 : заявл. 29.07.2022 : опубл. 11.08.2022 / А. С. Степашкина, А. В. Шемякин, С. Н. Бoryчев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева».

10. Сидоров, А. А. Некоторые особенности перевозки сельскохозяйственной продукции и удобрений / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. С. Колотов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 6-12.

УДК 631.3

*Гаврилин М.А., студент 5-го курса,
Сидоров А.А., студент 5-го курса,
Чурилов Д.Г., канд. техн. наук, доцент,
Полищук С.Д., д-р техн. наук, профессор
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

О ВИДАХ ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ АГРАРНОЙ ТЕХНИКИ И ПОДХОДЕ К ПОВЫШЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

В данной статье рассматриваются виды изнашивания деталей аграрной техники. Отмечаются характерные особенности каждого вида износа. В результате формируется подход повышения эксплуатационных характеристик используемых материалов, который позволяет продлить срок службы с/х машин и оборудования.

Современная аграрная техника представлена широким спектром машин различного назначения – от транспортных и почвообрабатывающих до посевных и посадочных агрегатов, оснащенных специализированными рабочими органами режущего, измельчающего, дробильного и молотильного типа [1, 2].

Интенсивной эксплуатационной деградации подвергаются основные рабочие элементы: лемеха, ножи, зубья борон, диски луцильников, лапы культиваторов и сошники сеялок.

Характер и морфология износа определяются совокупностью факторов: условиями эксплуатации, кинематикой фрикционного взаимодействия и физико-механическими свойствами материалов контактирующих поверхностей.

Существенное влияние на интенсификацию износа оказывает контакт с агрессивными средами:

- растворами минеральных удобрений;
- растворами органических удобрений;
- растворами ядохимикатов;
- растворами пестицидов.

Диагностика технического состояния эксплуатируемой техники свидетельствует о доминировании абразивного и коррозионно-механического механизмов изнашивания, составляющих до 80 % всех случаев выхода из строя. Около трети деталей, работающих в условиях длительного циклического нагружения – валы, оси, гильзы гидроцилиндров – подвержены усталостному разрушению [3, 4].

Коррозионно-механическое воздействие среды провоцирует поверхностное разрушение металла (рисунок 1) в зонах контакта, что особенно характерно для пальцев, подшипников и осей. Наиболее катастрофическим видом износа является схватывание контактирующих поверхностей.

Анализ статистики потерь материала при изнашивании демонстрирует следующее распределение:

1) механический износ и поломки составляют по 15 %, тогда как на повреждения поверхности приходится 70 %, включая износ и коррозионные процессы;

2) в структуре износных явлений доминируют адгезионный, абразивный и усталостный механизмы, при минимальной доле коррозионного воздействия (2 %).



Рисунок 1 – Пример коррозии металла

Примечательно, что абразивное изнашивание обуславливает около половины всех проблем износостойкости. Эксплуатационная деградация режущего инструментария уборочной техники проявляется в затуплении и отрыве лезвий, деформации конструктивных элементов и нарушении геометрии режущих поверхностей [5, 6, 7].

Измельчающие барабаны подвержены комплексному износу функциональных компонентов:

- подвижных и неподвижных зубьев;
- крепежных отверстий;
- посадочных мест.

Это приводит к разбалансировке вращающихся узлов. Превалирующим механизмом износа выступает коррозионно-механическое воздействие в процессе резания.

Деградация смазочных материалов в шарнирных соединениях интенсифицирует изнашивание контактирующих поверхностей, что влечет увеличение зазоров, возрастание фрикционных сил и, как следствие, усиление динамических нагрузок, снижающих эксплуатационные характеристики механизмов [8].

Нарушение функционирования опорных элементов жаток провоцирует их заглубление, возникновение колебаний и, соответственно, снижение производительности и повреждение агрегатов.

В двигателях максимальному износу подвергаются ключевые компоненты шатунно-поршневой группы:

- цилиндрические поверхности;
- кольцевые уплотнения поршней;
- опорные шейки коленчатого механизма;
- поршневые канавки.

Динамика деградации этих элементов детерминирует эксплуатационный ресурс силового агрегата, причем степень износа обусловлена следующими факторами:

- комплексным воздействием температурных нагрузок;
- конструктивными особенностями коленчатого вала;
- фрикционными взаимодействиями.

В почвообрабатывающих орудиях наблюдается износ корпусных опор культиваторов, деградация лемехов и рабочих органов, что существенно ухудшает качество обработки почвы, повышает энергозатраты и расход горюче-смазочных материалов.

Характерными дефектами культиваторных лап (рисунок 2) являются: затупление режущих кромок, износ лезвий и носовой части, образование сколов и трещин на рабочих поверхностях [9, 10].

Комплексный подход к повышению эксплуатационной надежности сельскохозяйственной техники неразрывно связан с минимизацией процессов изнашивания деталей. Оптимизация износостойкости компонентов обеспечивает не только безопасность эксплуатации агрегатов, но и существенное сокращение материально-технических затрат [11].



Рисунок 2 – Характерные дефекты
культиваторных лап в результате износа

Формирование защитных покрытий на рабочих поверхностях с применением инновационных методов нанесения и термической обработки представляет собой эффективный механизм противодействия износу. При этом выбор технологий нанесения и материалов покрытий детерминируется спецификой эксплуатационных условий и характером износа.

Электролитическое железнение и хромирование зарекомендовали себя как универсальные методы, обеспечивающие как восстановление геометрии изношенных элементов, так и придание поверхностным слоям требуемых физико-механических характеристик.

Особую эффективность демонстрируют композиционные покрытия, формируемые осаждением металлов совместно с высокостойкими частицами:

- оксидами;
- карбидами;
- силицидами;
- нитридами;
- боридами;
- ультрадисперсными углеродными материалами.

Однослойные углеродные нанотрубки (ОУНТ) представляют собой цилиндрические наноструктуры с уникальной морфологией, характеризующиеся соотношением длины к диаметру в несколько тысяч раз при типичном поперечном сечении около 1 нанометра. В основе их архитектуры лежит принцип конформационного преобразования графенового монослоя, состоящего из гексагонально упорядоченных атомов углерода, в бесшовную цилиндрическую конфигурацию [12].

Терминальные участки ОУНТ увенчаны полусферическими куполами, структурная организация которых базируется на комбинации пента- и гексагональных углеродных циклов, морфологически родственных половине молекулы фуллерена.

Структурная конфигурация атомов углерода в однослойных углеродных нанотрубках детерминирует их электрофизические характеристики, варьирующиеся от металлического до полупроводникового типа проводимости,

причем данные наноструктуры демонстрируют феномен баллистического транспорта носителей заряда в условиях комнатных температур.

Применение однослойных углеродных нанотрубок (рисунок 3), защищенных соответствующей торговой маркой, демонстрирует максимальную эффективность в современных технологических решениях.

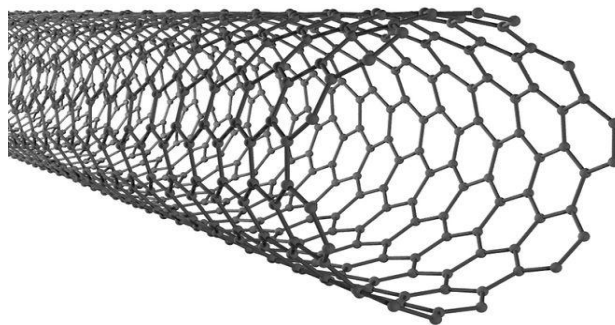


Рисунок 3 – Пример однослойной углеродной нанотрубки

Промышленное производство графеновых нанотрубок на территории РФ характеризуется цилиндрической структурой материала с диаметром 1,6 нм при протяженности свыше 5 мкм, образованной свернутыми атомарными углеродными слоями. Высококонцентрированный аддитив, содержащий не менее 75 % одностенных углеродных нанотрубок, представляет собой универсальный модификатор, обеспечивающий комплексное повышение физико-механических и электротермических характеристик широкого спектра материалов, включая следующие элементы:

- полимерные композиции;
- эластомеры;
- металлические системы.

При внесении соответствующих наночастиц в электролит в концентрации даже 1 тысячной масс. % наблюдается существенное повышение эксплуатационных характеристик получаемых материалов.

Библиографический список

1. О повышении эффективности использования сельскохозяйственной техники / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. И. Ушанев, А. Г. Арженовский // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 12-18.

2. Ерохин, А. В. Главные аспекты технического обслуживания сельскохозяйственной техники / А. В. Ерохин, А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин // Перспективы развития транспортной системы в Российской Федерации :

Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, приуроченной к профессиональному празднику - Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 25 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 196-201.

3. Методика обработки поверхностей трактора от абразивных частиц и важность её реализации / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, Д. М. Юмаев, А. И. Ушанев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 109-116.

4. Основы борьбы с коррозией, возникающей на сельскохозяйственной технике / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. С. Колотов, А. Г. Арженовский // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 130-136.

5. Подход к диагностированию тракторов агропромышленного комплекса / Э. В. Кузнецова, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2025. – Т. 17, № 2. – С. 93-100.

6. Сидоров, А. А. Важные составляющие технического обслуживания сельскохозяйственных машин / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, Д. Г. Чурилов // 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. 30-31.

7. Сидоров, А. А. О Бережной эксплуатации сельскохозяйственной техники / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, С. Д. Полищук // 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. 26-27.

8. Сидоров, А. А. К вопросу повышения производительности сельскохозяйственных машин / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, И. Ю. Богданчиков // 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. 28-29.

9. Петров Ю. Н. Восстановление изношенных деталей гальваническими и полимерными покрытиями / Ю. Н. Петров // Межвузовский сборник статей. – Кишинев, 1992. - С. 27-31.

10. Сидоров, А. А. Использование сенсорных устройств при диагностировании сельскохозяйственной техники / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, И. Ю. Богданчиков // 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.
11. Сидоров, А. А. Оценка своевременности ремонта тракторов / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, В. В. Чурилова // 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. 24-25.
12. Чурилов, Д.Г. Технология диспергирования наноматериалов на основе углерода/ Д.Г. Чурилов, И.С. Арапов // Приоритетные направления нацнотехнологического развития агропромышленного комплекса РОССИИ. Материалы Национальной научно-практической конференции.- 2019. -С. 486-492.
13. Кутыраев, А. А. Антикоррозионные материалы для защиты сельскохозяйственной техники / А. А. Кутыраев, Г. И. Ушанев, А. С. Колотов // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации, Рязань, 22 декабря 2022 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» Автодорожный факультет. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 101-107.
14. Виды установок и способов нанесения защитных покрытий на поверхность сельскохозяйственной техники / А. И. Ушанев, Н. Н. Колчин, А. А. Симдянкин [и др.] // Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса : Материалы 70-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 23 мая 2019 года. Том Часть III. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 401-406.
15. Технические и оценочные показатели нанесения консервационного материала на поверхность сельскохозяйственных машин при применении различных способов / А. И. Ушанев, И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев [и др.] // Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 14 декабря 2017 года. Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2017. – С. 194-199.
16. Основы борьбы с коррозией, возникающей на сельскохозяйственной технике / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. С. Колотов, А. Г. Арженовский // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной

24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 130-136.

17. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике / А. А. Уткин, Г. Д. Кокорев, А. А. Голиков, А. С. Колотов // 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; ФГБОУВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2017. – С. 368-371.

18. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка: практикум : Практикум для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 35.03.06 - "Агроинженерия" и направлению подготовки магистров 35.04.06 - "Агроинженерия" / А. Г. Арженовский, С. В. Асатурян, С. Л. Никитченко [и др.]. – Зерноград : Азово-Черноморский инженерный институт - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Донской государственный аграрный университет" в г. Зернограде, 2015. – 166 с.

19. Разработка теоретических положений по распознаванию класса технического состояния техники / И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев, И. Н. Николотов, С. Н. Гусаров // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств : Материалы XV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора Игоря Николаевича Арина, Владимир, 20–22 ноября 2013 года / Под общей редакцией А.Г. Кириллова. – Владимир: Владимирский государственный университет, 2013. – С. 110-113.

20. Инновационные машинные технологии в картофелеводстве России / С. С. Туболев, Н. Н. Колчин, Н. В. Бышов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 10. – С. 3-5.

21. Коррозия и защита металлов / И. В. Фадеев, Ш. В. Садетдинов, И. А. Успенский [и др.] ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева. – Рязань : РГАТУ, 2021. – 147 с.

22. Методика обработки поверхностей трактора от абразивных частиц и важность её реализации / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, Д. М. Юмаев, А. И. Ушанев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 109-116.

23. Хранение сельскохозяйственной техники с соблюдением эксплуатационных требований / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. И. Ушанев,

С. В. Колупаев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 61-69.

24. Методика обработки поверхностей трактора от абразивных частиц и важность её реализации / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, Д. М. Юмаев, А. И. Ушанев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 109-116.

25. Фадеев, И. В. Повышение коррозионной стойкости стали 10 / И. В. Фадеев, Ш. В. Садетдинов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2015. – № 2(41). – С. 107-114.

УДК 62-592

*Ушанев А.И., канд. техн. наук, доцент,
Филюшин О.В., канд. техн. наук,
Шамбазов Е.А., магистрант 1 курса
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОСМОТР ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЕЙ

Когда речь заходит об автомобиле, первое, что обычно приходит на ум, — это двигатель, мощность или дизайн кузова. Однако есть система, которая находится в тени этих громких характеристик, но от которой в буквальном смысле зависит жизнь. Это тормозная система. Её задача не разгонять многотонную машину, а останавливать её, превращая кинетическую энергию движения в тепловую энергию трения. На протяжении более ста лет эволюции автомобиля инженеры бились над одной и той же проблемой: как сделать остановку максимально эффективной, безопасной и предсказуемой. И ответ на этот вопрос оказался гораздо сложнее, чем простой рычаг, прижимающий колодку к колесу.

На заре автомобилестроения тормозные системы были механическими и примитивными. Они воздействовали чаще всего только на задние колёса, а управлялись они системой тросов и тяг, похожей на велосипедную. Водителю приходилось прилагать колоссальные физические усилия, чтобы замедлить движение. Эффективность таких механизмов оставляла желать лучшего, особенно в сырую погоду или на крутых спусках. Именно тогда и зародилась базовая концепция трения: на колёсах устанавливались барабаны, внутри которых разжимались колодки. Но главный недостаток заключался в

неравномерности нажатия — если тяги перекашивались, машину уводило в сторону, а остановочный путь оставался катастрофически длинным. Тем не менее, именно механическая система заложила ту логику, которая остаётся неизменной и сегодня: водитель задаёт усилие, а система его передаёт и усиливает.

Прорывом стало внедрение гидравлики, которое произошло в первой половине XX века. Принцип, открытый ещё Паскалем, гласит, что давление, приложенное к жидкости в замкнутом объёме, передаётся во все точки без изменения. В случае с тормозами это означало, что лёгкое нажатие на педаль передаёт усилие на главный тормозной цилиндр, который выталкивает жидкость по трубкам к рабочим цилиндрам на каждом колесе. Колодки при этом прижимаются к тормозному барабану или диску с теоретически одинаковой силой. Это стало настоящей революцией: тормоза стали более отзывчивыми и равномерными. Водителю больше не нужно было быть силачом, достаточно было лишь развить определённое усилие на педали. Однако гидравлика оказалась капризна: она боялась попадания воздуха в систему, так как пузырьки сжимаемы, что приводило к проваливанию педали и полному отказу тормозов. Появились бачки с жидкостью, требующие регулярной замены и контроля уровня, а также сложные манжеты и поршни, которые должны были сохранять герметичность годами. Отдельной строкой в истории гидравлики стоит проблема гигроскопичности: тормозная жидкость на гликолевой основе неизбежно впитывает влагу из атмосферы через микротрещины в уплотнениях, и по мере накопления воды температура кипения жидкости падает со штатных 230-260 градусов до критических 150-160, при которых в системе образуются паровые пробки, а педаль уходит в пол.

Следующим этапом эволюции стал переход от барабанных тормозов к дисковым. В барабанной системе колодки упрутся во внутреннюю поверхность вращающегося барабана, которая расширяется при нагреве. Этот эффект, известный как «тепловое расширение», приводит к тому, что при интенсивном торможении барабан буквально уходит от колодок, и педаль становится «ватной». Кроме того, закрытая конструкция плохо отводила тепло и продукты износа, а при попадании воды её эффективность падала практически до нуля, пока вода не испарится от трения.

Дисковый тормозной механизм, где плоский диск зажат между двумя колодками снаружи, решил эти проблемы радикально. Диск открыт воздуху, поэтому он охлаждается гораздо быстрее, вода с него слетает центробежной силой мгновенно, а стальная или керамическая поверхность обеспечивает стабильный коэффициент трения даже при высоких температурах. Стремясь выжать из этой конструкции максимум, инженеры в 1970-х годах придумали вентилируемый диск — по сути, два плоских диска, соединённых перемычками-лопатками, которые при вращении работают как центробежный насос, прогоняя воздух через внутреннюю полость и снижая рабочую температуру узла на 30-40 процентов. Сегодня дисковые тормоза стоят на всех колёсах большинства легковых автомобилей, хотя барабаны иногда ещё можно встретить на задней оси бюджетных малолитражек — из-за их способности

эффективно работать в качестве стояночного (ручного) тормоза и дешевизны производства.

Но прогресс не остановился на простой гидравлике с дисками. По мере того, как мощности двигателей росли, а скорости увеличивались, человеческих рефлексов оказалось недостаточно для управления торможением в критических ситуациях. Именно так на свет появились электронные помощники. Первым и самым значимым из них стала антиблокировочная система, или ABS. Её гениальная идея заключается в том, что заблокированное колесо, скользящее юзом, имеет гораздо меньшее сцепление с дорогой, чем колесо, которое продолжает вращаться. Кроме того, на заблокированных колёсах автомобиль становится неуправляемым — он не реагирует на поворот руля. Датчики ABS отслеживают вращение каждого колеса сотни раз в секунду, и как только какое-либо колесо пытается остановиться, электронный блок на микросекунду снижает давление в его тормозном контуре, позволяя колесу провернуться и снова затормозить. Водитель при этом чувствует характерную пульсацию на педали, но главное — машина остаётся управляемой и тормозит максимально эффективно на любой поверхности, будь то мокрый асфальт или рыхлый снег. Без ABS водитель должен был бы делать это сам, прерывисто нажимая на педаль, что в панике почти невозможно.

Развитие электроники привело к созданию систем гораздо более сложных, чем просто ABS. Сегодня тормозная система интегрирована в единый комплекс курсовой устойчивости, который называют ESP или ESC. Эта система умеет не только предотвращать блокировку колёс, но и принудительно затормаживать отдельные колёса по команде компьютера. Например, если при повороте у автомобиля возникает недостаточная поворачиваемость (снос передней оси), система может слегка притормозить заднее внутреннее колесо, создавая корректирующий момент и вписывая машину в дугу. Это полностью цифровое управление, где педаль тормоза уже не связана напрямую с колёсами — она лишь задаёт желание водителя, а компьютер сам решает, как распределить усилия, чтобы остановка была не только быстрой, но и безопасной с точки зрения устойчивости автомобиля.

Современные системы пошли ещё дальше, отказавшись от вакуумного усилителя тормозов, который ранее использовал разрежение во впускном коллекторе двигателя для помощи водителю. Теперь на сцену вышли электрогидравлические и полностью электрические системы brake-by-wire. Здесь движение педали преобразуется в электрический сигнал, который обрабатывается процессором, а давление в магистралях создаётся мощным электродвигателем с насосом. Это позволило реализовать функции, о которых водители прошлого не могли и мечтать: автоматическое торможение перед препятствием, удержание автомобиля на подъёме без помощи ручника, сушка колодок в дождливую погоду (система сама слегка прижимает колодки к диску, чтобы испарить влагу) и даже адаптивный круиз-контроль, способный плавно замедлять машину в потоке без участия человека.

Заглядывая в будущее, можно увидеть, что привычная фрикционная пара «диск-колодка» постепенно уходит в прошлое. Гибридные и электрические

автомобили активно используют режим рекуперативного торможения, когда электродвигатель переводится в режим генератора, замедля колёса за счёт сопротивления вращению и возвращая энергию обратно в батарею. Механические тормоза в таких машинах служат лишь для экстренной окончательной остановки или на очень низких скоростях. Свою лепту в революцию материалов вносят и сами диски: углерод-керамические композиты, пришедшие из авиации и автоспорта, уже сегодня устанавливаются на серийные спорткары. Их преимущество не столько в более высоком коэффициенте трения, сколько в феноменальной термостабильности — керамический диск сохраняет номинальные характеристики при температурах, при которых стальной уже начинает «плыть», а чугунный и вовсе трескается от термического шока. Возможно, через два десятилетия гидравлическая жидкость, тормозные цилиндры и даже привычные колодки останутся только в музеях, уступив место мощным линейным электромагнитным приводам и рекуперации. Но какова бы ни была физическая реализация, главная цель останется неизменной — дать водителю и пассажирам то самое чувство уверенности, когда нажатие педали превращает безудержное движение в спокойную, контролируемую остановку.

Библиографический список

1. Совершенствование технического сервиса грузовых автомобилей для АПК / М. Э. Немытов, Ж. Г. Усманова, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев // Научно-исследовательские решения высшей школы : Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань, 26 декабря 2023 года. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С. 335-336.
2. К вопросу о рациональном размещении предприятий автомобильного сервиса / М. Э. Немытов, Ж. Г. Усманова, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев // Научно-исследовательские решения высшей школы : Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань, 26 декабря 2023 года. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С. 337-338.
3. Перспективные разработки в современных грузоперевозках/ О. В. Филюшин, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев, А. И. Ушанев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 163-169.
4. Мошнин, А. М. Инновационные технологии в автомобильной индустрии, их тенденции и перспективы развития / А. М. Мошнин, Е. А. Шамбазов, А. А. Кутыраев // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 89-96.

5. Обслуживание сельхозтехники / А. М. Мошнин, О. В. Филюшин, Д. М. Юмаев [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 120-126.
6. Анализ тормозных систем грузовых автомобилей / Г. К. Рембалович, И. А. Успенский, Д. М. Юмаев, Е. А. Шамбазов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 152-159.
7. Безопасность транспортных перевозок / А. И. Ушанев, О. В. Филюшин, А. А. Желтоухов [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 300-306.
8. Прогнозирование изменения технического состояния тормозной системы образца мобильного транспорта в процессе эксплуатации / Г. Д. Кокорев, И. А. Успенский, Е. А. Панкова [и др.] // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции : Доклады Международной научно-практической конференции, Минск, 21–22 марта 2013 года. – Минск: Белорусский государственный аграрный технический университет, 2013. – С. 197-200.
9. Разработка теоретических положений по распознаванию класса технического состояния техники / И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев, И. Н. Николотов, С. Н. Гусаров // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств : Материалы XV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора Игоря Николаевича Арина, Владимир, 20–22 ноября 2013 года / Под общей редакцией А.Г. Кириллова. – Владимир: Владимирский государственный университет, 2013. – С. 110-113.
10. Кокорев, Г. Д. Тенденции развития системы технической эксплуатации автомобильного транспорта / Г. Д. Кокорев, И. А. Успенский, И. Н. Николотов // Перспективные направления автотранспортного комплекса : II Международная научно-производственная конференция, Пенза, 18–20 ноября 2009 года. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. – С. 135-138.
11. Патент на полезную модель № 81152 U1 Российская Федерация, МПК В62D 37/00. Устройство для стабилизации положения транспортного средства : № 2008139805/22 : заявл. 07.10.2008 : опубл. 10.03.2009 / С. В. Минякин, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] ; заявитель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт механизации агрохимического и материально-технического обеспечения сельского хозяйства.

12. Патент № 2648924 С2 Российская Федерация, МПК F16D 66/02. Устройство для контроля изнашивания тормозной колодки : № 2016137464 : заявл. 19.09.2016 : опубл. 28.03.2018 / А. А. Симдянкин, И. А. Успенский, Н. В. Бышов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ).
13. Определение удельного электрического сопротивления сдвига фрикционной накладки тормозной колодки относительно металлической пластины (корпуса) / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Н. В. Лимаренко [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 3(59). – С. 395-405.
14. Переработка шин и их элементов / И. А. Афиногенов, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 124. – С. 366-389.
15. Оценка методов диагностирования керамических тормозных дисков / Д. А. Воробьев, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] // Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 20 февраля 2020 года / Министерство сельского хозяйства РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева». – Рязань: РГАТУ, 2020. – С. 223-228.
16. Патент № 2612950 С Российская Федерация, МПК G01L 5/13. Способ определения силы сопротивления рабочих машин : № 2015152717 : заявл. 08.12.2015 : опубл. 14.03.2017 / А. Г. Арженовский, С. В. Асатурян, И. И. Чичиланов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Донской ГАУ).
17. Патент № 2620983 С Российская Федерация, МПК G01L 5/13, G01M 17/007. Способ определения силы сопротивления рабочих машин : № 2015154356 : заявл. 17.12.2015 : опубл. 30.05.2017 / А. Г. Арженовский, С. В. Асатурян, И. И. Чичиланов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Донской ГАУ).

*Юмаев Д.М., канд. техн. наук, доцент,
Ушанев А.И., канд. техн. наук, доцент,
Филюшин О.В., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Если еще относительно недавно основная задача топливного фильтра сводилась к задержанию песка и ржавчины, видимых даже без специального оборудования, то сегодняшние реалии диктуют совершенно иные требования. Массовый переход дизельных двигателей на системы Common Rail с давлением впрыска, достигающим 2500 бар, превратил процесс фильтрации в критически важную дисциплину, от которой напрямую зависит ресурс дорогостоящей топливной аппаратуры. Толщина человеческого волоса составляет около 70 микрон, тогда как современные фильтры должны задерживать частицы размером всего 3-5 микрон, и делать это с эффективностью 97-99 процентов. Это означает, что загрязнение, способное вывести из строя прецизионную плунжерную пару, в четырнадцать раз тоньше человеческого волоса, и борьба с ним требует принципиально новых инженерных решений.

Ключевым направлением развития стало создание многоступенчатых систем фильтрации, где каждый элемент выполняет строго определенную функцию. Классическая схема начинается с фильтра грубой очистки, который часто называют водным сепаратором. Удаление воды из дизельного топлива сегодня выходит на первый план, поскольку именно влага является причиной ухудшения смазывающих свойств топлива, возникновения коррозии и, как следствие, катастрофического износа насосов высокого давления и форсунок. Традиционные гравитационные методы отстаивания, требовавшие больших емкостей и длительного времени, уступили место коалесцентным технологиям. Принцип коалесценции гениален в своей простоте: топливо продавливается через специальный многослойный фильтрующий материал, где мельчайшие капельки воды, словно роса на паутине, налипают на волокна, сливаются друг с другом и превращаются в крупные капли, которые затем под действием силы тяжести падают в сборный стакан. Этот метод позволяет удалять до 95 процентов свободной воды, что кардинально повышает надежность топливной системы.

Однако вода — лишь один из врагов. Не менее серьезную проблему представляют твердые механические примеси, которые могут быть абразивными и вызывать микроцарапины на зеркале плунжеров. Для их задержания применяются фильтры тонкой очистки, и именно здесь произошла настоящая революция в материаловедении. Старые однослойные бумажные фильтры, разработанные десятилетия назад, уже не способны обеспечить требуемую степень очистки. Им на смену пришли двухслойные, а в перспективе и трехслойные композитные шторы, представляющие собой

комбинацию синтетических волокон и целлюлозы. Такая структура позволяет достичь высокой грязеемкости без существенного роста гидравлического сопротивления — фильтр может удерживать большое количество загрязнений, сохраняя при этом нормальную пропускную способность. Современные высокоэффективные фильтры способны задерживать мельчайшие частицы, которые раньше беспрепятственно проходили через фильтрующий материал, но платой за эту эффективность становится более быстрое засорение, что требует тщательного расчета ресурса и интервалов замены.

Параллельно с совершенствованием традиционных фильтров активно развиваются альтернативные способы очистки, особенно актуальные для промышленных масштабов и тяжелой техники. Одним из перспективных направлений является центробежная сепарация, где загрязнения отделяются под действием центробежных сил при вращении ротора с высокими оборотами. Этот метод эффективен, но ограничен высокой стоимостью оборудования, энергоемкостью и сложностью обслуживания. Другой подход — использование пористых полимерных материалов, которые не просто фильтруют, а активно поглощают загрязнения. Разработки в этой области, такие как материал «АПРИСОРБ», демонстрируют впечатляющие результаты: полнота очистки может достигать 99,8 процентов, а материал способен не только удерживать воду и механические примеси, но и самоочищаться в процессе работы. Уникальность таких материалов заключается в том, что эффективная очистка обеспечивается не столько размером пор, сколько объемностью структуры и извилистостью поровых каналов, что позволяет задерживать частицы даже меньшего размера, чем средний диаметр поры.

На стыке химии и механики находятся методы адсорбционной и химической очистки. Для глубокой осушки топлива могут использоваться синтетические цеолиты — молекулярные сита, которые избирательно поглощают воду. Этот способ примерно в три раза дешевле центробежной сепарации, а цеолиты способны выдерживать до двух тысяч циклов регенерации, сохраняя до 70 процентов первоначальной активности. Однако их применение ограничено быстрым снижением скорости фильтрации при наличии других загрязнений и сложностью термической регенерации. Существуют и экзотические методы, такие как обработка топлива негашеной известью, где вода связывается химически с образованием гидроксида кальция, который затем удаляется механически. Но такие методы требуют тщательной лабораторной проверки совместимости с конкретным топливом и пока не нашли широкого промышленного применения.

Современный анализ способов фильтрации дизельного топлива был бы неполным без учета новых вызовов, связанных с переходом на альтернативные и биотоплива. Использование гидроочищенных растительных масел, пиролизных масел из шин и пластика, а также биодизеля требует пересмотра подходов к фильтрации. Исследования показывают, что в таких топливах могут присутствовать специфические загрязнители, включая остаточный глицерин, мыла и мягкие органические частицы, которые ведут себя иначе, чем традиционная абразивная пыль. Например, глицерин, побочный продукт

производства биодизеля, при охлаждении может выпадать в осадок и забивать фильтры, а его удаление требует специальных методов, включая использование глубоких эвтектических растворителей — экологичных веществ на основе хлорида холина и мочевины. Ученые из Санкт-Петербургского университета разработали метод очистки биодизеля с помощью таких растворителей, который оказался эффективнее всех предыдущих способов и при этом экономичен, и безопасен для окружающей среды.

Отдельного внимания заслуживают керамические мембранные технологии, которые находятся на переднем крае науки о разделении. Эксперименты с керамическими микрофильтрационными мембранами на основе микросфер летучих зол со средним размером пор 0,46 микрона показывают принципиальную возможность разделения эмульсий дизельное топливо-вода с эффективностью задержания топлива от 75 до 96 процентов. Однако практическое применение таких мембран сталкивается с серьезной проблемой: в процессе фильтрации наблюдается колоссальное падение потока — с 2900-4400 литров на квадратный метр в час до всего 40-80 литров из-за осаждения мельчайших капель топлива на стенках пор. Это явление, известное как концентрационная поляризация, пока ограничивает использование мембранной технологии в коммерческих системах, но активные исследования в этой области дают надежду на появление в будущем гибридных систем, сочетающих мембранное разделение с другими методами.

Анализируя все многообразие современных способов фильтрации, можно сделать вывод, что наиболее эффективным является комплексный подход, объединяющий несколько методов. Одиночная технология, будь то простая фильтрация через бумагу или даже центробежная сепарация, не может решить все проблемы одновременно. Исследования показывают, что эффективность фильтрации с применением любых однотипных элементов со временем снижается, в то время как комбинация различных методов позволяет поддерживать высокое качество очистки на протяжении длительного времени. Примером такого комплексного подхода является технология канадской фирмы «FILTERVAK», представляющая собой многоступенчатую систему с предварительными стрейнер-фильтрами, коалесцирующими сепараторами, фильтрами тонкой очистки и регенерирующими фильтрами. Российская технология «ДИТО» идет еще дальше, включая подогрев топлива, его сепарацию и гомогенизацию в вихревом аппарате под действием центробежных сил с последующей фильтрацией и стабилизацией. Такие комплексные решения, хотя и более дорогие на этапе внедрения, обеспечивают наилучшую защиту топливной аппаратуры и, в конечном счете, оказываются экономически оправданными.

Будущее фильтрации дизельного топлива, вероятно, будет связано с интеллектуализацией и адаптивностью систем. Уже сегодня можно говорить о тенденции создания «умных» фильтров, которые не просто задерживают загрязнения, но и анализируют состояние топлива, определяют степень засоренности элемента и передают информацию на блок управления двигателем. Такие системы позволяют не только своевременно предупреждать о

необходимости замены фильтра, но и диагностировать проблемы с качеством топлива на ранних стадиях. Развитие наноматериалов открывает перспективы создания фильтрующих сред с заданными свойствами, способных избирательно удалять определенные типы загрязнений, включая растворенную воду и микроорганизмы. А появление новых методов, таких как использование глубоких эвтектических растворителей для химической очистки, показывает, что граница между фильтрацией как механическим процессом и химической обработкой топлива постепенно стирается, уступая место единой науке о подготовке горючего, где каждый метод находит свое место в сложной иерархии очистки, обеспечивающей долгую и надежную работу современного дизельного двигателя.

Библиографический список

1. Мошнин, А. М. Инновационные технологии в автомобильной индустрии, их тенденции и перспективы развития / А. М. Мошнин, Е. А. Шамбазов, А. А. Кутыраев // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 89-96.
2. Инновационные методы топливообработки [Сочетание ультразвукового и электромагнитного способов обработки моторного топлива] / А. А. Симдянкин, Н. В. Бышов, С. Н. Борычев [и др.] // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2015. – № 1. – С. 45.
3. Техничко-экономическая оценка устройства для обработки топлива дизельных двигателей автотракторных агрегатов волнами СВЧ диапазона / В. Е. Сорокин, А. Н. Бачурин, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2024. – Т. 16, № 3. – С. 178-185.
4. Расчет расхода топлива КАМАЗ 54901-70014-Са / И. А. Успенский, П. С. Синицин, И. А. Юхин [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2025. – Т. 17, № 3. – С. 148-155.
5. Оценка топливопотребления двигателей при ультразвуковой обработке топлива / Р. В. Пуков, А. А. Симдянкин, И. А. Успенский [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 11. – С. 12-17.
6. Успенский, И. А. Усовершенствованная технология и средство диагностирования фильтров тонкой очистки дизельного топлива системы топливоподачи "Common Rail" / И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев // Сборник научных работ студентов Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева : По материалам научно-практической конференции "Инновационные направления и методы реализации научных

исследований в АПК", Рязань, 02–07 сентября 2012 года. – Рязань, 2012. – С. 43-48.

7. Инновационные технологии оценки ресурса фильтров тонкой очистки топлива системы Common Rail / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, А. А. Симдянкин [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 2. – С. 9-12.

8. Оценка фильтрующего элемента фильтра тонкой очистки топлива на основе изменения разряжения в топливопроводе системы питания COMMON RAIL / А. А. Симдянкин, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 104. – С. 211-221.

9. Инновационные методы топливообработки / А. А. Симдянкин, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 3. – С. 16-18.

10. К вопросу модернизации транспортных средств для АПК / И. А. Юхин, И. А. Успенский, А. А. Голиков, П. В. Бондарев // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : Международная конференция, Саранск, 01–03 октября 2014 года / Редколлегия: Столяров А.В. (отв. ред.), редакторы: Сенин П.В., Котин А.В., Иншаков А.П., Водяков В.Н., Савельев А.П., Левцев А.П., Наумкин Н.И., Чаткин М.Н., Комаров В.А., Ионов П.А.. – Саранск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва", 2014. – С. 181-187.

11. Тенденции перспективного развития сельскохозяйственного транспорта / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Д. С. Рябчиков [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 101. – С. 2060-2075.

12. Сбережение энергозатрат и ресурсов при использовании мобильной техники / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский [и др.]. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2010. – 186 с.

13. Инновационные решения в технологиях и технике для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции растениеводства / И. А. Юхин, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Инновационные технологии и техника нового поколения - основа модернизации сельского хозяйства : Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, Москва, 05–06 октября 2011 года / Ответственный редактор: Лачуга Ю.Ф.. Том Часть 2. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2011. – С. 395-403.

14. Повышение эффективности использования тракторных транспортных средств на внутрихозяйственных перевозках плодоовощной продукции / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский [и др.]. – Рязань, 2012. – 264 с.

15. Патент на полезную модель № 105233 U1 Российская Федерация, МПК В60Р 1/28. Самосвальный кузов транспортного средства для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции : № 2010119314/11 :

заявл. 13.05.2010 : опубл. 10.06.2011 / Г. К. Рембалович, Е. П. Булатов, Г. Д. Кокарев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

16. Лебедев, А. Т. Повышение эффективности использования машинно-тракторных агрегатов / А. Т. Лебедев, А. Г. Арженовский // Технический сервис машин. – 2019. – № 1(134). – С. 46-52.

17. Оценка времени нахождения топлива в зоне ультразвуковой обработки / Р. В. Пуков, С. В. Колупаев, А. С. Колотов, С. А. Кожин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 2(50). – С. 362-366.

18. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022665214 Российская Федерация. Расчет потребления топлива грузовыми автомобилями при перевозке сельскохозяйственных грузов : № 2022664314 : заявл. 29.07.2022 : опубл. 11.08.2022 / А. С. Степашкина, А. В. Шемякин, С. Н. Бoryчев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева».

19. Сидоров, А. А. Некоторые особенности перевозки сельскохозяйственной продукции и удобрений / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. С. Колотов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 6-12.

УДК 662

*Юмаев Д.М., канд. техн. наук, доцент,
Ушанев А.И., канд. техн. наук, доцент,
Филюшин О.В., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ФИЛЬТРАЦИИ ТОПЛИВА

В современном мире, где технический прогресс достиг невероятных высот, а требования к экологии и надежности двигателей стали как никогда жесткими, процессы фильтрации топлива превратились из простой механической процедуры в сложную инженерную дисциплину. Если еще несколько десятилетий назад основная задача фильтра сводилась к задержанию видимых глазу частиц песка и ржавчины, то сегодняшние реалии требуют от систем подготовки топлива работы на молекулярном уровне. Развитие топливной аппаратуры, в частности переход на Common Rail и пьезоинжекторы с микронными допусками, сделало обычный фильтр не просто устаревшим, но и опасным для двигателя. Анализ современных способов фильтрации

раскрывает удивительную картину борьбы не только с абразивом, но и с водой, бактериями и даже изменением химической структуры горючего.

Первым и наиболее заметным эволюционным шагом стало повсеместное внедрение многоступенчатых систем сепарации. Инженеры выстроили целую иерархию очистки, где каждый этап отвечает за свой диапазон загрязнений. Начальный этап, расположенный непосредственно в баке или на впуске, представляет собой так называемый заборный фильтр-сетку, задачей которого является отсев крупных частиц, способных мгновенно разрушить шестерни подкачивающего насоса. Однако настоящим прорывом стало развитие технологии глубинной фильтрации. Вместо простого барьера современный элемент представляет собой лабиринт из целлюлозных или синтетических волокон, хаотично спрессованных в многослойную структуру. Такая геометрия заставляет топливо менять траекторию движения десятки раз, за счет чего частицы, которые по размеру меньше канала волокна, все равно захватываются благодаря эффекту прилипания и инерции. Это похоже на густой лес, где даже мелкий дым не может пройти напрямую, а вынужден оседать на ветках. Производители топливной аппаратуры, такие как Bosch и Denso, ужесточили требования к тонкости фильтрации до 3-5 микрон — для сравнения, человеческий волос имеет диаметр около 70 микрон, а частица талька, способная заклинить иглу форсунки, едва достигает 10 микрон. Именно поэтому фильтр для системы Common Rail перестал быть универсальным расходником и превратился в прецизионный прибор, рассчитанный на конкретную модель двигателя и его гидравлические характеристики.

Особого внимания заслуживают технологии борьбы с водой, которая является главным врагом современных систем впрыска. Эмульсия воды в дизельном топливе способна мгновенно вывести из строя плунжерные пары, стоимостью сопоставимые с капитальным ремонтом двигателя. Классические сепараторы, работающие на принципе гравитации, оказались слишком громоздкими и малоэффективными для скоростных потоков. На смену им пришли гидрофобные сетки и коалесцентные фильтры. Коалесценция — это процесс слияния мелких капелек воды в крупные, когда топливо продавливается через специальную ткань с разным поверхностным натяжением. Капельки воды налипают на волокна, сливаются с соседними и под силой потока падают в сборный стакан внизу фильтра. Этот метод настолько эффективен, что современные системы способны удалять до 95 % свободной воды и значительную часть эмульсионной. Некоторые премиальные фильтры идут дальше, используя сорбционные материалы, которые химически связывают воду, предотвращая её прохождение даже при полном насыщении картриджа.

Параллельно с механической очисткой развивалась и электрофизическая. Понимая, что некоторые загрязнения невозможно отфильтровать, не остановив поток, инженеры предложили метод электростатической сепарации. В таких системах топливо перед входом в тонкий фильтр проходит через ионизатор, где частицы загрязнений получают электрический заряд. После этого, проходя через камеру с противоположно заряженными пластинами, они буквально

вытягиваются из потока электростатическим полем. Хотя этот метод сложен и требует источника высокого напряжения, он незаменим для очистки от органических смол и асфальтенов, которые обычно продавливаются сквозь любую бумагу. Эта технология пока не стала массовой для легковых авто из-за стоимости, но активно применяется в стационарных энергетических установках и тяжелой карьерной технике, где время простоя критично.

Современные способы фильтрации немыслимы без активного применения нанотехнологий и интеллектуального мониторинга. Стандартный фильтр имеет ограниченную грязеемкость и при забивании переходит в аварийный режим, открывая байпасный клапан, что сводит на нет всю предыдущую очистку. Чтобы избежать этого, были созданы композитные нановолокна из полимеров типа полиамида или полиэфирсульфона. Поверхность таких волокон в тысячи раз больше поверхности целлюлозы при том же объеме. Благодаря этому фильтр может удерживать колоссальное количество грязи без существенного роста гидравлического сопротивления. Более того, нановолокна позволяют реализовать поверхностную фильтрацию, где все загрязнения остаются на внешней стороне элемента, не забивая поры внутри. Это делает систему саморегулируемой: давление растет плавно, а ресурс элемента увеличивается в два-три раза по сравнению с традиционными решениями.

Нельзя обойти вниманием и интеллектуализацию процесса фильтрации. Современный датчик качества топлива, встроенный в фильтр, уже давно не просто концевик давления. Это анализатор, измеряющий диэлектрическую проницаемость среды, температуру и наличие свободной воды. Когда система обнаруживает, что на заправке залито топливо с высоким содержанием серы или парафинов, электроника меняет алгоритм работы двигателя и может даже инициировать подогрев фильтра. Технология подогрева также претерпела изменения: вместо громоздких электроспиралей используются термоэлектрические элементы или обратный поток горячего топлива от двигателя, что позволяет растапливать парафиновые отложения на фильтре за считанные минуты без риска перегрева и возгорания. В тяжелых условиях эксплуатации применяются вакуумные датчики засоренности, которые передают на приборную панель не просто лампочку, а процент оставшегося ресурса фильтра, позволяя планировать замену, а не реагировать на уже произошедшую потерю мощности. Отдельным вызовом, о котором редко говорят, стала биологическая угроза — так называемая «дизельная чума». Микроорганизмы, живущие на границе раздела топлива и воды в баке, выделяют кислоты и слизистые отложения, которые способны забить фильтр за одну заправку. В ответ на это появились картриджи с биоцидной пропиткой, убивающей бактерии прямо на поверхности фильтрующего элемента, не позволяя колониям проникнуть в магистрали.

Замыкает картину современных технологий развитие регенеративных и самоочищающихся систем. В промышленности и на флоте все чаще встречаются центробежные фильтры-турбины. Используя энергию потока топлива, они раскручивают ротор до десятков тысяч оборотов в минуту, где под

действием центробежной силы тяжелые частицы грязи и воды отбрасываются к стенкам, а очищенное топливо забирается из центра вихря. Такие системы не имеют расходных картриджей в классическом понимании — накопленную грязь удаляют механически при обслуживании. Для автомобилей такие решения пока громоздки, но их миниатюризация — вопрос ближайшего будущего. Уже сейчас некоторые производители фильтров предлагают элементы с памятью формы, которые при обратной промывке раскрывают поры, выпуская застрявшие загрязнения. Эволюция затронула и материалы корпуса: на смену традиционной стали пришли ударопрочные полимеры и алюминиевые сплавы, способные выдерживать не только высокое давление, но и воздействие агрессивных присадок, содержащихся в топливе стандарта Евро-5 и выше. Логичным продолжением этой тенденции стал отказ от сменного картриджа в пользу герметичных модулей lifetime, рассчитанных на весь срок службы автомобиля. Такие модули, уже применяющиеся на некоторых японских и европейских моделях, представляют собой полностью запаянный узел, внутри которого загрязнения не просто задерживаются, а проходят через каталитический нейтрализатор, разлагающий их до безопасных соединений в самом корпусе фильтра, исключая саму необходимость обслуживания.

Таким образом, анализ современных способов фильтрации топлива демонстрирует переход от пассивной защиты к активному управлению качеством горючего. Сегодняшний фильтр — это интеллектуальный барьер, способный дифференцировать частицы по составу и размеру, бороться с химически агрессивными примесями, подстраиваться под вязкость среды и даже общаться с блоком управления двигателем. Дизельные системы Common Rail с давлением впрыска свыше 2500 бар уже не могут существовать без такой поддержки.

Библиографический список

1. Мошнин, А. М. Инновационные технологии в автомобильной индустрии, их тенденции и перспективы развития / А. М. Мошнин, Е. А. Шамбазов, А. А. Кутыраев // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 89-96.
2. Инновационные методы топливообработки [Сочетание ультразвукового и электромагнитного способов обработки моторного топлива] / А. А. Симдянкин, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2015. – № 1. – С. 45.
3. Техничко-экономическая оценка устройства для обработки топлива дизельных двигателей автотракторных агрегатов волнами СВЧ диапазона / В. Е. Сорокин, А. Н. Бачурин, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2024. – Т. 16, № 3. – С. 178-185.

4. Расчет расхода топлива КАМАЗ 54901-70014-Са / И. А. Успенский, П. С. Сеницин, И. А. Юхин [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2025. – Т. 17, № 3. – С. 148-155.
5. Оценка топливопотребления двигателей при ультразвуковой обработке топлива / Р. В. Пуков, А. А. Симдянкин, И. А. Успенский [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 11. – С. 12-17.
6. Успенский, И. А. Усовершенствованная технология и средство диагностирования фильтров тонкой очистки дизельного топлива системы топливоподачи "Common Rail" / И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев // Сборник научных работ студентов Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева : По материалам научно-практической конференции "Инновационные направления и методы реализации научных исследований в АПК", Рязань, 02–07 сентября 2012 года. – Рязань, 2012. – С. 43-48.
7. Инновационные технологии оценки ресурса фильтров тонкой очистки топлива системы Common Rail / Н. В. Бышов, С. Н. Борячев, А. А. Симдянкин [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 2. – С. 9-12.
8. Оценка фильтрующего элемента фильтра тонкой очистки топлива на основе изменения разряжения в топливопроводе системы питания COMMON RAIL / А. А. Симдянкин, Н. В. Бышов, С. Н. Борячев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 104. – С. 211-221.
9. Инновационные методы топливообработки / А. А. Симдянкин, Н. В. Бышов, С. Н. Борячев [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 3. – С. 16-18.
10. К вопросу модернизации транспортных средств для АПК / И. А. Юхин, И. А. Успенский, А. А. Голиков, П. В. Бондарев // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : Международная конференция, Саранск, 01–03 октября 2014 года / Редколлегия: Столяров А.В. (отв. ред.), редакторы: Сенин П.В., Котин А.В., Иншаков А.П., Водяков В.Н., Савельев А.П., Левцев А.П., Наумкин Н.И., Чаткин М.Н., Комаров В.А., Ионов П.А.. – Саранск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва", 2014. – С. 181-187.
11. Тенденции перспективного развития сельскохозяйственного транспорта / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Д. С. Рябчиков [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 101. – С. 2060-2075.
12. Сбережение энергозатрат и ресурсов при использовании мобильной техники / Н. В. Бышов, С. Н. Борячев, И. А. Успенский [и др.]. – Рязань : РГАТУ, 2010. – 186 с.
13. Инновационные решения в технологиях и технике для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции растениеводства / И. А. Юхин, Н. В. Бышов, С. Н. Борячев [и др.] // Инновационные технологии и

техника нового поколения - основа модернизации сельского хозяйства : Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, Москва, 05–06 октября 2011 года / Ответственный редактор: Лачуга Ю.Ф.. Том Часть 2. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2011. – С. 395-403.

14. Повышение эффективности использования тракторных транспортных средств на внутрихозяйственных перевозках плодоовощной продукции / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский [и др.]. – Рязань, 2012. – 264 с.

15. Патент на полезную модель № 105233 U1 Российская Федерация, МПК В60Р 1/28. Самосвальный кузов транспортного средства для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции : № 2010119314/11 : заявл. 13.05.2010 : опубл. 10.06.2011 / Г. К. Рембалович, Е. П. Булатов, Г. Д. Кокарев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

16. Лебедев, А. Т. Повышение эффективности использования машинно-тракторных агрегатов / А. Т. Лебедев, А. Г. Арженовский // Технический сервис машин. – 2019. – № 1(134). – С. 46-52.

17. Оценка времени нахождения топлива в зоне ультразвуковой обработки / Р. В. Пуков, С. В. Колупаев, А. С. Колотов, С. А. Кожин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 2(50). – С. 362-366.

18. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022665214 Российская Федерация. Расчет потребления топлива грузовыми автомобилями при перевозке сельскохозяйственных грузов : № 2022664314 : заявл. 29.07.2022 : опубл. 11.08.2022 / А. С. Степашкина, А. В. Шемякин, С. Н. Бoryчев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева».

19. Сидоров, А. А. Некоторые особенности перевозки сельскохозяйственной продукции и удобрений / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. С. Колотов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 6-12.

*Безносюк Р.В., канд. техн. наук, доцент,
Лузгин Н.Е., канд. техн. наук, доцент,
Старунский А.В., ст. преподаватель
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

ХРАНЕНИЕ ШИН

Современные тормозные системы перестают быть просто «усилителями» человеческой силы. Они превращаются в высокотехнологичные электронные комплексы, стоящие на переднем крае безопасности и интеграции с искусственным интеллектом. Сегодня тормоза — это не просто механизм остановки, а фундамент, на котором строится автономное и электрическое будущее.

Если оглянуться назад, то гидравлическая система, доминирующая на рынке последние сто лет, является шедевром инженерной мысли. Принцип Паскаля, лежащий в её основе, надежен и предсказуем. Однако у «мокрой» системы есть врожденные недостатки: тормозная жидкость гигроскопична (впитывает влагу), подвержена старению и требует регулярной замены. Более того, в эпоху электромобилей и автопилотов гидравлика начинает давать сбои. Она слишком медленная для электронных помощников и создает паразитное сопротивление, «съедающее» драгоценные километры запаса хода.

В ответ на это ведущие мировые производители, такие как Bosch, ZF и Brembo, запускают процесс перехода к концепции Brake-by-Wire — торможению «по проводам». Это технология, при которой физическая связь между педалью и суппортом разрывается окончательно. Педаль превращается в своеобразный джойстик — симулятор, который передает сигналы в электронный блок управления. Анализируя силу и скорость нажатия, а также показания десятков других датчиков, компьютер мгновенно решает, с какой мощностью должны сработать исполнительные механизмы.

Это нововведение пришло в автомобили из авиации, где системы fly-by-wire уже давно стали стандартом. Для автопроизводителей это открывает невероятные перспективы: теперь инженеры могут настраивать характер торможения как угодно — от вялого экономичного режима до агрессивного спортивного отклика, просто меняя настройки программного обеспечения. Время реакции системы сокращается до 100 миллисекунд, что на скорости в 120 км/ч означает сокращение тормозного пути на критические метры.

Говоря о современных технологиях, важно различать два этапа эволюции, которые часто путают. Первый, переходный этап — это ЕНВ (Electro-Hydraulic Brake), или электро-гидравлические системы. В таких решениях, которые уже устанавливаются на многие серийные модели BMW и других премиум-брендов, педаль все еще не имеет прямой механической связи с главным цилиндром, но в качестве рабочего тела все еще выступает жидкость. Электропривод лишь создает давление в системе. Это «гибрид», который устраняет задержки, но сохраняет «мокрые» компоненты.

Настоящим будущим, которое называют «сухой» системой, является ЕМВ (Electro-Mechanical Brake). Здесь жидкость исчезает полностью. В каждом колесе устанавливается электродвигатель, который через механическую передачу (винтовую пару) прижимает колодку к диску. Это настоящий прорыв. Отсутствие гидравлики упрощает производство и обслуживание: больше нет риска утечек, нет необходимости менять жидкость, а также отпадает проблема коррозии внутренних магистралей. Кроме того, ЕМВ позволяет управлять тормозным усилием на каждом колесе независимо и с высочайшей точностью — недостижимая ранее роскошь для систем курсовой устойчивости и систем помощи при экстренном торможении. По сути, каждый суппорт получает собственный «мозг», подчиняющийся центральному компьютеру автомобиля.

Однако переход на полностью электронное управление ставит перед инженерами принципиально новый вызов, не свойственный классической гидравлике, — кибербезопасность. Когда тормозная система превращается в периферийное устройство, подключенное к центральному «мозгу» автомобиля через высокоскоростные шины данных, она неизбежно становится потенциальной мишенью для злонамеренных атак. Если раньше для отказа тормозов требовалось физическое повреждение магистрали, то теперь теоретически достаточно единственной программной уязвимости. Именно поэтому архитектура систем Brake-by-Wire изначально строится на принципах изолированных доменов и многоуровневого резервирования. Электронные суппорты ЕМВ подключаются к независимым контурам питания, а каналы связи дублируются оптикой на случай критического сбоя, создавая «неприступную крепость» на уровне прошивки, где любая неавторизованная команда блокируется быстрее, чем водитель успеет моргнуть. Так физическая безопасность водителя впервые оказывается в прямой зависимости от цифрового иммунитета автомобиля.

Современная тормозная система — это не просто про то, как сжать диск. Это про взаимодействие с окружающей средой и силовой установкой. Одним из самых ярких примеров такого симбиоза стала недавняя разработка концернов Michelin и Brembo — система Sensify. Инженеры объединили программное обеспечение управления тормозами с данными о состоянии шин в реальном времени. Система «знает» степень износа протектора, давление в шинах и коэффициент сцепления с дорогой в каждый конкретный момент. Основываясь на этих данных, блок управления индивидуально дозирует усилие на каждом колесе, сокращая тормозной путь до четырех метров в зависимости от условий. Это уже не просто ABS, а прогностическая система, которая адаптируется к асфальту «на лету».

Дальнейший потенциал «сухих» тормозов особенно ярко раскрывается в их синергии с активной подвеской. Представьте ситуацию экстренного торможения в повороте: современные автомобили уже умеют раздельно подтормаживать внутренние и внешние колеса, но электромеханика выводит это взаимодействие на принципиально иной уровень, напрямую координируя усилия с амортизаторами. Считывая данные с лидаров и камер за доли секунды до наезда на препятствие, искусственный интеллект может не просто

применить максимальное тормозное усилие, а мгновенно изменить дорожный просвет и жесткость стоек спереди, заставив автомобиль «присесть» носом именно на то колесо, у которого в данный момент наилучшее сцепление с покрытием. Этот динамический перенос массы, управляемый не инерцией, а предиктивной математикой, позволяет буквально впечатать шину в асфальт с оптимальным вектором нагрузки. Так тормозная система перестает быть изолированным агрегатом и становится частью единой ходовой нейросети.

Однако какой бы совершенной ни была электроника, конечным звеном, передающим тормозное усилие на дорогу, остается шина — сложный композитный материал, требующий не меньшего внимания, чем тормозные механизмы. Для многих автовладельцев сезонная смена резины стала привычной процедурой, а вот её хранение воспринимается как второстепенная задача. Это опасное заблуждение, ведь процесс старения полимеров не прекращается, когда машина стоит в гараже, а на морозе или в жару даже ускоряется. Чтобы интеллектуальные тормозные системы следующего десятилетия работали с расчетной эффективностью, шина должна сохранять эластичность и заданную геометрию, а значит, условия межсезонного хранения выходят на первый план.

Ключевая уязвимость покрышки кроется в её структуре: резина, текстильный корд и металлический брекер по-разному реагируют на перепады температур и влажности. Ультрафиолет делает резину жесткой, влажность запускает коррозию металла, а перегибы разрушают текстиль. Поэтому грамотное хранение — это создание стабильного микроклимата, который начинается с тщательной подготовки. Нельзя отправлять шины в кладовку грязными или мокрыми: дорожные реагенты и битум продолжают разъедать резину даже в состоянии покоя. Каждое колесо необходимо вымыть, высушить и осмотреть на предмет порезов или грыж — за несколько месяцев бездействия микротрещина способна разрастись до неремонтопригодного состояния.

Идеальным местом станет сухое, прохладное и темное помещение с температурой от +10 до +22 градусов и влажностью не выше 60 процентов. Категорически запрещены открытые балконы, где резина зимой леденеет, а летом плавится под солнцем, а также сырые подвалы или ниши рядом с батареями отопления. Лучший выбор — утепленный гараж или жилая кладовая.

Технология размещения напрямую зависит от наличия дисков. Колеса в сборе хранят только вертикально, ровной стопкой не более четырех штук, чтобы нижнее не расплющилось под тяжестью верхних. Ставить их на ребро, как бочки, нельзя — это ведет к необратимой деформации посадочного кольца. Покрышки без дисков, напротив, лишены жесткого каркаса и требуют вертикального положения в естественной ориентации, но для устойчивости их укладывают горизонтальной стопкой, с обязательным переворачиванием каждые два-три месяца во избежание «квадратности».

Опасным мифом является и перекачка шин перед простоем. Высокое давление создает внутреннее напряжение в корде, отчего резина «устает» и теряет эластичность. Гораздо безопаснее снизить его до одной атмосферы, снимая нагрузку с каркаса. Завершающий штрих — плотный черный

полиэтиленовый мешок, блокирующий ультрафиолет. Белая пленка или пузырчатая упаковка действуют как линзы, нагревая резину, поэтому от них лучше отказаться. Соблюдение этих правил гарантирует, что к моменту старта нового сезона шины сохранят все заложенные инженерами сцепные свойства.

Не менее важной функцией современных тормозных систем становится рекуперация. На гибридах и электромобилях традиционные фрикционные тормоза используются все реже — их функцию берет на себя тяговый электромотор, превращаясь в генератор и заряжая батарею. Однако у этого есть обратная сторона: из-за редкого использования диски и колодки ржавеют, теряют эффективность, а их поверхность покрывается наледью или коррозией. Современные «умные» системы решают и эту проблему: время от времени, незаметно для водителя, электроника подает короткий импульс на суппорты, чтобы очистить рабочую поверхность диска, поддерживая систему в постоянной боевой готовности.

Даже когда водитель просто держит ногу на педали, электроника продолжает работу. Мы привыкли к аббревиатурам ABS (антиблокировочная система) и ESP (стабилизация), но сегодняшний день подарил нам алгоритмы гораздо более тонкой работы. К примеру, система EBD (Electronic Brake Force Distribution) следит за нагрузкой на оси в режиме реального времени. Если задняя часть автомобиля разгружена при резком торможении, EBD уменьшает давление на задних колесах, предотвращая их блокировку и занос раньше, чем это сделает стандартная ABS.

Другой важный помощник — BAS (Brake Assist System). Статистика неумолима: в критической ситуации большинство водителей нажимают на педаль тормоза слишком слабо или слишком поздно. BAS анализирует скорость, с которой нога водителя переносится с газа на тормоз. Если система «понимает», что происходит паника, она мгновенно поднимает давление в системе до максимума, обеспечивая экстренное торможение на пределе возможностей автомобиля, даже если водитель физически не смог выжать педаль до упора. Все эти системы работают в фоновом режиме, создавая иллюзию полного контроля у человека за рулем, хотя реально большая часть работы уже давно выполняется кремниевыми чипами.

Заглядывая на 5-10 лет вперед, можно утверждать, что механическая связь между человеком и колесом исчезнет окончательно. Суперконденсаторы нового поколения, которые начнут массово устанавливаться на автомобили к 2027 году, решат проблему энергообеспечения электронных суппортов, сделав систему абсолютно надежной.

В мире автономных автомобилей тормозная система становится ключевым исполнительным органом. Когда автопилот принимает решение о маневре, тормоза должны срабатывать с хирургической точностью, скоординированно с рулевым управлением. Ведущие эксперты уже прогнозируют появление систем с элементами искусственного интеллекта, которые смогут прогнозировать аварию до её наступления и приводить тормозную систему в состояние готовности, выбирая оптимальное давление и даже настройки фрикционных материалов в режиме реального времени.

Возможно, через несколько лет фраза «проверить уровень тормозной жидкости» уйдет в прошлое, как и сама педаль тормоза, уступив место компактному сенсору на полу салона. Тишина, чистота и мгновенная реакция — вот три принципа, на которых строятся тормозные системы нового поколения.

Библиографический список

1. Лахмостов, А. И. Виды износа и разрушения шин / А. И. Лахмостов, А. И. Ушанев // Новая наука: Стратегии и векторы развития. – 2017. – Т. 2, № 2. – С. 130-135.
2. Успенский, И. А. Особенности эксплуатации автомобильных шин / И. А. Успенский // Научные приоритеты в АПК: вызовы современности : материалы 75-й юбилейной международной научно-практической конференции, Рязань, 25 апреля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 442-449.
3. Переработка шин и их элементов / И. А. Афиногенов, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 124. – С. 366-389.
4. Факторы, влияющие на темп износа автомобильных шин / А. И. Лахмостов, Н. В. Бышов, Г. Д. Кокорев [и др.] // Тенденции развития агропромышленного комплекса глазами молодых ученых : Материалы научно-практической конференции с международным участием, Рязань, 02 марта 2018 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2018. – С. 89-95.
5. Повышение качества перевозки картофеля, плодов и фруктов совершенствованием подвески транспортного средства / Н. В. Аникин, Г. Д. Кокорев, Г. К. Рембалович [и др.] // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2009. – № 2(33). – С. 38-40.
6. Повышение эксплуатационных качеств транспортных средств при перевозке грузов в АПК / Н. В. Аникин, Г. Д. Кокорев, Г. К. Рембалович [и др.] // Международный технико-экономический журнал. – 2009. – № 3. – С. 92-96.
7. Диагностика современного автомобиля / Ю. Н. Храпов, И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 118. – С. 1001-1025.
8. Кокорев, Г. Д. Тенденции развития системы технической эксплуатации автомобильного транспорта / Г. Д. Кокорев, И. А. Успенский, И.

Н. Николотов // Перспективные направления автотранспортного комплекса : II Международная научно-производственная конференция, Пенза, 18–20 ноября 2009 года. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. – С. 135-138.

9. Универсальное транспортное средство для перевозки продукции растениеводства / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России : Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики В.П. Горячкина, Москва, 17–18 сентября 2013 года. Том Часть 2. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2013. – С. 241-244.

10. Анализ внутрихозяйственных перевозок сельскохозяйственной продукции / Н. В. Аникин, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Перспективные направления автотранспортного комплекса : II Международная научно-производственная конференция, Пенза, 18–20 ноября 2009 года. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. – С. 111-113.

11. Снижение уровня повреждения перевозимой сельскохозяйственной продукции за счет использования устройства для стабилизации положения транспортного средства / Н. В. Аникин, С. Н. Бoryчев, Н. В. Бышов [и др.] // Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей : материалы XII Международной научно-практической конференции, Владимир, 29–30 июня 2010 года. – Владимир: Владимирский государственный университет, 2010. – С. 319-322.

12. Переработка шин и их элементов / И. А. Афиногенов, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 124. – С. 366-389.

13. Хранение сельскохозяйственной техники с соблюдением эксплуатационных требований / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. И. Ушанев, С. В. Колупаев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 61-69.

14. Безопасность транспортных перевозок / А. И. Ушанев, О. В. Филюшин, А. А. Желтоухов [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 300-306.

15. Кутыраев, А. А. Хранение уборочных машин после сезонных работ / А. А. Кутыраев, Д. И. Косоруков, А. И. Ушанев // Актуальные вопросы

транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы национальной научно-практической конференции, посвященные памяти д.т.н., профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 28 февраля 2023 года / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» Автодорожный факультет. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 257-263.

16. Сидоров, А. А. О продлении срока эксплуатации сельскохозяйственных агрегатов / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. И. Ушанев // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 137-143.

17. Ушанев, А. И. К вопросу хранения сельскохозяйственной техники / А. И. Ушанев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2016. – № 4(32). – С. 82-87.

18. Повышение эффективности технологии нанесения противокоррозионного состава при постановке сельскохозяйственных машин на хранение / И. В. Фадеев, И. А. Успенский, А. И. Ушанев [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 1(295). – С. 39-42.

19. Разработка нового средства для защиты сельскохозяйственных машин при хранении / Н. В. Бышов, С. Н. Борячев, И. А. Успенский, И. В. Фадеев // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 6(264). – С. 38-42.

20. Илларионов, И. Е. Теоретические основы химии аминокислот и борофосфатов для разработки связующих систем / И. Е. Илларионов, И. В. Фадеев, Ш. В. Садетдинов // Проектирование и перспективные технологии в машиностроении, металлургии и их кадровое обеспечение : Материалы III-ей Всероссийской научно-практической конференции, Чебоксары, 20–21 апреля 2017 года / Ответственный редактор И.Е. Илларионов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2017. – С. 46-52.

УДК 629.3.02:631.3.02

*Старунская Н.Б., магистрант,
Старунский А.В., старший преподаватель,
Рембалович Г.К., д-р. техн. наук, профессор
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РЕСУРСА МНОГОКРАТНО ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНОЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Эффективность эксплуатации парка транспортных и сельскохозяйственных машин в значительной степени зависит от стратегии

поддержания их работоспособности [1], [2]. В условиях импортозамещения и высокой стоимости новых запасных частей восстановление изношенных деталей транспортной и сельскохозяйственной техники является одним из приоритетных направлений ресурсосбережения [3], [4]. Экономические расчеты показывают, что стоимость восстановления изношенных деталей составляет 30–60 % в сравнении с новыми.

Современные технологии (наплавка, напыление, электрофизические методы) позволяют восстанавливать одну и ту же деталь многократно [5], [6]. С каждым циклом «эксплуатация – восстановление» в структуре основного металла накапливаются необратимые изменения, снижающие надежность узла [7], [8]. Отсутствие научно обоснованной методики оценки ресурса именно многократно восстановленных деталей приводит либо к преждевременным отказам, либо к необоснованному списанию годных к восстановлению изделий.

Анализ многочисленных литературных источников по выше указанной проблематике показывает, что разработка и теоретическое обоснование методики прогнозирования остаточного ресурса деталей транспортной и сельскохозяйственной техники с учетом количества циклов их восстановления и накопленной повреждаемости, не теряет актуальности [9], [10].

Значительная часть традиционных методов прогнозируемой оценки ресурса базируются на определенных моделях износа поверхностного слоя. Для многократно восстановленных деталей этого недостаточно, так как основным лимитирующим фактором в этом случае становится состояние основного материала и переходной зоны с получаемым покрытием.

Процесс многократного восстановления деталей (особенно методами наплавки, напыления или электрофизического воздействия) сопряжен с циклическим термическим и механическим воздействием на основной металл. В отличие от новой детали, восстановленное изделие представляет собой сложную гетерогенную систему «основной металл – зона термического влияния (ЗТВ) – восстановительное (ремонтное) покрытие».

Восстановленный слой представляет собой чаще всего неоднородную, а многослойную структуру, состоящую из различных компонентов, каждый из которых выполняет свою специфическую функцию. толщина и состав этого слоя зависят от множества факторов, включая тип материала, условия эксплуатации и технологические параметры процесса нанесения. В контексте материаловедения и инженерии, анализ нанесенного слоя является ключевым этапом для оценки его функциональных характеристик и долговечности.

При каждом последующем цикле восстановления в структуре материала происходят следующие необратимые изменения:

1. Рост зерна в ЗТВ: повторный нагрев под наплавку приводит к собирательной рекристаллизации, укрупнение зерна ведет к снижению ударной вязкости и повышению порога хладноломкости, что критично для сельскохозяйственной техники, работающей в условиях высокопеременных нагрузок.

2. Накопление дислокаций и микронапряжений: эксплуатационные нагрузки вызывают миграцию дислокаций к границам зерен, при

восстановлении термические напряжения блокируют эти дислокации, создавая очаги будущих усталостных трещин под восстановленным слоем.

3. Диффузионное обеднение: при термических методах восстановления происходит миграция легирующих элементов из основного металла в наплавленный слой или их выгорание, что снижает глубину прокаливаемости и износостойкость подслоя.

Согласно гипотезе линейного суммирования повреждений Пальмгрена-Майнера, ресурс детали исчерпывается при достижении условием накопленной повреждаемости D единичного значения:

$$D = \sum n_i / N_i \leq 1, \quad (1)$$

где D – накопленная повреждаемость в течение наработки объекта;

n_i – количество циклов наработки объекта;

N_i – заданное (базовое) количество циклов до разрушения.

Для восстановленной детали суммарная повреждаемость складывается из повреждений, накопленных в процессе всех предыдущих циклов эксплуатации (D_{exp}) и термомеханического (термического, механического) воздействия при восстановлении (D_{tech}):

$$D_{\Sigma} = \sum_{j=1}^m D_{expj} + \sum_{j=1}^m D_{techj}, \quad (2)$$

где D_{Σ} – суммарное количество дефектов и повреждений объекта;

D_{expj} – количество дефектов и повреждений объекта за периоды (циклы) эксплуатации;

D_{techj} – количество дефектов и повреждений при восстановлении и ремонте объекта;

m – количество циклов эксплуатации и восстановления объекта.

Термомеханическое воздействие при восстановлении предлагается оценивать введением в математическую модель прогнозирования остаточного ресурса коэффициента снижения ресурса детали.

Коэффициент снижения ресурса Kd_i корректирует нормативный ресурс новой детали R_w в зависимости от порядкового номера восстановления n :

$$R_n = R_w \cdot \prod_{i=1}^n K_{d_i}, \quad (3)$$

где R_n – скорректированный (прогнозируемый) ресурс детали, ед. наработки;

R_w – нормативный ресурс новой детали, ед. наработки;

Kd_i – коэффициент снижения ресурса.

Значение Kd_i зависит от:

- термического цикла способа восстановления (изменение зернистости, появление внутренних напряжений);
- глубины усталостных микротрещин в подслое;
- изменения химического состава при диффузии элементов из наплавленного слоя.

В качестве математической модели оценки ресурса детали после n -го восстановления предлагается экспоненциально-степенная зависимость, учитывающая темп снижения прочности основного металла:

$$R_n = R_w \cdot e^{-\lambda \cdot n} \cdot (1 - \delta_r / \delta_c), \quad (4)$$

где λ – коэффициент интенсивности накопления структурных изменений (определяется экспериментально для разных групп деталей: «вал», «шестерня», «корпусная деталь»);

δ_r – накопленная плотность (концентрация) дислокаций или глубина зоны структурных изменений;

δ_c – критическое значение снижения предела прочности, при котором наступает разрушение объекта (детали).

Предлагаемая методика включает следующие этапы:

1. Дефектация детали и обработка полученной информации (определение количества проведенных ранее восстановлений и наработки в мото-часах/километрах);

2. Инструментальный контроль (измерение твердости основного металла и толщины восстановленного слоя, использование неразрушающих методов (ультразвуковая дефектоскопия) для выявления скрытых дефектов (трещин));

3. Расчет коэффициента интенсивности снижения ресурса на основе эмпирических данных для конкретной технологической операции (например, электродуговая наплавка под слоем флюса дает $\lambda \approx 0,12-0,15$).

4. Расчет прогнозируемого ресурса R_n и сравнение его с нормативным значением (межремонтным интервалом) техники.

Анализ эксплуатации коленчатых валов автотракторных двигателей Д-240, Д-243 и валов коробок передач тракторов семейства МТЗ с использованием предложенной методики показал, что после первого восстановления средний расчетный ресурс R_n составляет 85 – 90 % от номинального значения.

Применение предложенной методики позволяет установить порог рентабельности технологического процесса восстановления детали, если расчетное значение остаточного ресурса R_n составит ниже 60 %.

Кроме вышеперечисленного, разработанная методика оценки ресурса многократно восстановленных деталей позволяет:

1. Перейти от интуитивного планирования ремонтов к научно-обоснованному прогнозированию надежности по показателям долговечности.

2. Учитывать действительное состояние материала детали, в совокупности с накопленным в ходе предыдущих циклов эксплуатации и восстановления.

3. Снизить затраты на эксплуатацию транспортной и сельскохозяйственной техники за счет исключения из производственного цикла восстановления деталей с критическим уровнем снижения прочности.

Дальнейшие исследования по данной тематике направлены на создание базы данных показателей скорости изменения структурных элементов – коэффициентов интенсивности (λ) для различных сочетаний «материал детали – метод восстановления».

Библиографический список

1. Старунский, А. В. Повышение эксплуатационных показателей надежности агрегатов мобильной энергетической и транспортной техники на основе контроля параметров применяемого масла / А. В. Старунский, Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации: Материалы 72-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 20 апреля 2021 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 382-387.

2. Пути повышения агротехнических показателей работы картофелеуборочных машин / А. В. Старунский, Д. А. Лапин, В. В. Акимов, Д. В. Тян // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2017. – № 1-2. – С. 34-37.

3. Старунский, А. В. Организация эффективного управления автомобильным парком / А. В. Старунский, Г. К. Рембалович // Теория и практика современной аграрной науки: Сборник VII национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 26 февраля 2024 года. – Новосибирск: ИЦ НГАУ "Золотой колос", 2024. – С. 1000-1003.

4. Терентьев, О. В. Методы исследования показателей транспортного процесса / О. В. Терентьев, А. В. Старунский // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2018. – № 2(7). – С. 88-94.

5. Старунский, А. В. Городской грузовой транспорт: проблемы и решения / А. В. Старунский, Г. К. Рембалович // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: Сборник VIII Всероссийской (национальной) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 20 декабря 2023 года. – Новосибирск: ИЦ НГАУ "Золотой колос", 2023. – С. 292-296.

6. Лукьянов, В. В. Исследование аспектов, определяющих надёжность транспортной и сельскохозяйственной техники / В. В. Лукьянов, А. В.

Старунский // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации, Рязань, 29 января 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2025. – С. 170-176.

7. Лукьянов, В. В. Анализ основных факторов, влияющих на эксплуатационную надежность автомобиля / В. В. Лукьянов, А. В. Старунский // Транспортная отрасль Российской Федерации: текущее состояние и перспективы развития, Рязань, 06 февраля 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2025. – С. 149-154.

8. Старунский, А. В. Повышение долговечности алюминиево-оловянистых вкладышей подшипников скольжения автотракторных двигателей методом газовой металлизации / А. В. Старунский, Г. А. Борисов // Сборник научных трудов аспирантов, соискателей и сотрудников Рязанской государственной сельскохозяйственной академии имени профессора П.А.Костычева. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2001. – С. 313-315.

9. Старунский, А. В. Совершенствование методов определения показателей надежности машинно-тракторного парка в условиях эксплуатации / А. В. Старунский // Инженерное обеспечение инновационного развития АПК в условиях современных вызовов : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённая 75-летию юбилею инженерного факультета ФГБОУ ВО РГАТУ, Рязань, 29 мая 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2025. – С. 110-115.

10. Лукьянов, В. В. Исследование аспектов, определяющих надёжность транспортной и сельскохозяйственной техники / В. В. Лукьянов, А. В. Старунский // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации, Рязань, 29 января 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2025.

11. Фадеев, И. В. Повышение коррозионной стойкости стали 10 / И. В. Фадеев, Ш. В. Садетдинов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2015. – № 2(41). – С. 107-114.

12. Перспективы восстановления изношенных деталей сельскохозяйственной техники / А. М. Мошнин, А. И. Ушанев, О. В. Филлюшин [и др.] // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 140-147.

СЕКЦИЯ: СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА И ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

УДК 631.16:656.13

*Безносюк Р.В., канд. техн. наук, доцент,
Лузгин Н.Е., канд. техн. наук, доцент,
Старунский А.В., ст. преподаватель
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

ПЕРЕВОЗКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация

В статье рассматриваются ключевые аспекты перевозки сельскохозяйственной продукции в современных условиях развития агропромышленного комплекса России. Особое внимание уделено анализу основных проблем, с которыми сталкиваются производители и транспортные компании: высокий уровень потерь и повреждений продукции, значительный износ транспортного парка, рост транспортных издержек и необходимость оптимизации логистических процессов. На основе анализа статистических данных и опыта ведущих предприятий выявлены основные тенденции в сфере грузоперевозок, включая внедрение специализированной техники, развитие логистических технологий, обновление автопарка и адаптацию к региональным особенностям.

Введение

Перевозка сельскохозяйственной продукции — это неотъемлемая часть агропромышленного комплекса (АПК), определяющая эффективность всей цепочки производства, хранения и сбыта. В России сельское хозяйство формирует более 48 % объёма продукции АПК, а транспортная составляющая в себестоимости достигает 30–40 %. В условиях роста объёмов производства, необходимости импортозамещения и повышения продовольственной безопасности вопрос организации перевозок становится особенно актуальным. Эффективная логистика позволяет не только снизить издержки, но и минимизировать потери, повысить качество продукции и обеспечить ритмичность поставок.

Основные проблемы и вызовы

Потери и повреждения продукции

Одной из наиболее острых проблем остаётся высокий уровень потерь и повреждений сельскохозяйственной продукции при транспортировке. По оценкам экспертов, до 20 % плодоовощной продукции не доходит до конечного потребителя, а ежегодный экономический ущерб от этих потерь исчисляется миллиардами рублей. Причины этого явления многообразны:

- устаревший парк техники,
- несовершенство логистических процессов,
- длительные простои при погрузке и разгрузке,

- недостаточная квалификация персонала. Особенно уязвимы к повреждениям картофель, овощи, фрукты и ягоды, требующие бережного обращения и специальных условий перевозки.

Износ и нехватка техники

Состояние транспортного парка в сельском хозяйстве России вызывает серьёзные опасения. Обеспеченность хозяйств транспортно-погрузочными средствами не превышает 50 % от реальной потребности, а степень износа оборудования достигает 76 %. Это приводит к частым поломкам, простоям, увеличению затрат на ремонт и снижению производительности труда. Кроме того, нехватка современной техники ограничивает возможности внедрения новых агротехнологий и логистических решений.

Высокие транспортные издержки

Транспортные расходы занимают значительную долю в структуре себестоимости сельскохозяйственной продукции. Рост цен на топливо, увеличение налоговой нагрузки, а также устаревший автопарк приводят к удорожанию перевозок. В результате снижается конкурентоспособность отечественных производителей, а конечная цена продуктов для населения возрастает. Для многих транспортных компаний минимизация транспортных расходов становится ключевой задачей.

Логистические и маршрутные задачи

Оптимизация маршрутов, минимизация простоев, внедрение современных методов логистики — важнейшие направления для снижения издержек и повышения эффективности перевозок. В условиях сезонности производства и необходимости срочного вывоза урожая с полей особое значение приобретает гибкость логистических схем и оперативное управление транспортными потоками.

Современные решения и тенденции

Внедрение специализированной техники

Использование специализированных транспортных средств (например, картофелевозов с системами мягкой разгрузки) позволяет существенно снизить повреждения продукции и повысить доходность предприятий. Однако сфера эффективной логистики не ограничивается только обновлением подвижного состава. Помимо узкоспециализированного транспорта, на передний план выходит комплексная цифровизация логистических процессов. Внедрение систем спутникового мониторинга ГЛОНАСС/GPS, датчиков контроля температуры и влажности в кузове, а также автоматизированных платформ управления автопарком позволяет в режиме реального времени отслеживать движение продукции от поля до склада. Такие технологии не только дисциплинируют водителей и сокращают нецелевые простои, но и дают возможность оперативно реагировать на отклонения от заданных условий перевозки, что критически важно для скоропортящихся грузов. Цифровой контур управления постепенно становится не дополнительной опцией, а базовым стандартом для тех агропредприятий, которые стремятся минимизировать потери и удержать стоимость продукции на приемлемом уровне.

Однако любые технические новшества дают лишь частичный эффект без системной модернизации всей логистической инфраструктуры. Речь идёт о создании сети оптово-распределительных и перевалочных хабов в регионах активного земледелия, способных принять, оперативно охладить и перегрузить урожай на магистральный транспорт с минимальным временем контакта с внешней средой. Формирование таких узлов в связке с развитием мультимодальных перевозок позволяет аграриям не зависеть от единственного вида транспорта и гибко комбинировать автомобильные, железнодорожные и водные маршруты. Именно сочетание специализированной техники, цифрового контроля и продуманной инфраструктуры способно превратить сельскохозяйственную логистику из источника постоянных убытков в зону конкурентного преимущества.



Рисунок 1 – Картофелевоз с системой мягкой разгрузки

Внедрение систем сменных кузовов и контейнерных перевозок способствует круглогодичной загрузке техники, снижению затрат на эксплуатацию и повышению эффективности логистики. Примером может служить технология «ВИМЛИФТ», позволяющая быстро менять кузова и использовать транспорт для разных видов грузов.

Развитие логистических технологий

Применение методов логистики, автоматизация процессов погрузки и разгрузки, цифровизация управления перевозками — всё это способствует снижению потерь и повышению эффективности. Внедрение GPS-мониторинга, электронных систем учёта и планирования маршрутов позволяет оптимизировать работу автопарка и сократить издержки.

Обновление автопарка

Несмотря на высокую стоимость новой техники, отмечается рост рынка грузовых автомобилей. Однако средний возраст парка по-прежнему высок (около 19 лет), что требует дальнейших мер по модернизации. Важную роль

играет государственная поддержка обновления техники и развитие отечественного машиностроения.

Региональные особенности и экспорт

В ряде регионов (например, Крым) особое значение приобретает сохранение качества продукции при транспортировке на большие расстояния. Для экспорта зерна и другой продукции актуальны вопросы выбора оптимальных маршрутов и портов отгрузки. В последние годы наблюдается рост отгрузок через порты Балтики, что связано с изменением логистической карты зерновой торговли.

Заключение

Перевозка сельскохозяйственной продукции — сложный и многоуровневый процесс, требующий комплексного подхода. Совершенствование транспортной инфраструктуры, обновление парка техники, внедрение современных логистических решений и снижение потерь — ключевые задачи для устойчивого развития АПК России. Дальнейшие исследования должны быть направлены на поиск оптимальных моделей организации перевозок и минимизацию издержек на всех этапах логистической цепочки.

Библиографический список

1. Патент на полезную модель № 102171 U1 Российская Федерация, МПК A01B 76/00. Устройство для гашения энергии падающих клубней плодов картофеля : № 2010124021/21 : заявл. 11.06.2010 : опубл. 20.02.2011 / К. С. Беркасов, С. Н. Борычев, Н. В. Бышов [и др.] ; заявитель ФГОУ ВПО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева.

2. Патент на полезную модель № 96547 U1 Российская Федерация, МПК B62D 1/00. Прицепное транспортное средство для перевозки сельскохозяйственных грузов : № 2010100253/22 : заявл. 11.01.2010 : опубл. 10.08.2010 / Д. В. Безруков, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.] ; заявитель ФГОУ ВПО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева.

3. Патент на полезную модель № 95960 U1 Российская Федерация, МПК A01D 33/08. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей : № 2010106584/22 : заявл. 24.02.2010 : опубл. 20.07.2010 / Р. В. Безносюк, Д. Н. Бышов, Г. К. Рембалович [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

4. Патент на полезную модель № 161488 U1 Российская Федерация, МПК B60R 9/00, B60P 1/00. Навесное перегрузочное устройство для самосвального кузова транспортного средства : № 2015145901/11 : заявл. 26.10.2015 : опубл. 20.04.2016 / О. В. Филюшин, А. А. Полункин, А. А. Голиков [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ).

5. Патент № 2464765 С1 Российская Федерация, МПК А01D 17/10. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины : № 2011105634/02 : заявл. 15.02.2011 : опубл. 27.10.2012 / Г. К. Рембалович, Д. А. Волченков, Н. В. Бышов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

6. Перспективная схема картофелеуборочного комбайна с взаимозаменяемыми сепарирующими модулями / И. А. Успенский, Д. А. Волченков, Г. К. Рембалович [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 6. – С. 35-38.

7. Теоретические и практические основы применения современных сепарирующих устройств со встряхивателями в картофелеуборочных машинах / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 89. – С. 488-498.

8. Перспективные направления и технические средства для снижения повреждений клубней при машинной уборке картофеля / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 8. – С. 22-24.

9. Инновационные решения вторичной сепарации: результаты испытаний в картофелеуборочных машинах / Р. В. Безносюк, Д. Н. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2011. – № 4(12). – С. 34-37.

10. Инновационные решения уборочнотранспортных технологических процессов и технических средств в картофелеводстве / Г. К. Рембалович, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 1. – С. 23-25.

11. Повышение надежности технологического процесса и технических средств машинной уборки картофеля по параметрам качества продукции / Т. К. Рембалович, И. А. Успенский, Р. В. Безносюк [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2012. – № 3. – С. 6-8.

12. Филюшин, О. В. Использование специального прицепа с гидравлическими надставными бортами для перевозки картофеля / О. В. Филюшин, А. С. Колотов, И. А. Успенский // Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 20 февраля 2020 года / Министерство сельского хозяйства РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 330-334.

13. Бортник, А. В. Устройства для сцепки машинно-тракторного агрегата с навесным оборудованием / А. В. Бортник, О. В. Филюшин, А. С. Колотов //

Актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации мобильной техники, Рязань, 12 октября 2020 года / Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры технической эксплуатации транспорта. Том 1. – Рязань: РГАТУ, 2020. – С. 12-17.

14. Факторы обеспечения качества погрузочно-разгрузочных работ и транспортировки сельскохозяйственной продукции / К. А. Дорофеева, А. С. Колотов, И. Н. Кирюшин, С. В. Колупаев // 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; ФГБОУВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2017. – С. 101-105.

15. Сидоров, А. А. Некоторые особенности перевозки сельскохозяйственной продукции и удобрений / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. С. Колотов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 6-12.

16. Патент на полезную модель № 166384 U1 Российская Федерация, МПК B65D 85/34. Контейнер для перевозки плодоовощной продукции : № 2016115317/12 : заявл. 19.04.2016 : опубл. 20.11.2016 / В. А. Шафоростов, И. А. Юхин, И. А. Успенский [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ).

17. Современные методы решения проблемы внутрихозяйственной транспортировки плодоовощной продукции / К. А. Жуков, И. А. Юхин, И. А. Успенский, Н. В. Аникин // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств : Материалы XV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора Игоря Николаевича Арина, Владимир, 20–22 ноября 2013 года / Под общей редакцией А.Г. Кириллова. – Владимир: Владимирский государственный университет, 2013. – С. 60-63.

18. Пути снижения травмируемости плодоовощной продукции при внутрихозяйственных перевозках / И. А. Успенский, И. А. Юхин, К. А. Жуков [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 96. – С. 360-372.

19. Аникин, Н. В. Факторы влияющие на уровень повреждений перевозимой сельскохозяйственной продукции / Н. В. Аникин, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава и молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева : Материалы научно-практической конференции 2009 г., Рязань, 01 января – 31 2009 года. Том 1. – Рязань, 2009. – С. 18-20.

ПОДХОД К ПЕРЕВОЗКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ В КОНТЕЙНЕРАХ

В данной статье рассмотрим подход к перевозке сельскохозяйственной продукции в контейнерах и оценим целесообразность его применения в рамках современного агропромышленного комплекса.

Актуальные вызовы в области сельского хозяйства требуют передовых решений. В частности – в вопросе транспортировки готовой продукции в различных условиях.

В период весенних полевых работ отмечается существенное увеличение объёмов приобретения посевного и посадочного материала. Качественные характеристики последнего выступают определяющим фактором для формирования будущего урожая.

Целесообразно отдавать предпочтение сортам, адаптированным к конкретным климатическим условиям региона возделывания. Несоответствие биологических требований культуры фактическим погодным параметрам может привести к неполным всходам или недостаточному вызреванию продукции. Посевной материал, ценовая категория которого превышает средние рыночные значения, обычно демонстрирует более высокие показатели качества.

Урожай, полученный при использовании подобных семян, характеризуется повышенным потребительским спросом и улучшенными органолептическими свойствами. Вместе с тем достижение высоких результатов требует значительных трудовых и материальных затрат. Первостепенное значение при этом приобретает организация надлежащей транспортировки посевного и посадочного материала до участка их размещения.



Рисунок 1 – Пример контейнера для размещения картофеля

Одним из наиболее безопасных методов перевозки является транспортировка в специальных контейнерах (рисунок 1). Их устанавливают в используемый полуприцеп и устойчиво закрепляют. Затем кладут в них перевозимые объекты и закрывают крышкой.

При таком варианте транспортировки поддерживается максимальная безопасность и исключается риск получения урона в результате попаданий в ямы.

Для того чтобы поддерживать необходимую влажность (рисунок 2) и определенный температурный режим, контейнеры могут быть оснащены вентиляционными отверстиями, которые открываются и закрываются вручную в зависимости от требований, предъявляемых к перевозимым объектам.



Рисунок 2 – Примеры гигрометров
(для измерения влажности)

Поддержание необходимого микроклимата внутри контейнера обеспечивается посредством специального устройства. Наиболее целесообразным представляется его размещение в центральной области крышки. Конструктивно данное устройство включает съёмный блок и увлажняемую губку.

Губка способна длительное время удерживать влагу и постепенно высвобождать её в пространство контейнера, что позволяет сохранять стабильный уровень влажности. Регулирование влажностного режима осуществляется вручную путём изменения угла открытия щеколды, контролирующей выпуск влаги.

Повышенная устойчивость контейнера способствует сохранению фиксированного положения перевозимых объектов в течение всего маршрута. Вероятность смещения груза к одной из стенок при этом существенно снижается.

Транспортировка семенного материала различных культур осуществляется с применением специальных разграничивающих элементов. Их монтаж производится на требуемой высоте внутри транспортной ёмкости. Подобные устройства целесообразно применять при перевозке готовой сельскохозяйственной продукции, нуждающейся в особых условиях безопасности.

Томаты, к примеру, подвержены деформации и порче вследствие непосредственного соприкосновения. Длительность транспортировки увеличивает риск возникновения таких повреждений. Разграничивающие конструкции (рисунок 3) позволяют предотвратить подобные негативные последствия.



Рисунок 3 – Пример контейнера с перегородками

Контейнеры для транспортировки демонстрируют высокую эффективность при перемещении грузов в холодный период. Применение теплоизоляционных материалов обеспечивает надёжную защиту внутреннего пространства от воздействия низких температур.

Подобная организация позволяет транспортировать товары, характеризующиеся повышенной чувствительностью к отрицательным температурным показателям.

Вместе с тем данное оборудование может выполнять функцию мобильной холодильной камеры небольшого объёма. В частности, это касается перевозки замороженной плодоовощной продукции.

Реализация указанной возможности достигается посредством монтажа спец. оборудования.

Применение специализированных контейнеров при транспортировке сельскохозяйственных грузов обладает рядом существенных преимуществ. Прежде всего, речь идёт об обеспечении сохранности продукции на протяжении всего маршрута следования.

Активное применение всё больше находят многоярусные контейнеры (рисунок 4).



Рисунок 4 – Пример многоярусного контейнера

Изотермические контейнеры (рисунок 5) позволяют формировать оптимальные условия микроклимата, что особенно важно для скоропортящихся товаров. Помимо этого, подобное решение характеризуется высокой степенью надёжности, поскольку конструкция защищает груз от внешних воздействий. Универсальность данного способа перевозки проявляется в возможности использования для различных видов сельхозпродукции, а экономическая целесообразность достигается за счёт снижения потерь и оптимизации логистических процессов.



Рисунок 5 – Пример изотермического контейнера

Контейнеры подвергаются регламентированному техническому обслуживанию. В ходе диагностики оценивается целостность конструкции и способность сохранять внутреннюю среду без утечек.

При выявлении отклонений осуществляется удаление загрязнений из вентиляционных каналов, устранение следов перевозимого груза, а также обработка коррозионных участков с последующей полировкой внешних элементов.

Транспортировка сельскохозяйственной продукции в контейнерах представляет собой универсальное решение. Необходимо отметить, что данный метод требует финансовых вложений. Речь идёт о приобретении оборудования, его монтаже и последующем техническом обслуживании.

Библиографический список

1. Основы безопасной эксплуатации наземных транспортно-технологических средств / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, Д. Г. Чурилов, С. Д. Полищук // Инновационное развитие аграрной науки: традиции и перспективы, Рязань, 22 ноября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 143-148.

2. Сидоров, А. А. О недостатках открытого способа транспортировки сельскохозяйственных культур / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. И. Ушанев // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 320-325.

3. Сидоров, А. А. Транспортировка сельскохозяйственной продукции в специальных контейнерах / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. И. Ушанев // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 314-319.

4. Основы борьбы с коррозией, возникающей на сельскохозяйственной технике / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. С. Колотов, А. Г. Арженовский // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 130-136.

5. Сидоров, А. А. Некоторые особенности перевозки сельскохозяйственной продукции и удобрений / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. С. Колотов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта»,

Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 6-12.

6. Безопасная перевозка грузов / А. А. Сидоров, В. С. Шувалов, М. Д. Свинаярева, Р. В. Безносюк // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных процессов в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина, Рязань, 24 мая 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 182-189.

7. Сидоров, А. А. Проблемы, возникающие в результате погрузки и выгрузки сельскохозяйственных культур на борт транспортного средства, и их решение / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. И. Ушанев // Транспортная отрасль Российской Федерации: текущее состояние и перспективы развития, Рязань, 06 февраля 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2025. – С. 51-57.

8. Сидоров, А. А. О правильном и безопасном вхождении автомобиля в поворот / А. А. Сидоров, В. С. Шувалов, М. Д. Свинаярева // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 191-197.

9. Гаврилин, М. А. Применение инновационных технологий и сенсорных устройств при выполнении технического обслуживания автомобилей / М. А. Гаврилин, А. А. Сидоров, А. В. Ерохин // Перспективы развития транспортной системы в Российской Федерации : Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, приуроченной к профессиональному празднику - Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 25 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 16-21.

10. Подход к диагностированию тракторов агропромышленного комплекса / Э. В. Кузнецова, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2025. – Т. 17, № 2. – С. 93-100.

11. Сидоров, А. А. О продлении срока эксплуатации сельскохозяйственных агрегатов / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. И. Ушанев // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 137-143.

12. Повышение эксплуатационных качеств транспортных средств при перевозке грузов в АПК / Н.В. Аникин и др. // Международный техникоэкономический журнал. – 2009. – №. 3. – С. 92-96.

13. Беляев, В.М. Управление доставкой товаров по предварительным заказам / В.М. Беляев, М.И. Малышев // Прикладная логистика. - 2006. - №9. - С. 30-35.

14. К вопросу беспроводной передачи информации в сельском хозяйстве / Н. Б. Нагаев [и др.] // Инновационные научно-технологические решения для АПК, Рязань, 20 апреля 2023 года. Том Часть II. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С. 151-157.

15. Виноградов, Д. В. Методологические вопросы оценки эффективности управления затратами / Д. В. Виноградов, В. С. Конкина, Е. Н. Правдина // Молодёжь в поисках дружбы : Материалы Республиканской научно-практической конференции, посвященный к 20-летию Национального примирения и году Молодежи в Республике Таджикистан, Бохтар, 28 апреля 2017 года / Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан; Институт энергетики Таджикистана. – Бохтар: Институт энергетики Таджикистана, 2017. – С. 20-28.

УДК 656.13

*Терентьев В.В., канд. техн. наук,
Пашканг Н.Н., канд. экон. наук,
Горячкина И.Н., канд. техн. наук
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

Эффективное взаимодействие различных видов транспорта и их консолидация в единый транспортный процесс является важным направлением развития транспортной отрасли в целом (рисунок). Вопросы организации транспортного процесса рассматриваются в работах [1-11]. В нашей статье рассмотрим основные особенности различных видов транспорта и ключевые особенности управления перевозочным процессом.

1. Техничко-экономические особенности видов транспорта

Железнодорожный транспорт

Железнодорожный транспорт характеризуется высокой провозной способностью и низкими удельными затратами на перевозку тонны груза на большие расстояния. Себестоимость перевозки существенно снижается при увеличении дальности и массы отправки. Энергоэффективность железнодорожного транспорта в 3-4 раза превосходит автомобильный при грузоперевозках, что делает его экологически предпочтительным для массовых потоков. Капиталоемкость инфраструктуры (пути, станции, системы связи) чрезвычайно высока, однако эксплуатационные расходы при условии интенсивного использования сети остаются высококонкурентоспособными. Основное преимущество данного вида транспорта — высокая степень

независимости от погодных условий и возможность регулярной перевозки крупнотоннажных партий грузов.



Рисунок 1 – Обобщенная схема транспортных услуг

Автомобильный транспорт

Автотранспорт обеспечивает максимальную гибкость маршрутизации и доставку по принципу "от двери до двери" без необходимости промежуточной перегрузки. Удельные затраты на тонно-километр здесь выше, чем у железнодорожного и водного транспорта. Тем не менее, высокая скорость доставки на средних расстояниях (до 500 км) и отсутствие потребности в дополнительных перевалочных операциях эффективно компенсируют эту разницу. Низкий входной барьер по капиталовложениям в подвижной состав делает автотранспорт наиболее доступным сегментом для малого и среднего бизнеса. К числу рисков относятся высокая доля топливных затрат в структуре себестоимости и прямая зависимость от волатильности цен на нефтепродукты.

Водный транспорт

Морской и речной транспорт демонстрируют минимальную себестоимость перевозки на сверхдальние расстояния благодаря колоссальной грузоподъемности современных судов. Морские контейнеровозы и балкеры обеспечивают наименьшие удельные затраты в мировой логистике. Однако речной транспорт существенно ограничен географией естественных водных

путей и сезонностью навигации. Портовая инфраструктура требует значительных долгосрочных капиталовложений. Скорость доставки грузов водным путем значительно уступает наземным видам транспорта, что ведет к увеличению времени в пути и, как следствие, иммобилизации капитала грузоотправителя в запасах.

Воздушный транспорт

Авиационные перевозки отличаются максимальной скоростью доставки и, одновременно, самой высокой себестоимостью. Стоимость перевозки может быть в 10-15 раз выше железнодорожной и в 50-100 раз выше морской. Экономическая целесообразность использования авиации возникает при транспортировке скоропортящихся продуктов, высокостоймых технологичных грузов или критически срочных отправок. Грузоподъемность бортов ограничена, а зависимость от метеорологических условий выше, чем у любого другого вида транспорта. Аэропортовая инфраструктура требует сложного технического обслуживания и высоких эксплуатационных расходов.

Трубопроводный транспорт

Трубопроводы обеспечивают непрерывную, круглосуточную транспортировку жидких и газообразных грузов с минимальными операционными затратами. Высокая первоначальная капиталоемкость строительства окупается исключительно при наличии стабильных, гарантированных долгосрочных потоков сырья. Ключевые преимущества — отсутствие порожнего возвратного пробега и полная автоматизация процесса. Основным ограничением выступает узкая специализация (нефть, газ, продукты нефтехимии) и отсутствие гибкости в изменении маршрута.

2. Особенности технологии и управления перевозочным процессом

Железнодорожный транспорт

Технология перевозок базируется на формировании составов и движении со строгим графиком. Диспетчеризация осуществляется централизованно. Внедрение систем автоблокировки и электрической централизации непрерывно повышает пропускную способность линий. Современные тренды включают автоматическую идентификацию подвижного состава и использование спутниковой телеметрии. Интермодальные перевозки с использованием контейнеров позволяют железнодорожному транспорту эффективно интегрироваться в глобальные логистические цепи. Развитие высокоскоростного движения существенно меняет структуру пассажирского рынка, конкурируя с авиацией на расстояниях до 800-1000 км.

Автомобильный транспорт

Управление автотранспортом традиционно децентрализовано. Использование GPS-навигации и телематических систем позволяет осуществлять мониторинг местоположения в реальном времени. Системы управления автопарком оптимизируют загрузку и планируют маршруты, уменьшая холостые пробеги. Внедрение электронных транспортных накладных ускоряет документооборот. Ожидается, что развитие беспилотных технологий в

ближайшем десятилетии приведет к существенному снижению затрат на оплату труда водителей.

Водный и воздушный транспорт

Технология морских перевозок полностью стандартизирована благодаря глобальной контейнеризации. Современные "умные" порты используют автоматические краны и управляемые транспортные средства для ускорения обработки грузов. Экологические регламенты стимулируют переход флота на сжиженный природный газ (СПГ).

3. Сравнительные логистические характеристики различных видов транспорта

Для эффективного выбора транспортного средства в логистической системе необходимо проводить сравнительный анализ по ключевым параметрам. Ниже приведены основные показатели взаимодействия различных видов транспорта.

Таблица – Сравнительный анализ транспортных характеристик

Характеристика	Ж/Д	Авто	Водный	Авиа
Скорость (км/ч)	40–70	60–80	35–45	800–900
Грузоподъемность	Высокая	Средняя	Максимальная	Низкая
Надежность	Высокая	Средняя	Средняя	Высокая (но метеозависимая)

Эффективные транспортно-логистические системы строятся на принципе синергии. Мультимодальные перевозки интегрируют различные виды транспорта через опорную сеть терминально-складских комплексов. Морские порты выступают ключевыми узлами взаимодействия, обеспечивая стыковку водного, железнодорожного и автомобильного транспорта.

Контейнеризация является универсальным технологическим фундаментом, позволяющим осуществлять "бесшовную" перегрузку без физического контакта с содержимым груза. Логистические операторы сегодня не просто выбирают вид транспорта, а проектируют оптимальные цепи поставок, комбинируя скорость авиации и гибкость автотранспорта для экспресс-доставки с экономичностью морских и железнодорожных магистралей для перемещения массовых партий товаров. Единые цифровые платформы обеспечивают координацию всех участников через "единое окно", что минимизирует простои и оптимизирует общие логистические издержки.

Библиографический список

1. Повышение эффективности управления автопарком / В. В. Терентьев, А. Б. Мартынушкин, Н. Н. Пашканг, А. В. Шемякин // Теория и практика современной аграрной науки : Сборник VII национальной (всероссийской) науч. конф. с международным участием, Новосибирск, 2024. – С. 1008-1010.

2. Абузьяров, Л. Д. Проблемные вопросы доставки грузов / Л. Д. Абузьяров, В. В. Терентьев, Н. Н. Пашканг // Транспортная отрасль Российской Федерации: текущее состояние и перспективы развития : материалы Всероссийской студенческой научно- практической конференции, посвященной Дню Российской науки, Рязань, 2024. – С. 132-137.
3. Терентьев, В. В. Влияние технико-эксплуатационных показателей на качество перевозочного процесса / В. В. Терентьев, В. Н. Мальчиков, А. А. Тимакина // Инновационное развитие аграрной науки: традиции и перспективы, Рязань, 22 ноября 2024 года. – Рязань, 2024. – С. 260-265.
4. Повышение эффективности доставки грузов / В. В. Терентьев, И. Н. Горячкина, Н. Н. Пашканг, А. В. Шемякин // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора А.А. Сорокина, Рязань, 2024. – С. 337-342.
5. Методы и алгоритмы использования информационных систем в логистическом процессе перевозки сельскохозяйственной продукции / В. В. Терентьев, А. В. Шемякин, Д. С. Рябчиков [и др.] // Научные приоритеты в АПК: вызовы современности : материалы 75-й юбилейной международной научно-практической конференции, Рязань, 2024. – С. 418-424.
6. Повышение эффективности транспортного процесса / О. В. Терентьев, В. В. Терентьев, А. Б. Мартынушкин [и др.] // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2024. – № 1(20). – С. 106-111.
7. Мальчиков, В. Н. Повышение эффективности транспортировки продукции / В. Н. Мальчиков, В. В. Терентьев // Теория и практика современной аграрной науки : Сборник VI национальной (всероссийской) научной конф. с международным участием, Новосибирск, 2023. – С. 641-644.
8. Терентьев, В. В. Повышение транспортной доступности сельских территорий / В. В. Терентьев, А. В. Шемякин // Теория и практика современной аграрной науки : Сборник VI национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 2023. – С. 659-661.
9. Мальчиков, В. Н. Сельскохозяйственная логистическая система / В. Н. Мальчиков, В. В. Терентьев // Перспективные научные исследования высшей школы : Материалы Всероссийской студенческой научной конференции, Рязань, 25 мая 2023 года. Том Часть I. – Рязань, 2023. – С. 29-30.
10. Программное обеспечение для организации грузовых перевозок / В. В. Терентьев, А. В. Шемякин, К. П. Андреев [и др.] // Научно-технические приоритеты развития АПК России : материалы 76-й международной научно-практической конференции, Рязань, 2025. – С. 246-252.
11. Транспортно-экспедиционная деятельность предприятий автомобильного транспорта / А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, А. Б. Мартынушкин [и др.] ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент научно-технологической политики и образования ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – Рязань, 2022. – 188 с.

СЕКЦИЯ: СТРОИТЕЛЬСТВО ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.6

*Ткач Т.С., канд. техн. наук, доцент,
Щур А.С., студент 1 курса,
Белозеров А.И., студент 1 курса
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

СУБИРРИГАЦИЯ: ПРИНЦИПЫ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Субирригация представляет собой способ орошения, при котором вода подается в корнеобитаемый слой путем искусственного регулирования уровня грунтовых вод.



Рисунок 1 – Субирригация

Метод основан на подъеме влаги из нижних горизонтов почвы к зоне размещения корней за счет капиллярных сил. Управляя уровнем воды в каналах, дренах или подземных трубопроводах, можно как повышать водообеспеченность растений в засушливые периоды, так и снижать переувлажнение при избытке влаги.

Особенно эффективна субирригация в районах с естественно высоким уровнем грунтовых вод — например, в речных долинах или на равнинных территориях с водоупорными породами.

Следует подчеркнуть, что данная технология часто интегрируется с дренажными системами. Дренажные трубы и каналы могут выполнять двойную функцию: при открытых водовыпусках они удаляют избыток влаги, а при их перекрытии способствуют подъему водоносного горизонта и увлажнению почвы.

Таким образом, субирригация является не отдельным техническим решением, а элементом комплексного водного регулирования агроландшафтов.

Ключевой физический механизм субиригации — капиллярное перемещение влаги в почвенном профиле. Вода, подаваемая снизу, постепенно поднимается вверх и используется растениями по мере потребности.

В инженерной практике применяются несколько способов реализации данного принципа. Один из них предполагает устройство открытых каналов, глубина которых ниже уровня грунтовых вод.

В тепличном производстве применяется иной принцип: вода или питательный раствор подается в нижнюю часть контейнера и через отверстия поднимается в субстрат, где поглощается корневой системой.

В целом эффективность субиригации определяется способностью почвы обеспечивать устойчивый капиллярный подъем влаги, что требует однородности гранулометрического состава и минимального уклона поверхности.

Конструктивные решения и разновидности субиригации

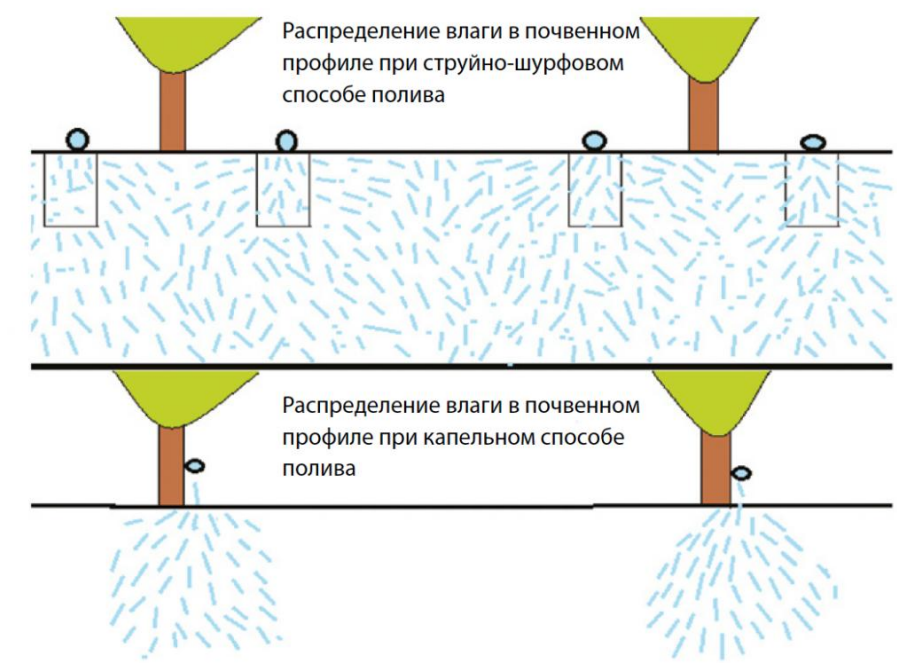


Рисунок 2 – Равномерность распределение влаги в почвенном профиле при поливе

Технологические варианты субиригации различаются в зависимости от природных условий, типа хозяйства и уровня инженерного оснащения.

Наиболее традиционной является система регулируемых каналов, позволяющая контролировать положение водоносного горизонта. Несмотря на относительную простоту, такие каналы могут занимать значительную площадь и затруднять механизированную обработку полей.

Более современным решением считается использование подземных трубопроводов из гофрированного пластика с управляемыми выходами. Однако их монтаж требует значительных капитальных вложений, а эксплуатация

осложняется возможным засорением почвенными частицами или отложениями железа.

В закрытом грунте распространены системы с рециркуляцией воды, при которых раствор собирается, хранится и повторно используется. Такой подход снижает поверхностный сток и уменьшает загрязнение почв.

Также практикуется размещение перфорированных труб непосредственно под посевным слоем, через которые вода медленно просачивается и поднимается к корням растений.

Разнообразие конструктивных решений свидетельствует о высокой адаптивности субиригации, однако выбор конкретной схемы должен основываться на гидрогеологических расчетах.

Одним из ключевых достоинств технологии является значительная экономия водных ресурсов. Исследования показывают, что потребность в поливной воде может снижаться на 20–50 % в зависимости от условий выращивания культур.

В тепличных системах уменьшение расхода воды и удобрений способно достигать не менее 50 % по сравнению с традиционными способами орошения.

Поскольку вода подается непосредственно в корневую зону, потери на испарение минимальны, а вымывание питательных веществ существенно сокращается.

Дополнительным преимуществом является более равномерный рост растений и повышение производственной эффективности.

Сухая поверхность почвы препятствует прорастанию сорняков и снижает распространенность грибных заболеваний, поскольку надземные части растений не увлажняются.

Кроме того, рециркуляция воды уменьшает загрязнение окружающей среды и способствует формированию экологически устойчивых агротехнологий.

В совокупности данные факторы позволяют рассматривать субиригацию как один из наиболее эффективных методов водопользования в современном сельском хозяйстве.

Сфера использования субиригации достаточно широка и охватывает различные направления аграрного производства. Метод применяется при выращивании полевых культур, пастбищ и садов, особенно в районах с благоприятными гидрогеологическими условиями.

Наибольшую эффективность технология демонстрирует при возделывании влаголюбивых растений, таких как сахарный тростник и финиковая пальма.

В контролируемых условиях — теплицах и питомниках — субиригационные системы позволяют повысить качество продукции, обеспечить равномерное развитие растений и увеличить производственную эффективность.

Метод также подходит для овощных, плодовых и декоративных культур, обеспечивая стабильное снабжение влагой и питательными веществами.

Дополнительным направлением является использование дренажных сетей в двойном режиме — для отвода избыточной влаги и последующего увлажнения почвы в засушливые периоды.

Таким образом, субиригация может рассматриваться как универсальный инструмент водного регулирования, применимый как в интенсивных агросистемах, так и в традиционном земледелии.

Современные тенденции мелиорации связаны с повышением экологической безопасности и ресурсной эффективности водопользования. В этом контексте субиригация приобретает особую значимость благодаря возможности повторного использования воды и сокращения стока.

Дальнейшее развитие технологии связано с автоматизацией регулирования уровня грунтовых вод, применением датчиков влажности и интеграцией систем в цифровые платформы управления агропроизводством.

Ожидается, что совершенствование материалов подземных трубопроводов, повышение надежности регулирующих устройств и внедрение интеллектуальных систем контроля позволят снизить эксплуатационные риски и расширить область применения метода.

В долгосрочной перспективе субиригация способна стать важным элементом устойчивых мелиоративных систем, ориентированных на рациональное использование природных ресурсов.

Библиографический список

1. Биотехнологии в управлении водным режимом почв / Д. В. Колошеин, О. П. Гаврилина, А. А. Маркушов [и др.] // Перспективы развития транспортной системы Российской Федерации: Всероссийская студенческая научно-практическая конференция, приуроченная к профессиональному празднику – Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 23 октября 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2025. – С. 103-108.

2. Щур, А. С. Водоснабжение и водоотведение на льноперерабатывающих предприятиях / А. С. Щур, Е. С. Мамонова, Н. А. Семенихин // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2025. – № 3(25). – С. 93-98.

3. Становление и развитие гидромелиорации в лесном хозяйстве / О. П. Гаврилина, А. С. Щур, А. Н. Кочеткова, Н. А. Семенихин // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2025. – № 2(24). – С. 31-38.

4. Гаврилина, О. П. Автоматизация полива дождеванием / О. П. Гаврилина, С. Н. Борычев, Д. В. Колошеин // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации: Материалы 72-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 20 апреля 2021 года - Том Часть II. - Рязань: РГАТУ, 2021. - С. 162-165.

5. Современные методы орошения в гидромелиорации / О. П. Гаврилина, А. С. Щур, Е. С. Мамонова, Н. А. Семенихин // Вестник Совета молодых

ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2025. – № 2(24). – С. 25-30.

6. Автоматизация и цифровые технологии управления гидромелиоративными системами / Д. В. Колошеин, А. С. Щур, А. В. Волынский, А. А. Маркушов // Перспективы развития транспортной системы Российской Федерации : Всероссийская студенческая научно-практическая конференция, приуроченная к профессиональному празднику – Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 23 октября 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2025. – С. 98-103.

7. Технологии строительства магистральных и распределительных каналов при устройстве систем поверхностного полива / О. П. Гаврилина, А. С. Попов, А. С. Щур, А. И. Белозеров // Перспективы развития транспортной системы Российской Федерации: Всероссийская студенческая научно-практическая конференция, приуроченная к профессиональному празднику – Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 23 октября 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2025. – С. 83-88.

8. Способы возведения мелиоративной системы поверхностного полива / О. П. Гаврилина, А. С. Попов, А. С. Щур, А. И. Белозеров // Перспективы развития транспортной системы Российской Федерации : Всероссийская студенческая научно-практическая конференция, приуроченная к профессиональному празднику – Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 23 октября 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2025. – С. 77-82.

9. Использование возобновляемых источников энергии для насосных станций / С. Н. Бoryчев, О. П. Гаврилина, А. С. Щур, Н. Н. Кочкин // Перспективы развития транспортной системы Российской Федерации : Всероссийская студенческая научно-практическая конференция, приуроченная к профессиональному празднику – Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 23 октября 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2025. – С. 67-71.

10. Преимущества мелкодисперсного дождевания / О. П. Гаврилина, А. С. Щур, С. О. Клепова, Е. В. Горожанина // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации, Рязань, 29 января 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2025. – С. 210-214.

11. Определение доз удобрений для минеральных и торфяных почв / С.Н. Бoryчев, Д.В. Колошеин, Е.Ю. Гаврикова [и др.] // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства: Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти члена-корреспондента РАСХН и НАНКС академик МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В., Рязань, 09 декабря 2020. - Рязань: РГАТУ, 2020. - С. 102-104.

12. Деформация откосов открытых дренажных каналов/ Е.Ю. Ашарина, Е.Ю. Гаврикова, А.С. Попов и др. // Сб.: Приоритетные направления

инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений в АПК: Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. - 2021. -С. 269-272.

13. Гидротехнические сооружения и требования, предъявляемые к ним / О. П. Гаврилина, Д. В. Колошеин, Т. С. Ткач [и др.] // Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса: Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 20 ноября 2020 года. Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 86-89.

УДК 631.6

*Шерemet И.В., старший преподаватель,
Щур А.С., студент 1 курса,
Белозеров А.И., студент 1 курса
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

УПРАВЛЕНИЕ ПАВОДКАМИ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Паводки формируются под воздействием совокупности природных факторов, среди которых ключевую роль играют интенсивные атмосферные осадки, быстрое снеготаяние, особенности рельефа и гидрологического строения речных бассейнов. На территории России значительные наводнения характерны, например, для бассейна Амура, где муссонный климат и мощные ливни способствуют резкому подъему уровня воды.



Рисунок 1 – Паводок

Колоссальные колебания стока в отдельных реках могут достигать сотен раз — от минимальных значений до экстремальных расходов, что существенно осложняет прогнозирование и предотвращение катастрофических последствий.

Для сельскохозяйственных территорий паводки опасны не только кратковременным затоплением. Длительное стояние воды приводит к анаэробным условиям в почве, снижению активности микроорганизмов и гибели корневых систем растений. Кроме того, происходит вымывание питательных веществ, эрозия верхнего плодородного слоя и заиливание поверхности полей.

Антропогенные факторы также могут усиливать паводковую опасность. К ним относятся нерациональное освоение пойм, нарушение естественных путей стока, вырубка лесов и недостаточная пропускная способность гидротехнических сооружений. Таким образом, формирование паводков следует рассматривать как результат взаимодействия природных процессов и хозяйственной деятельности человека.

Современный подход к решению проблемы основан на принципах интегрированного управления паводками, предусматривающего учет всей наземной фазы водного цикла и различных проявлений экстремальной гидрологии. Такой подход направлен на улучшение функционирования речного бассейна.

Ограничение строительства в зонах затопления, рациональное размещение сельскохозяйственных объектов и учет паводковой опасности при территориальном планировании позволяют существенно снизить потенциальный ущерб.

Дополнительным элементом интегрированного подхода является повышение готовности территорий к чрезвычайным ситуациям. Проведение учебных мероприятий, информирование населения и внедрение программ устойчивого развития способствуют формированию адаптивных агросистем, способных функционировать даже при неблагоприятных гидрологических условиях.

Традиционно основу противопаводковой защиты составляют гидротехнические сооружения. К ним относятся дамбы, водохранилища, каналы отвода, кольцевые защитные валы и системы ускоренного водоотведения.

Планирование подобных сооружений требует предварительного моделирования наводнений, позволяющего оценить вероятность затопления и определить эффективность проектных решений. Изменение конструкции объектов или создание компенсационных водохранилищ способно существенно улучшить противопаводковую ситуацию.

В сельскохозяйственных районах важным направлением является совершенствование дренажных каналов и водотоков, обеспечивающих более быстрое удаление паводковых вод с угодий.

Однако практика показывает, что даже крупные водохранилища не всегда способны полностью сдерживать экстремальные паводки на значительном

расстоянии от плотин, что подчеркивает необходимость комплексного подхода к защите территорий.

Современные исследования также демонстрируют высокую эффективность регулирующих водоемов. Управляемые пруды-накопители с автоматическим контролем затворов способны снижать пиковый расход стока почти на 80 %, что существенно уменьшает вероятность затопления.

В последние годы возрастает интерес к природоориентированным технологиям снижения паводкового риска. Исследования показывают, что сельскохозяйственные земли способны выполнять функцию временного аккумуляирования воды и тем самым снижать частоту наводнений.

Особенно эффективны территории, расположенные в зонах естественного водонакопления — как рисовые поля, так и богарные угодья могут играть роль буферных пространств, сглаживающих гидрологические пики.

Сохранение таких участков в структуре водосбора повышает устойчивость всей системы и способствует реализации концепции экосистемного снижения риска бедствий.

Дополнительным направлением является управляемое затопление сельхозугодий в периоды высоких расходов воды. При правильной организации подобная практика позволяет одновременно уменьшать паводковую волну и пополнять запасы подземных вод, что особенно важно для засушливых периодов.

Следовательно, сельскохозяйственные территории могут рассматриваться не только как объекты защиты, но и как активный элемент управления паводковыми процессами.

Ущерб от наводнений на сельскохозяйственных территориях выражается не только в потере урожая, но и в разрушении инфраструктуры, деградации почв и необходимости проведения восстановительных работ. Поэтому инвестиции в противопаводковые мероприятия следует рассматривать как фактор долгосрочной устойчивости аграрного производства.

В то же время строительство крупных гидротехнических объектов может оказывать значительное воздействие на природные комплексы — затоплять экосистемы, нарушать миграционные пути животных и изменять гидрологический режим территорий.

Наиболее рациональной считается стратегия, сочетающая экономическую эффективность с минимизацией экологических рисков, что достигается путем интеграции инженерных и природных методов регулирования стока.

Изменение климата усиливает проблему наводнений, превращая ее в устойчивый вызов для многих регионов мира. В связи с этим возрастает необходимость повышения устойчивости уязвимых территорий и разработки новых подходов к управлению паводками.

Перспективными направлениями считаются:

- развитие интеллектуальных систем прогнозирования;
- внедрение автоматизированных гидротехнических сооружений;
- расширение природных водоудерживающих пространств;
- совершенствование территориального планирования.

Особое значение приобретает переход от реактивных мер к превентивным стратегиям, ориентированным на предотвращение ущерба еще на стадии формирования паводковой угрозы.

Библиографический список

1. Биотехнологии в управлении водным режимом почв / Д. В. Колошеин, О. П. Гаврилина, А. А. Маркушов [и др.] // Перспективы развития транспортной системы Российской Федерации: Всероссийская студенческая научно-практическая конференция, приуроченная к профессиональному празднику – Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 23 октября 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2025. – С. 103-108.

2. Щур, А. С. Водоснабжение и водоотведение на льноперерабатывающих предприятиях / А. С. Щур, Е. С. Мамонова, Н. А. Семенихин // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2025. – № 3(25). – С. 93-98.

3. Становление и развитие гидромелиорации в лесном хозяйстве / О. П. Гаврилина, А. С. Щур, А. Н. Кочеткова, Н. А. Семенихин // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2025. – № 2(24). – С. 31-38.

4. Современные методы орошения в гидромелиорации / О. П. Гаврилина, А. С. Щур, Е. С. Мамонова, Н. А. Семенихин // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2025. – № 2(24). – С. 25-30.

5. Автоматизация и цифровые технологии управления гидромелиоративными системами / Д. В. Колошеин, А. С. Щур, А. В. Волынский, А. А. Маркушов // Перспективы развития транспортной системы Российской Федерации : Всероссийская студенческая научно-практическая конференция, приуроченная к профессиональному празднику – Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 23 октября 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2025. – С. 98-103.

6. Технологии строительства магистральных и распределительных каналов при устройстве систем поверхностного полива / О. П. Гаврилина, А. С. Попов, А. С. Щур, А. И. Белозеров // Перспективы развития транспортной системы Российской Федерации: Всероссийская студенческая научно-практическая конференция, приуроченная к профессиональному празднику – Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 23 октября 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2025. – С. 83-88.

7. Способы возведения мелиоративной системы поверхностного полива / О. П. Гаврилина, А. С. Попов, А. С. Щур, А. И. Белозеров // Перспективы развития транспортной системы Российской Федерации : Всероссийская студенческая научно-практическая конференция, приуроченная к

профессиональному празднику – Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 23 октября 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2025. – С. 77-82.

8. Деформация откосов открытых дренажных каналов/ Е.Ю. Ашарина, Е.Ю. Гаврикова, А.С. Попов и др. // Сб.: Приоритетные направления инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений в АПК: Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. - 2021. - С. 269-272.

9. Гидротехнические сооружения и требования, предъявляемые к ним / О. П. Гаврилина, Д. В. Колошеин, Т. С. Ткач [и др.] // Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса: Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 20 ноября 2020 года. Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 86-89.

10. Гаврилина, О. П. Автоматизация полива дождеванием / О. П. Гаврилина, С. Н. Борычев, Д. В. Колошеин // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации: Материалы 72-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 20 апреля 2021 года - Том Часть II. - Рязань: РГАТУ, 2021. - С. 162-165.

УДК 631.6

*Маркушов А.А., преподаватель СПО,
Щур А.С., студент 1 курса,
Белозеров А.И., студент 1 курса
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

УСТОЙЧИВОСТЬ МЕЛИОРАТИВНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ К КЛИМАТИЧЕСКИМ СТРЕССАМ

Одной из ключевых особенностей современного этапа развития водохозяйственного комплекса является рост гидрологической вариабельности. Сокращение устойчивых периодов увлажнения и одновременное увеличение частоты экстремальных погодных явлений формируют новые эксплуатационные условия для гидромелиоративных сооружений.

В научных исследованиях подчеркивается, что дефицит водных ресурсов становится одной из наиболее критических проблем современного общества, особенно в регионах с аридным и семиаридным климатом. Это напрямую отражается на возможностях орошения и требует внедрения технологий, позволяющих более эффективно контролировать расход воды и поддерживать оптимальную влажность почв.

К основным климатическим стрессам, влияющим на мелиоративную инфраструктуру, относятся:

- продолжительные засухи, приводящие к снижению водности источников орошения;
- интенсивные осадки, вызывающие перегрузку дренажных систем;
- увеличение испаряемости вследствие роста температур;
- изменение сезонности стока;
- учащение паводковых явлений.

Особую опасность представляет сочетание нескольких факторов, например, одновременное снижение водных запасов и рост потребности в орошении. В таких условиях традиционные режимы эксплуатации становятся неэффективными, а иногда — технически невозможными.

Дополнительным аспектом является рост конкуренции за водные ресурсы между сельским хозяйством, промышленностью и экологическими системами. Управление оросительными водами усложняется необходимостью поддержания экологических расходов и устойчивости подземных вод.

Степень устойчивости гидромелиоративных систем во многом определяется конструктивными особенностями их отдельных элементов. Наиболее уязвимыми считаются сооружения, функционирование которых напрямую зависит от стабильности гидрологических параметров.

К таким элементам относятся:

При резком увеличении расходов воды возрастает риск размыва откосов, деформации облицовки и нарушения геометрии русла. В условиях засухи, напротив, наблюдается заиление и зарастание каналов, ухудшающее их пропускную способность.

Интенсивные осадки могут привести к гидравлической перегрузке коллекторов и повышению уровня грунтовых вод. Это вызывает вторичное заболачивание и снижает несущую способность почв.

Колебания уровня воды в источниках осложняют поддержание расчетных напоров, что увеличивает энергетические затраты и ускоряет износ оборудования.

Плотины, водорегуляторы и распределительные узлы подвержены дополнительным нагрузкам при экстремальных паводках, что требует повышения коэффициентов надежности при проектировании.

В современных условиях проектирование водохозяйственных объектов все чаще основывается на принципах климатической адаптации. Инженерные руководства подчеркивают необходимость перевода климатических прогнозов в практические технические решения, которые должны использоваться при создании инфраструктуры критического значения.

К числу наиболее эффективных инженерных подходов относятся:

Проектирование каналов и гидротехнических узлов с учетом вероятных экстремальных нагрузок позволяет снизить риск аварийных ситуаций. Практика показывает, что увеличение расчетных расходов и применение более устойчивых конструкционных материалов значительно повышают долговечность систем.

Создание многоуровневых схем водораспределения — с использованием накопительных бассейнов, регулирующих водохранилищ и буферных емкостей

— обеспечивает возможность оперативного реагирования на изменение водности.

Современные оросительные системы постепенно переходят от жестко заданных режимов к адаптивным, при которых объем подачи воды корректируется в зависимости от фактических погодных условий.

Реконструкция старых каналов, переход на трубопроводный транспорт воды и автоматизацию водорегулирования позволяют существенно повысить устойчивость без полного строительства новых систем.

Развитие цифровых решений открывает новые возможности для управления мелиоративной инфраструктурой в условиях неопределенности. В частности, применение датчиков и автоматизированных узлов управления позволяет поддерживать влажность почвы в заданных интервалах и минимизировать потери воды.

Перспективными направлениями считаются:

- системы дистанционного мониторинга гидрологических параметров;
- интеллектуальные алгоритмы управления поливом;
- прогнозные модели водопотребления;
- цифровые платформы поддержки управленческих решений.

Автоматизированные оросительные комплексы способны снижать трудозатраты и повышать адаптивность сельскохозяйственного производства, одновременно способствуя более рациональному использованию ресурсов.

Особое значение имеет моделирование различных сценариев — от засушливых до многоводных лет — что позволяет заранее формировать стратегию эксплуатации инфраструктуры.

Оптимизация распределения воды должна учитывать требования природных экосистем и необходимость поддержания экологических расходов рек. Многоцелевые модели управления водными ресурсами позволяют находить компромисс между экономической эффективностью и защитой окружающей среды.

Важным направлением является восстановление природных гидрологических функций территорий — пойм, временных водотоков и зеленых коридоров. Исследования показывают, что интеграция экологического проектирования и гидрологического моделирования способствует формированию устойчивых водных систем, поддерживающих биоразнообразие и температурное регулирование ландшафтов.

Дальнейшее развитие мелиоративной инфраструктуры связано с переходом от концепции статической надежности к концепции динамической устойчивости. Это означает способность системы не только выдерживать нагрузки, но и адаптироваться к меняющимся условиям.

Перспективными направлениями считаются:

- интеграция водохозяйственных объектов в единую цифровую среду;
- применение энергоэффективного насосного оборудования;
- расширение водосберегающих технологий;

- использование альтернативных источников воды;
- создание многофункциональных гидротехнических комплексов.

В долгосрочной перспективе устойчивость мелиорации будет определяться не отдельными техническими решениями, а системностью подхода, объединяющего инженерные, экологические и управленческие механизмы.

Библиографический список

1. Биотехнологии в управлении водным режимом почв / Д. В. Колошеин, О. П. Гаврилина, А. А. Маркушов [и др.] // Перспективы развития транспортной системы Российской Федерации: Всероссийская студенческая научно-практическая конференция, приуроченная к профессиональному празднику – Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 23 октября 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2025. – С. 103-108.

2. Щур, А. С. Водоснабжение и водоотведение на льноперерабатывающих предприятиях / А. С. Щур, Е. С. Мамонова, Н. А. Семенихин // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2025. – № 3(25). – С. 93-98.

3. Становление и развитие гидромелиорации в лесном хозяйстве / О. П. Гаврилина, А. С. Щур, А. Н. Кочеткова, Н. А. Семенихин // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2025. – № 2(24). – С. 31-38.

4. Становление и развитие гидромелиорации в лесном хозяйстве / О. П. Гаврилина, А. С. Щур, А. Н. Кочеткова, Н. А. Семенихин // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2025. – № 2(24). – С. 31-38.

5. Современные методы орошения в гидромелиорации / О. П. Гаврилина, А. С. Щур, Е. С. Мамонова, Н. А. Семенихин // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2025. – № 2(24). – С. 25-30.

6. Автоматизация и цифровые технологии управления гидромелиоративными системами / Д. В. Колошеин, А. С. Щур, А. В. Волынский, А. А. Маркушов // Перспективы развития транспортной системы Российской Федерации : Всероссийская студенческая научно-практическая конференция, приуроченная к профессиональному празднику – Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 23 октября 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2025. – С. 98-103.

7. Технологии строительства магистральных и распределительных каналов при устройстве систем поверхностного полива / О. П. Гаврилина, А. С. Попов, А. С. Щур, А. И. Белозеров // Перспективы развития транспортной системы Российской Федерации: Всероссийская студенческая научно-практическая конференция, приуроченная к профессиональному празднику –

Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 23 октября 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2025. – С. 83-88.

8. Деформация откосов открытых дренажных каналов/ Е.Ю. Ашарина, Е.Ю. Гаврикова, А.С. Попов и др. // Сб.: Приоритетные направления инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений в АПК: Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. - 2021. -С. 269-272.

9. Гидротехнические сооружения и требования, предъявляемые к ним / О. П. Гаврилина, Д. В. Колошеин, Т. С. Ткач [и др.] // Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса: Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 20 ноября 2020 года. Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 86-89.

10. Гаврилина, О. П. Автоматизация полива дождеванием / О. П. Гаврилина, С. Н. Бoryчев, Д. В. Колошеин // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации: Материалы 72-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 20 апреля 2021 года - Том Часть II. - Рязань: РГАТУ, 2021. - С. 162-165.

11. Причины и оценка заболачивания почв/ А.С. Попов, Д.В. Колошеин, А.Н. Худякова и др. // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства: Материалы Международной науч.-практ. конф., посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. - Рязань: РГАТУ, 2020. - С. 65-68.

УДК 631.6

*Колошеин Д.В., канд. техн. наук, доцент,
Щур А.С., студент 1 курса,
Белозеров А.И., студент 1 курса
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Цифровой двойник - это виртуальная модель объекта или системы, используемая для моделирования, мониторинга и поддержки принятия решений. Технология получила широкое распространение в различных отраслях благодаря развитию машинного обучения и методов анализа больших данных.

Ключевая особенность цифрового двойника заключается в способности отражать параметры реального объекта в цифровой среде. Такая модель формирует динамическую информационную платформу, на основе которой возможно исследование поведения системы при различных эксплуатационных сценариях.



Рисунок 1 – Цифровой двойник плотины

В контексте гидромелиоративных систем цифровые двойники позволяют воспроизводить процессы водораспределения, регулирования стока, работы насосных станций и гидротехнических сооружений. Это создает предпосылки для перехода от реактивного управления к прогнозному, при котором решения принимаются до возникновения критических ситуаций.

Особое значение цифровые двойники приобретают при управлении сложными территориально распределенными оросительными системами. Их использование позволяет учитывать взаимосвязь между подачей воды, состоянием каналов, режимами работы регуляторов и потребностями сельскохозяйственных культур.

Формирование цифрового двойника гидромелиоративной системы базируется на интеграции нескольких технологических компонентов, среди которых особую роль играют датчики, системы передачи данных и аналитические алгоритмы.

Принцип работы цифровых двойников тесно связан с применением моделей машинного обучения, обеспечивающих моделирование, мониторинг и поддержку принятия решений.

Первоначальным этапом является создание математической или имитационной модели объекта. Для оросительных систем это могут быть гидравлические модели каналов, водохранилищ, распределительных узлов и насосных станций. В цифровой среде воспроизводятся параметры расхода воды, уровней, давления и скорости потока.

Далее осуществляется подключение источников данных. В современных исследованиях отмечается важность представления физической среды в виртуальном пространстве, что позволяет алгоритмам обучения вырабатывать оптимальные стратегии управления.

Существенным элементом является автоматическое обновление модели на основе поступающей информации. Благодаря этому цифровой двойник способен отражать текущее состояние системы и реагировать на изменения гидрологических или эксплуатационных условий.

Дополнительным направлением развития выступает применение методов reinforcement learning (обучения с подкреплением), которые позволяют системе самостоятельно находить эффективные управленческие решения, например, оптимальные режимы подачи воды или распределения потоков.

Практическое значение цифровых двойников наиболее полно проявляется в задачах оперативного управления водораспределением. Технология позволяет моделировать различные сценарии эксплуатации и выбирать наиболее рациональные из них.

Одним из перспективных направлений является использование цифровых моделей для оптимизации принятия решений, автоматизации задач и управления ресурсами.

Например, при прогнозировании водопотребления сельскохозяйственных культур цифровой двойник может учитывать метеорологические условия, фазу развития растений и состояние почвенного профиля. На основе этих данных формируются рекомендации по изменению режимов орошения.

Не менее важной областью применения является управление рисками. Моделирование позволяет оценивать последствия аварийных ситуаций — прорывов каналов, отказов насосного оборудования или дефицита водных ресурсов.

Цифровые двойники также способствуют повышению точности планирования водоподачи в межхозяйственных и внутрихозяйственных сетях. Это особенно актуально для крупных оросительных массивов, где даже незначительные ошибки в расчетах могут приводить к значительным потерям воды.

Кроме того, технология открывает возможности для комплексного управления агроландшафтами, включая согласование работы оросительных и дренажных систем.

Использование цифровых двойников в гидромелиорации сопровождается рядом существенных преимуществ, имеющих как технологический, так и экономический характер.

Прежде всего, повышается информированность специалистов о текущем состоянии инфраструктуры. Возможность непрерывного анализа параметров позволяет своевременно выявлять отклонения от нормативных режимов.

Важным эффектом является повышение устойчивости функционирования систем. Моделирование различных вариантов эксплуатации дает возможность заранее определить наиболее безопасные режимы работы.

Цифровые двойники также способствуют более рациональному использованию водных ресурсов. За счет точного прогнозирования уменьшаются избыточные подачи воды, снижаются потери на фильтрацию и неэффективное распределение.

Дополнительным преимуществом является улучшение планирования реконструкции и модернизации мелиоративных объектов. Виртуальная модель позволяет оценивать эффективность инженерных решений еще до их практической реализации.

Несмотря на значительный потенциал, внедрение цифровых двойников в гидромелиоративной отрасли сопряжено с рядом трудностей.

Одной из ключевых проблем является высокая сложность моделирования природно-технических систем. Водный режим территорий определяется множеством факторов — климатических, геологических и антропогенных — что требует использования комплексных моделей.

Дополнительным барьером выступает необходимость создания развитой инфраструктуры сбора данных. Без регулярного поступления достоверной информации цифровой двойник теряет актуальность и не может выполнять прогностические функции.

Следует учитывать и экономический аспект. Начальные затраты на разработку моделей, установку датчиков и внедрение программных платформ могут быть значительными, особенно для существующих мелиоративных систем.

Кроме того, ограниченное распространение цифровых двойников в сельском хозяйстве указывает на необходимость дальнейших исследований и разработки методических подходов к их практическому применению.

Будущее цифровых двойников связано с расширением их функциональных возможностей и интеграцией в единую цифровую экосистему управления водными ресурсами.

Ожидается, что дальнейшее развитие машинного обучения позволит создавать более точные модели, способные учитывать нелинейные процессы и сложные взаимосвязи в гидромелиоративных системах.

Перспективным направлением является объединение цифровых двойников оросительных систем с моделями сельскохозяйственного производства. Это позволит синхронизировать водоподачу с реальными потребностями агроценозов.

Важную роль будет играть автоматизация управленческих процессов. Постепенный переход к интеллектуальным системам управления может существенно снизить влияние человеческого фактора и повысить надежность эксплуатации.

Дополнительные возможности открываются при использовании цифровых двойников на стадии проектирования. Виртуальные испытания позволяют выявлять конструктивные недостатки и оптимизировать параметры системы до начала строительства.

Библиографический список

1. Биотехнологии в управлении водным режимом почв / Д. В. Колошеин, О. П. Гаврилина, А. А. Маркушов [и др.] // Перспективы развития транспортной системы Российской Федерации: Всероссийская студенческая научно-практическая конференция, приуроченная к профессиональному празднику — Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 23 октября 2025 года. — Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2025. — С. 103-108.

2. Щур, А. С. Водоснабжение и водоотведение на льноперерабатывающих предприятиях / А. С. Щур, Е. С. Мамонова, Н. А. Семенихин // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2025. – № 3(25). – С. 93-98.

3. Становление и развитие гидромелиорации в лесном хозяйстве / О. П. Гаврилина, А. С. Щур, А. Н. Кочеткова, Н. А. Семенихин // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2025. – № 2(24). – С. 31-38.

4. Причины и оценка заболачивания почв/ А.С. Попов, Д.В. Колошеин, А.Н. Худякова и др. // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства: Материалы Международной науч.-практ. конф., посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. - Рязань: РГАТУ, 2020. - С. 65-68.

5. Современные методы орошения в гидромелиорации / О. П. Гаврилина, А. С. Щур, Е. С. Мамонова, Н. А. Семенихин // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2025. – № 2(24). – С. 25-30.

6. Автоматизация и цифровые технологии управления гидромелиоративными системами / Д. В. Колошеин, А. С. Щур, А. В. Волынский, А. А. Маркушов // Перспективы развития транспортной системы Российской Федерации : Всероссийская студенческая научно-практическая конференция, приуроченная к профессиональному празднику – Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 23 октября 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2025. – С. 98-103.

7. Технологии строительства магистральных и распределительных каналов при устройстве систем поверхностного полива / О. П. Гаврилина, А. С. Попов, А. С. Щур, А. И. Белозеров // Перспективы развития транспортной системы Российской Федерации: Всероссийская студенческая научно-практическая конференция, приуроченная к профессиональному празднику – Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 23 октября 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2025. – С. 83-88.

8. Деформация откосов открытых дренажных каналов/ Е.Ю. Ашарина, Е.Ю. Гаврикова, А.С. Попов и др. // Сб.: Приоритетные направления инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений в АПК: Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. - 2021. -С. 269-272.

9. Гидротехнические сооружения и требования, предъявляемые к ним / О. П. Гаврилина, Д. В. Колошеин, Т. С. Ткач [и др.] // Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса: Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 20 ноября 2020 года. Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 86-89.

10. Гаврилина, О. П. Автоматизация полива дождеванием / О. П. Гаврилина, С. Н. Борычев, Д. В. Колошеин // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации: Материалы 72-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 20 апреля 2021 года - Том Часть II. - Рязань: РГАТУ, 2021. - С. 162-165.

11. Колошеин, Д.В. Способы и средства регулирования водоподдачи в открытых водопроводящих каналах оросительных систем / Д.В. Колошеин, Р.А. Чесноков, А.В. Трохин // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве: Материалы Международной научно-практической конференции - Рязань: РГАТУ, 2023. - С. 297-302.

Национальная научно-практическая конференция, посвящённая памяти
доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича
«Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве»

26 февраля 2026 года

Бумага офсетная Гарнитура Times Печать лазерная
Усл. печ. л. 11,25. Тираж 500 экз. Первый завод 100 экз.

Заказ № 1719 подписано в печать 01.09.2026

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П.А. Костычева

Отпечатано в издательстве учебной литературы
и учебно-методических пособий ФГБОУ ВО РГАТУ
390044, г. Рязань, ул. Костычева, д.1