

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

Семинар

**ЧТЕНИЯ
АКАДЕМИКА
В. Н. БОЛТИНСКОГО**

Сборник статей

Москва
ООО «Сам Полиграфист»
2024

УДК 378.4:001:63(092)

ББК 74.48

Ч 77

Под редакцией:

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

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

Ч 77 Чтения академика В. Н. Болтинского:

сборник статей / Семинар (Москва, 17-18 января 2024 года); под ред. В. И. Трухачева, О. Н. Дидманидзе. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2024. – 303 с.

ISBN 978-5-00166-305-8

В сборнике представлены результаты актуальных научных исследований ученых, докторантов, преподавателей и аспирантов по результатам проведенного постоянно действующего семинара «**Чтения академика В. Н. Болтинского**», который состоялся 17-18 января 2024 года.

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

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

УДК 378.4:001:63(092)

ББК 74.48

ISBN 978-5-00166-305-8

© ООО «Сам Полиграфист»,
2024

СОДЕРЖАНИЕ

Г. Я. Красников

Тенденции развития микроэлектронных технологий 18

В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Р. С. Федоткин

Развитие автотракторного машиностроения на современном этапе 32

В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин

Перспективы тракторостроения в России 43

П. В. Сиротин, Н. Н. Пуляев, М. А. Лесик, Д. А. Федорова

Общая модель гидродинамической подвески заднего навесного устройства трактора 54

Р. Т. Хакимов, О. Н. Дидманидзе

Экспериментальные исследования воздействия агрессивной среды на алюминиевые пластины радиаторов системы охлаждения 70

О. Н. Дидманидзе, А. В. Евграфов, Н. Н. Пуляев, С. И. Харитонов

Технические средства для экологически безопасной утилизации животноводческих стоков 80

П. Н. Косов

Зарубежный опыт воспроизводства машинно-тракторного парка в сельском хозяйстве..... 88

И. И. Габитов, А. Ф. Фаюршин, П. А. Иофинов, Р. Х. Зайнуллин

Обеспечение эксплуатационной надежности сельскохозяйственной техники с учетом региональных особенностей системы технического обслуживания и ремонта 95

И. И. Габитов, И. А. Гайнуллин, А. Ф. Ахметов

Обоснование режимов работы трактора К-735 с посевным комплексом Кузбасс ПК 6.1 107

А. В. Шемякин, Н. В. Лимаренко, И. А. Успенский

Минимизация ущерба, наносимого экосистемам агропромышленным комплексом путём внедрения элементов искусственного интеллекта..... 114

А. Н. Юденичев, Д. В. Варнаков, Е. П. Парлюк

Проактивная система технического обслуживания с применением дистанционной диагностики транспортных средств..... 121

<i>В. И. Пляка, С. П. Казанцев</i> Теоретическое обоснование рабочего процесса почвообрабатывающего катка.....	131
<i>Н. А. Пичужкин</i> Взаимозависимость систем земледелия и земледельческих орудий в истории российской агрикультуры	136
<i>В. М. Корнеев</i> Технология применения водных растворов синтетических моющих средств	143
<i>И. А. Старостин, А. В. Ещин, С. А. Давыдова, Е. Д. Дегтярева, Г. В. Сысоев</i> Анализ состояния мирового тракторостроения	148
<i>В. Л. Пильщиков, О. П. Андреев</i> Система весового контроля грузового автотранспорта на автомобильных дорогах.....	156
<i>Д. В. Анашин</i> Двигатель низкого трения для приусадебного хозяйства.....	164
<i>Р. Н. Дидманидзе, Н. А. Майстренко, Д. Ю. Фролова, А. А. Вехов</i> Оптимизация машиноиспользования.....	173
<i>А. В. Капустин, Б. А. Жоробеков, В. Л. Чумаков, А. Н. Бижаев</i> Расчетное прогнозирование детонации с учетом коэффициента избытка воздуха.....	183
<i>А. В. Капустин, Б. А. Жоробеков, В. Л. Чумаков, А. Н. Бижаев</i> Расчетные исследования влияния интенсивности теплообмена топливовоздушного заряда на антидетонационные характеристики двигателя	192
<i>Г. Е. Митягин, М. К. Бисенов</i> Определение оптимальной глубины разборки высоковольтной тяговой батареи электромобиля исходя из целей дальнейшего ее использования.....	200
<i>Г. Н. Темасова, О. А. Леонов, Ю. Г. Вергазова</i> Показатели качества услуг предприятий технического сервиса агропромышленного комплекса	211

<i>Е. А. Яшина</i> Совершенствование инженерного образования и внедрение предпринимательских компетенций	218
<i>С. Н. Девянин, А. В. Куриленко</i> Оценка влияния различных факторов на максимальный тяговый КПД ...	225
<i>В. В. Шаров</i> Знаменитый, но забытый – профессор П. М. Белянчиков	230
<i>С. М. Ветрова, А. С. Барчукова, Т. И. Балькова</i> Перспективы применения низколегированных сталей в автотракторном машиностроении.....	236
<i>П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова, Э. И. Черкасова</i> Применение цифровых инструментов для повышения эффективности ремонтных предприятий.....	241
<i>Г. А. Нестеркин</i> Классификация и применяемость уплотнительных устройств в сельскохозяйственной технике	245
<i>О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, П. В. Авраменко, Ю. Г. Вергазова, С. А. Дрозд</i> Методика выбора средств измерений отверстия и вала по условию минимизации суммарных годовых издержек.....	253
<i>А. М. Пикина</i> Повышение сохраняемости сельскохозяйственной техники.....	260
<i>В. Л. Пильщиков, О. П. Андреев</i> Способ оценки эффективности смазочных масел	264
<i>А. С. Березенков</i> Возрождение российской селекции овощей.....	269
<i>Т. В. Бирюкова</i> Тенденции развития мирового производства и потребления мяса в мире.....	275
<i>Т. И. Ашмарина</i> Зеленая сделка – передел глобального аграрного рынка	279

<i>Н. А. Ягудаева</i>	
Роль государства в формировании ресурсного потенциала	285
<i>Даюб Нур, Ю. В. Чутчева (научный руководитель)</i>	
Цифровой капитал в сельскохозяйственных организациях.....	291
<i>В. Е. Руденко</i>	
Образовательная база коноплеводства	297

Уважаемые друзья!

Уже восьмой год я принимаю участие в «Чтениях академика Василия Николаевича Болтинского», проводимых в Российском государственном аграрном университете – МСХА имени К. А. Тимирязева.

За это время мероприятие стало поистине значимым событием агропромышленного комплекса России. И с каждым годом количество его участников увеличивается!

Территория нашей страны огромна, что придает российскому аграрному сектору в целом и сельскохозяйственному тракторостроению в частности определяющую роль в экономике.

Важно, чтобы российские аграрии были обеспечены современной и качественной техникой и высококвалифицированными специалистами.

Поэтому интеграция образовательных учреждений с производителями, научно-исследовательскими организациями и государственной властью в области подготовки кадров становится особенно остро.

Отрадно, что Тимирязевская академия развивает и преумножает научное наследие академика Болтинского, жизнь и творчество которого являются образцом служения науке, воспитания инженерных и научных кадров и примером следующим поколениям педагогов и ученых.

Проведение конференций, посвященных современным и актуальным темам, таким как искусственный интеллект, цифровизация, ресурсосбережение в сельскохозяйственном производстве, подготовка кадров для АПК – это шаг к обеспечению лидирующих позиций нашей страны на ключевых направлениях.

Столь высокий интерес академиков, членов-корреспондентов, профессоров РАН к Болтинским чтениям является показателем актуальности обсуждаемых вопросов, их остроты в современных экономических условиях.

Уверен, что результатом сегодняшнего мероприятия станут конкретные меры по созданию сельскохозяйственной техники российского производства с использованием инновационных технологий и усилению ее конкурентоспособности на мировой арене.

Желаю Вам успехов и всего самого доброго!

***Президент Российской академии наук,
Академик Российской академии наук
Геннадий Яковлевич Красников***

Уважаемые участники и организаторы!

Приветствую вас на открытии ежегодного семинара «Чтения академика Василия Николаевича Болтинского».

За годы проведения этого знакового мероприятия оно стало настоящей международной площадкой, где выступают учёные вузов и научно-исследовательских институтов, ведущие специалисты аграрного машиностроения, а также аспиранты и магистры. Каждый год здесь представляется более двухсот докладов. Символично, что впервые чтения были организованы в день столетия со дня рождения выдающегося ученого, академика Василия Николаевича Болтинского.

Ежегодный семинар проводится на площадке родной для него кафедры тракторов и автомобилей РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, которой он руководил в течение 20 лет. Сегодня коллектив Российского государственного аграрного университета поддерживает славные традиции, заложенные знаменитым предшественником.

В последние годы укрепляется материально-техническая база профильного подразделения вуза – Института механики и энергетики. Хотелось бы особо отметить открытие новейших учебных лабораторий, созданных совместно с ведущими российскими и зарубежными компаниями. Прежде всего, отмечу Росагролизинг, Минский тракторный завод, других поставщиков сельскохозяйственной техники, а также Государственный научный центр НАМИ.

В аграрных вузах России, в том числе в знаменитой Тимирязевской академии, накоплен колоссальный интеллектуальный потенциал для научного, технологического, методического развития сферы тракторного и сельскохозяйственного машиностроения. Убеждён, что общими усилиями мы сможем продолжить эффективное развитие этой сложной отрасли агропромышленного комплекса. Желаю всем участникам пленарного заседания и секционных сессий конструктивной и плодотворной работы.

*Министр сельского хозяйства
Российской Федерации
Дмитрий Николаевич Патрушев*

Дорогие коллеги!

Примите мое сердечное поздравление в связи с проведением традиционного семинара «Чтения академика Василия Николаевича Болтинского».

На этой конференции собрались главные люди в области сельскохозяйственного машиностроения – более 150 представителей образовательных и научно-исследовательских организаций, работодателей, представителей власти и бизнеса.

Уже более 20 лет Российский государственный аграрный университет организует и проводит семинар, посвященный выдающемуся ученому в области двигателестроения для наземной техники, академику ВАСХНИЛ Василию Николаевичу Болтинскому.

С 1933 года Василий Николаевич трудился в Московском институте механизации и электрификации сельского хозяйства, где стоял у истоков дисциплины «Тракторы и автомобили и их двигатели».

Его классический труд «Автотракторные двигатели» переиздавался 7 раз и был переведен на пять языков. Издание до сих пор востребовано в ведущих технических вузах стран.

К настоящему времени «Чтения академика Василия Николаевича Болтинского» стали международной научной конференцией, которая привлекает к участию не только преподавателей вузов, но и производителей и дилеров сельхозтехники, органы государственной власти, научно-исследовательские институты, бизнес.

На них рассматривается стратегия развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения и многие актуальные вопросы агропромышленного комплекса.

Мероприятие является площадкой для обмена опытом, налаживания нового научного сотрудничества, создания новых деловых контактов.

Уверен, что проведение подобных мероприятий позволит:

- определить основные ориентиры в области отечественного агропромышленного комплекса,
- задать новые направления и тенденции развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения,
- способствовать обеспечению технологического суверенитета нашей страны.

Позвольте пожелать всем здоровья и успешных результатов по итогам работы семинара!

*Ректор РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева,
академик РАН, д.с.-х.н., д.э.н., профессор
Владимир Иванович Трухачев*

Уважаемые коллеги!

За годы проведения семинар «Чтения академика В. Н. Болтинского» стал достойной площадкой, где крупнейшие представители науки и профильные специалисты-практики в области тракторостроения обмениваются опытом.

Отрадно видеть, что славная традиция, заложенная более 20 лет назад академиком Василием Николаевичем Болтинским, не только прошла проверку временем, но и активно развивается. Все эти годы ведущие ученые и представители отрасли совместными усилиями задают основные ориентиры, направления и тенденции в отечественном машиностроении.

Росагролизинг, как компания, нацеленная на поддержку и сельхозтоваропроизводителей и сельхозмашиностроителей, уделяет большое внимание отечественной науке и всегда открыта для реализации проектов, направленных на развитие агропрома.

Мы готовы и дальше продолжать целенаправленную деятельность по повышению престижа работы в сельском хозяйстве и поддержке молодых кадров. Сотрудничая с профильными вузами страны, в том числе со старейшим учебным заведением – Тимирязевской академией – мы и дальше будем помогать в их техническом оснащении и реализовывать лучшие практики.

*Первый заместитель генерального директора
Акционерного общества «Росагролизинг»
Александр Игоревич Сучков*

Уважаемые коллеги!

Приятно осознавать свою причастность к столь значимому мероприятию, в рамках которого обсуждается развитие отечественной сельскохозяйственной техники. Вопросы, которые рассматриваются на «Болтинских чтениях», затрагивают приоритетные направления развития промышленности и сельского хозяйства нашей страны.

Особенно радостно принять участие в Болтинских чтениях в этом году, ещё и потому что семинар приурочен к юбилейным мероприятиям, посвящённым 300-летию Российской академии наук! Присутствие важных персон с известными именами в одном месте говорит только о важности, актуальности и масштабности сего мероприятия.

Каждодневный труд сотрудников РАН, НИИ, университетов повышает научный потенциал страны, обеспечивая непоколебимое спокойствие и уверенность в её светлом будущем. Всероссийский центр карантина растений также вносит свою лепту в общее дело, обеспечивая исполнение территориальными управлениями Россельхознадзора контрольно-надзорных функций, связанных с обеспечением карантинной фитосанитарной безопасности страны. Благодаря труду специалистов по карантину растений ежегодно удается предотвращать завоз на территорию Российской Федерации десятков видов карантинных организмов.

Уверен, «Болтинские чтения» – это хорошая площадка для обсуждения и решения смежных отраслевых проблем в сельском хозяйстве. Желаю всем участникам плодотворной работы и творческих успехов!

*Директор ФГБУ
«Всероссийский центр карантина растений»
Евгений Иванович Назин*

На Болтинских чтениях в Тимирязевской академии собралась научная элита России

На площадке РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева 17-18 января 2024 года прошел ежегодный семинар «Чтения академика В. Н. Болтинского», посвященный 300-летию Российской академии наук.

Тематика семинара охватывает вопросы современного состояния и развития отрасли машиностроения для АПК, подготовки специалистов по данному направлению.

Научное событие, учрежденное в 2002 году, получило широкое признание научной общественности и специалистов. Ежегодно на площадке РГАУ-МСХА собираются руководители вузов, ведущих научных организаций, научно-исследовательских институтов, представители органов исполнительной власти и производства России. В 2024 году на семинаре было представлено свыше 200 научных докладов.

По традиции конструктивной и плодотворной работы участникам пленарного заседания и секционных сессий пожелал Министр сельского хозяйства Д. Н. Патрушев.

- В аграрных вузах России, в том числе знаменитой Тимирязевской академии, накоплен колоссальный интеллектуальный потенциал для научного, технологического, методического развития сферы тракторного и сельхозмашиностроения. Убежден, что общими усилиями мы сможем продолжить эффективное развитие это сложной отрасли агропромышленного комплекса, - говорится в обращении главы Минсельхоза.

Уже восьмой раз в Болтинских чтениях принимает участие президент РАН Геннадий Яковлевич Красников. За прошедшее время мероприятие стало значимым научным событием для российского АПК, и с каждым годом число его участников, в том числе молодых ученых и студентов, увеличивается.

Объявляя Болтинские чтения открытыми, ректор РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева В.И. Трухачев выразил уверенность, что мероприятие поможет определить основные ориентиры, задать новые направления и тенденции развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения, поспособствует обеспечению технологического суверенитета страны. Тем самым вуз внесет свою лепту в сохранение и преумножение славных традиций, заложенных знаменитым предшественником, академиком Василием Николаевичем Болтинским.



Среди участников пленарного заседания «Чтения академика В. Н. Болтинского» были вице-президент Российской академии наук Николай Кузьмич Долгушкин; руководитель ФГАНУ «Социоцентр» Андрей Владимирович Келлер; директор Департамента растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Минсельхоза России Роман Владимирович Некрасов; председатель Координационного совета МОО «Лига

Преподавателей Высшей Школы» Елена Вячеславовна Ляпунцова; ректор Башкирского государственного аграрного университета Ильдар Исмагилович Габитов; первый заместитель генерального директора АО «Росагролизинг» Александр Игоревич Сучков; видные представители академического сообщества.

РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева представляли заведующий кафедрой тракторов и автомобилей, Академик РАН, профессор Отари Назирович Дидманидзе, и.о. директора Института механики и энергетики Алексей Сергеевич Апатенко, руководители институтов, заведующие кафедрами и ведущие ученые вуза.

В рамках семинара Геннадий Красников и Владимир Трухачев открыли выставку к 300-летию РАН.





2024-й год является юбилейным для Российской академии наук – в феврале РАН исполнилось 300 лет. В честь этого знаменательного события была организована мобильная мультимедийная выставка. Она демонтировалась на нескольких ключевых площадках, в том числе в Тимирязевской академии как ведущем аграрном вузе России.

Экспозиция рассказывает о выдающихся деятелях науки, их научных трудах и открытиях, вкладе российских ученых в развитие России.

Обращаясь к гостям торжественной церемонии открытия, президент РАН Г. Я. Красников отметил, что экспозиция отражает традиции Академии наук, сложившиеся за три столетия. Среди них – преемственность поколений, уважение к великим учителям и открытость для широкого научного сообщества.





Ректор В. И. Трухачев подчеркнул, что для Тимирязевской академии большая честь присоединиться к программе празднования выдающегося юбилея.

- Считаю, что посещение выставки будет полезно и для преподавателей, и для студентов, магистров, аспирантов. Это позволит загореться новыми научными идеями, увидеть перспективы роста в научных исследованиях, - сказал глава вуза.



Первыми посетителями экспозиции стали академики и члены-корреспонденты Российской академии наук, ректоры российских вузов, представители руководства органов исполнительной власти и ведущих компаний отрасли сельхозмашиностроения, преподаватели и студенты РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.



За время работы выставки ее гости познакомились с вехами истории Российской академии наук, больше узнали о традициях, на которые сегодня опирается отечественная наука. Выставка охватывает несколько тематических блоков, связанных с участием учёных в жизни государства и их вкладом в мировую науку.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Г. Я. Красников

Российская академия наук, г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье изложены общие сведения о конструкции, принципе действия, и эволюции полевых транзисторов, являющихся базовым элементом современных электронных микросхем. Приведена актуальная «дорожная карта» развития микроэлектронных технологий до 2037 года, свидетельствующая о продолжающейся тенденции уменьшения топологических размеров и, как следствие, повышения плотности размещения транзисторов на микросхеме, что ведет к росту вычислительной производительности. Описана цифровая модель нейрона и раскрыта связь стремительного развития технологии нейронных сетей («искусственного интеллекта») с общим ростом вычислительной производительности современных компьютеров. Описаны основные предпосылки дальнейшего развития технологии: появление новых моделей нейронов, реализация «не-фон-Неймановской» архитектуры процессоров, появление новых типов памяти, увеличение плотности элементов на микросхеме за счет минимизации топологических размеров и применения 3D-технологий. Проанализированы возможные альтернативы традиционным микроэлектронным технологиям в виде квантовых компьютеров и фотонных тензорных процессоров. Раскрыты особенности квантовых и фотонных технологий, их отличия от традиционной микроэлектроники и существующие проблемы, ограничивающие их применение и требующие решения. Приведены классы задач, которые могут эффективно решаться квантовыми и фотонными вычислителями. Сделаны выводы о сохранении тренда на развитие микроэлектронных технологий на ближайшие 20 лет, расширении их возможностей для отдельных применений, а также технической возможности применения квантовых и фотонных вычислений в качестве дополнения к вычислительным системам, выполненным по классическим микроэлектронным технологиям.
Ключевые слова: микроэлектронные технологии; транзисторы; нейронные сети; машинное обучение; «искусственный интеллект»; квантовые компьютеры; фотонные тензорные процессоры.

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF MICROELECTRONIC TECHNOLOGIES

G. J. Krasnikov

Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article provides general information about the design, principle of operation, and evolution of field-effect transistors, which are the basic element of modern electronic microcircuits. An up-to-date “road map” for the development of microelectronic technologies until 2037 is presented, indicating a continuing trend of decreasing topological dimensions and, as a consequence, increasing the density of transistors on a microcircuit, which leads to an increase computing productivity. A digital model of a neuron is described and the connection between the rapid development of neural network technology (“artificial intelligence”) and the general increase in the computing productivity of modern computers is revealed. The main prerequisites for further development of the technology are described: the emergence of new models of neurons, the implementation of “non-von Neumann” processor architecture, the emergence of new types of memory, an increase in the density of elements on a microcircuit by minimizing topological dimensions and the use of 3D technologies. Possible alternatives to traditional microelectronic technologies in the form of quantum computers and photonic tensor processors analyzed. The features of quantum and photonic technologies, their differences from traditional microelectronics and existing problems that limit their application and require solutions are revealed. Classes of problems that can be effectively solved by quantum and photonic computers are given. Conclusions are drawn about the continuation of the trend for the development of microelectronic technologies for the next 20 years, the expansion of their capabilities for certain applications, as well as the technical feasibility of using quantum and photonic computing as an addition to computing systems based on traditional microelectronic technologies*

Keywords: *microelectronic technologies; transistors; neural networks; machine learning; «artificial intelligence»; quantum computers; photonic tensor processors.*

Ни одна из отраслей не изменила наш мир так, как это сделала микроэлектроника. Благодаря ее развитию возникли и продолжают развиваться новые технологии в самых разных областях. Сегодня уже очевидно, что микроэлектроника и дальше будет развиваться в области вычислений и обработки данных, совершенствуя взаимодействие электронных вычислительных и подключенных технических систем. Этому взаимодействию посвящено основное внимание в контексте промышленного применения компонентов микроэлектроники.

Базовым компонентом электронной микросхемы является полевой транзистор, на принципе работы которого построены современные вычислительные системы. Транзистор управляется приложением напряжения к проводящему каналу и работает в режиме

«ключа», пропуская или не пропуская ток. При наличии порогового напряжения проводящего канала транзистор начинает пропускать ток между выводами истока и стока, что дает логический «ноль». В отсутствии напряжения транзистор закрывается и потенциал на стоковых электродах указывает на логическое значение «один». Таким образом транзистор обеспечивает реализацию двоичной логики, по которой работают все цифровые вычислительные устройства.

На рисунке 1 показаны транзисторы технологического уровня 28 нм в разрезе.

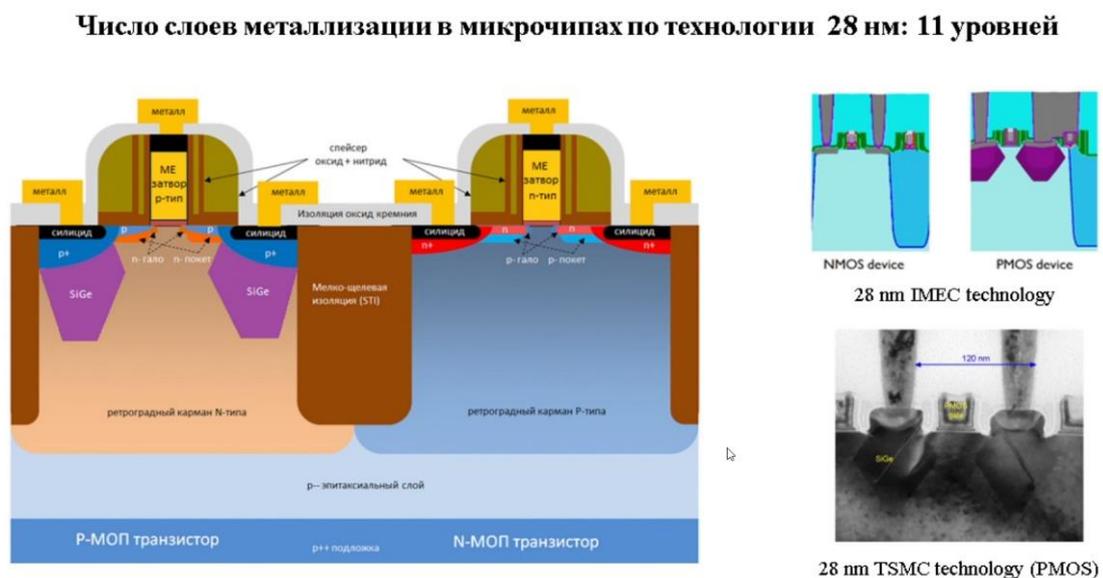


Рисунок 1 – Структура транзистора технологического уровня 28 нм

Производство транзисторов идет в так называемых «чистых комнатах». При размере «чистой комнаты» в 10 тыс. м², инфраструктура, которая обеспечивает высокие требования по влажности, температуре, запыленности занимает около 120 тыс. м². В настоящее время требования к обозначенным факторам снижены, так как пластины подаются в рабочую зону в стерильных контейнерах и не имеют контакта с открытой средой. Однако остается проблема молекулярного загрязнения: например, наличие в «чистых комнатах» больших молекул аммиачной группы, удаление которых требует применения специальных технологий.

Вторая проблема – это обеспечение чистоты всех используемых в производстве веществ: деионизированной воды, газов, различных химических веществ, используемых мишеней. Чистота

сегодня оценивается в PPT (part per trillion), то есть содержание одной частицы постороннего вещества на 10^{-12} основного вещества. Для обеспечения такой чистоты требуется целая индустрия с инфраструктурой, в которую входит методика измерения и производства особых чистых материалов, включая тару для хранения и транспортировки.

Для производства микросхемы необходимо осуществить более пяти тысяч микроопераций и провести в процессе около тысячи различных электрофизических измерений. При этом точность, с которой сегодня создаются микросхемы, составляет один атомный слой по вертикали. Если минимальный топологический размер увеличить до 1 миллиметра, то готовая микросхема будет размером 3 на 2 километра в длину и ширину и 400 метров высотой.

Микросхемы совершенствуются с момента создания первых биполярных транзисторов в 1949-м году. В 1956-м году за открытие полупроводников и транзисторного эффекта Нобелевскую премию получили три американских физика: Джон Бардин, Уолтер Браттейн и Уильям Б. Шокли. Джон Бардин один из немногих, кто получил еще и вторую Нобелевскую премию за создание теории сверхпроводимости. На всем протяжении развития микроэлектроники совершенствование микросхем происходит в соответствии с правилом Гордона Мура, сформулированным в 1964 г., согласно которому каждые 24 месяца количество транзисторов на единицу площади удваивается. Сейчас постоянно идут дискуссии, когда это правило прекратит свое действие, когда топологические размеры уменьшатся настолько, что минимизировать топологический размер будет невозможно.

На рисунке 2 приведен процесс эволюции транзисторов, где показан затвор (центральная область), сток-истоковые области в поликремнии и канал.

С развитием технологий произошел переход от планарной схемы строения транзистора к трехмерной – так называемым «наношифтам» с трехмерными каналами. Таким образом транзисторы стали объемными, что вызвало существенное увеличение плотности их размещения.

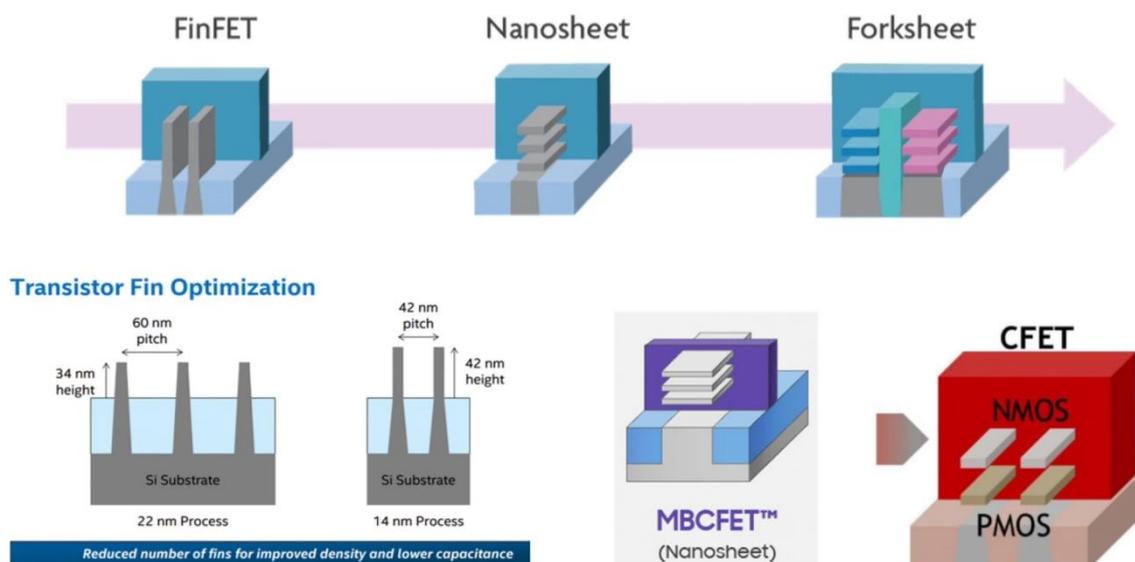


Рисунок 2 – Технологии транзисторов forksheet (вилочно-листовые FET), FinFET и GAAFET

Технология 3 нм, по которой сегодня производится интегральные микросхемы на нескольких фабриках в мире, позволяет обеспечить размещение 290 млн транзисторов на 1 мм². При среднем размере современной микросхемы в несколько квадратных сантиметров, на ней содержится порядка десяти миллиардов транзисторов. Для реализации такой технологии применяется атомарно-слоевое осаждение, атомарно-слоевое травление, позволяющее контролировать производство с точностью одного атомного слоя.

В таблице 1 представлена дорожная карта развития микроэлектроники, где на 15 лет вперед показано, как будут меняться топологические размеры и какой сложности будут создаваться микросхемы. На протяжении последних 40 лет она в целом подтверждала свою точность, однако каждые 2-3 года в нее вносились корректировки в основном за счет более агрессивного развития технологий и колоссального прогресса, произошедшего в индустрии за последние годы.

Таблица 1 – Дорожная карта развития технологий в микроэлектронике

Дорожная карта развития технологий	Год выхода в производство (* – прогноз)							
	2019	2022	2024	2025*	2028*	2032*	2035*	2037*
Наименование техпроцесса	5 нм	3 нм	2 нм	1,5 нм	1 нм	0,7 нм	0,5 нм	0,2 нм

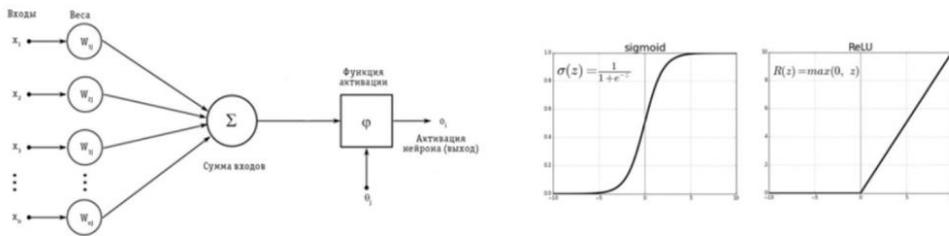
К примеру, еще два года назад предполагалось, что технология 2 нм будет освоена только в 2025 году, однако в сентябре 2023 года президент корпорации Intel объявил об освоении двухнанометровых технологий и начале выпуска продукции в 2024 году с переходом на технологию 1,8 нм к концу 2024 года.

В целом дорожные карты развития микроэлектронных технологий очень подробные и затрагивают не только топологический размер, но и характеристики интегральных схем, количество занятых в отрасли людей, объемы продаж. Сегодняшняя дорожная карта показывает, что в 2037 году топологический размер уменьшится до 0,2 нм, то есть 2 ангстрема. При этом количество транзисторов в микросхеме вырастет многократно.

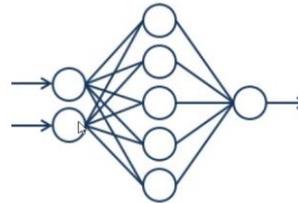
Человеческий мозг в среднем содержит 70...80 млрд нейронов. Топологический размер в 3 нм позволяет разместить на чипе 100 млрд транзисторов – больше, чем нейронов в головном мозге человека. К 2035 году микросхема средних размеров при технологии 0,5 нм позволит разместить чуть более трех триллионов транзисторов. Если мы посмотрим на 2037 год, то, соответственно, транзисторов будет уже под 6 триллионов.

К чему это приводит? Сегодня очень много говорят про «искусственный интеллект», но это больше философское название. Специалисты называют эту технологию «нейронные сети» или «машинное обучение». В последние годы мы все почувствовали их бурное развитие. Почему это произошло? Цифровая модель нейрона довольно простая (рисунок 3) и не изменилась за последние 40 лет. Различные сигналы на входе суммируются, и если достигают больших пороговых значений, то нейрон открывается и пропускает сигнал. Если же сигнал оказывается меньше порога, то он не пропускается. Все остальное связано лишь с различной архитектурой нейронных сетей.

Благодаря развитию микроэлектроники, каждые 10 лет вычислительная производительность увеличивается в 1000 раз. Сейчас мы знаем эксофлопные машины, потом будут зетафлопные (рисунок 4). Если за 30-летний период каждые 10 лет производительность увеличивалась в 1000 раз, то общее увеличение производительности за этот период произошло в миллиард раз. То есть 30 лет назад решение определенной задачи теми мощностями заняло бы 10 лет, тогда как сегодня ее решение заняло бы всего 0,3 секунды.



- **Нейроны**
- **Связи и их веса (сумма взвешенных входов – активация нейрона)**
- **Функция активации нейрона**
- **Последовательность слоев**

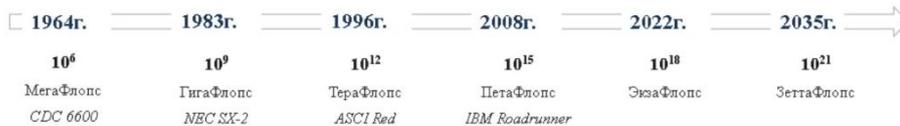


Применение СДПР

{входной, скрытый, выходной}

Рисунок 3 – Нейросетевой подход в основе решения задач искусственного интеллекта

1. Развитие суперкомпьютеров – рост производительности каждые 10 лет в среднем в 1 000 раз.



2. Степень сложности интегральных схем – постоянное увеличение плотности размещения транзисторов на примере процессоров:



Рисунок 4 – Прогресс в области вычислений

Нейронные сети сегодня начали активно входить в нашу жизнь потому, что время, необходимое для проводимых ими вычислений, уже сопоставимо с реальным временем. То есть мы в реальном времени уже можем взаимодействовать с нейронными сетями и получать от них мгновенный ответ. Это и называют сегодня «искусственным интеллектом». Однако на самом деле мы находимся еще только на начальном этапе его развития. Сегодня развитие нейронных сетей идет сразу по многим направлениям, и мы уже можем выделить следующие предпосылки нового мощного рывка в этой области:

1. За счет появления новых моделей нейронов будет усложняться работа нейронных сетей.

Сегодня наиболее популярна так называемая «спайковая» модель нейрона (рисунок 5), когда получаемый сигнал должен попасть в определенный временной интервал. Если сигнал приходит в определенное время, то он пропускается, а если не вовремя, то он не пропускается. Это более современная модель нейрона.



Рисунок 5 – Реализация нейросети на спайковой модели нейрона

2. Реализация «не-фон-Неймановской» архитектуры процессоров.

Сегодня все выпускаемые процессоры основаны на «фон-Неймановской» архитектуре и не предназначены для работы с большими базами данными, так как в рамках этой архитектуры данные и команды хранятся в одной области и поступают в процессорную часть по одной шине, из-за чего возникает конфликт и задержки по времени. Поэтому разрабатывается около 20 различных вариантов новой «не-фон-Неймановской» архитектуры процессоров, которые обходили бы эту проблему и были более оптимизированы для работы с большими базами данных.

3. Мемристоры: замена классической памяти.

В микропроцессорах значительную площадь (до 40 %) занимает память, в которой хранятся данные. На один бит памяти необходимо шесть комплементарных транзисторов, потребляющих много энергии. Кроме того, обращение к памяти требует постоянной синхронизации по такту. Сегодня всеми отраслевыми исследовательскими организациями ведутся колоссальные работы над

новыми видами памяти (EFRAM, MRAM, RERAM и др.), которые энергонезависимы, занимают меньше площади и к которым можно обращаться вне зависимости от тактов работы процессора.

4. Минимизация интегральных схем. Увеличение плотности за счет 3D-технологий.

Для того, чтобы сделать микросхемы более компактными, помимо уменьшения топологического размера применяются еще 3D-технологии, позволяющие размещать элементы не только на плоскости, но и «в объеме». Это приводит к увеличению плотности их размещения транзисторов и кратному росту их количества.

Решение этих задач приведет к тому, что производительность нейронных сетей за это десятилетие увеличится не в тысячу раз, а, по нашим оценкам, в несколько десятков тысяч раз. Мы сегодня находимся на пороге настоящего бума применения нейронных сетей или машинного обучения для наших нужд.

Сегодня в качестве возможной альтернативы традиционным микроэлектронным технологиям довольно часто рассматриваются возможности квантовых и фотонных вычислений. Для оценки возможности и эффективности их применения необходимо всесторонне рассмотреть их особенности.

При применении квантовых технологий в первую очередь опираются на результаты и достижения в области атомной физики, квантовой оптики, физики конденсированного состояния, физики и техники измерений, информатики и теории алгоритмов, технологий наноэлектроники, наук о материалах. Отличие квантовых технологий от традиционной микроэлектроники характеризуется необходимостью учитывать некоторые особенности квантовых состояний: суперпозиции, запутанности и принципиально вероятностного статистического характера квантовых измерений.

Под квантовыми технологиями мы сегодня понимаем, во-первых, особые квантовые состояния, а во-вторых, возможность управлять квантовым объектом. Если в микроэлектронике мы имеем дело с большим количеством сигналов, передаваемых электронами, которые находятся в некогерентном состоянии, то в квантовых вычислениях должно быть когерентное состояние – только в этом случае мы можем управлять квантовым объектом. Для квантовых вычислений существуют специализированные платформы:

ионные, сквиды, на нейтральных атомах, фотонные и ряд других, которые активно развиваются.

Однако в реализации квантовых вычислений существует одна очень принципиальная проблема, ограничивающая их эффективность – коррекция ошибок, которая происходит не как в классической микроэлектронике.

Хотя квантовый вычислитель также, как и классический, использует Булеву алгебру, где значениями переменных являются значения истинности, обычно обозначаемые «1» и «0» соответственно, в квантовых технологиях используется такое понятие, как кубит, который может быть в состоянии ноль или единица, или в обоих сразу. Поэтому для правильной коррекции ошибок необходимо придавать запутанное состояние как можно большему количеству кубитов.

До 1994 года, когда впервые были сформулированы коды коррекции ошибок, считалось, что алгоритма исправления ошибок не существует. Сегодня появилось несколько подходов к решению этой проблемы:

1. Случайный разброс параметров кубитов.
2. Точность измерения базисных проекций кубитов.
3. Взаимодействие кубитов с окружением:
 - а) Квантовые вакуумные флуктуации;
 - б) Тепловые флуктуации;
 - в) Образование запутанности компьютерного кубита и состояния окружения.

Запутывание большого количества кубитов приводит к тому, что на один логический кубит необходимо запутывать сотни тысяч физических кубитов, держа при этом всю систему в когерентном состоянии, а это очень сложно и на текущий момент технически недостижимо. Поэтому сегодня, когда говорится о квантовых вычислениях, речь идет о так называемых «шумных компьютерах», где для коррекции ошибок используется другой подход: либо делается много повторений вычислений и затем по корреляционным полям ищут ошибку, либо применяется так называемый метод «смягчения ошибок».

Специалисты компании Microsoft, в рамках Ассоциации вычислительной техники провели анализ практических задач, в которых возможно реальное достижение квантового преимущества

(quantum advantage). В качестве классического чипа был выбран процессор NVidia A100 (технология 7 нм – TSMC, 54,2 млрд транзисторов, площадь кристалла в 826 мм²). В качестве реперной точки для квантовых вычислений исходили из оптимистического предположения о гипотетическом квантовом компьютере, который может быть доступен в ближайшие десятилетия с 10 000 логических кубитов, с исправлением ошибок, временем логической операции 10 мкс., возможностью одновременного выполнения логических гейтов на всех кубитах и реализацией связи каждого кубита с каждым (all-to-all connectivity) для обеспечения отказоустойчивости двухкубитных вентиляей.

Детальное рассмотрение работы такого квантового компьютера показало, что в ситуации наличия большого количества данных на входе, особенно характерных для нейронных сетей, у квантовых компьютеров нет никакого преимущества перед классическими. То есть при работе с большими базами данных никакого «квантового превосходства» получить не удастся. Таким образом было установлено, что если квантовые компьютеры и будут иметь преимущество, то только в случае малого количества данных и большого количества вычислений.

По данным Microsoft, «квантовое ускорение» выглядит следующим образом: время, необходимое для решения определенных задач с помощью квантовых алгоритмов, увеличивается медленнее, чем у любого известного классического алгоритма, по мере увеличения размера задачи N (рисунок 6). Однако на практике необходимо нечто большее, чем просто асимптотическое ускорение. Время перехода, при котором реализуется квантовое преимущество, должно быть достаточно коротким, а размер задачи перехода – не слишком большим.

Результаты моделирования также показали, что любую задачу, ограниченную доступом к классическим данным (например, задачу поиска в базе данных), классические компьютеры будут решать заведомо быстрее. Точно так же потенциально экспоненциальное квантовое ускорение в задачах линейной алгебры, например, при решении систем линейных уравнений, исчезает, когда соответствующая матрица должна быть загружена из классических данных или, когда должен быть прочитан полный вектор решения.

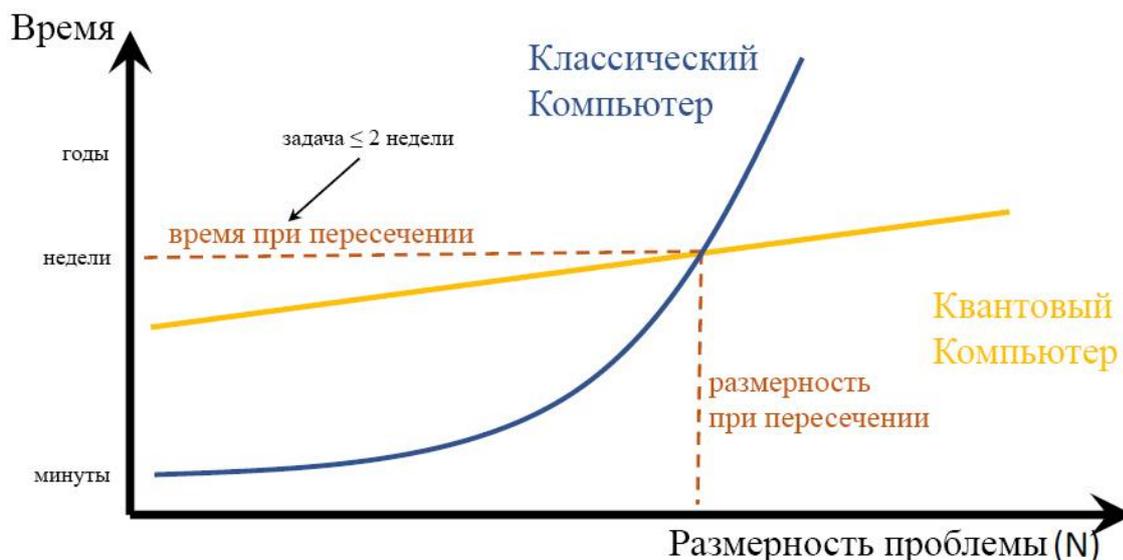


Рисунок 6 – Визуализация квантового ускорения [5]:

(ось времени масштабирована так, что квантовый алгоритм представляет собой прямую линию)

Таким образом можно сделать следующие выводы:

- большинство современных квантовых алгоритмов могут не достичь практического уровня;
- материаловедение и химия имеют огромный потенциал, поэтому можно надеяться, что будут изобретены практичные квантовые алгоритмы;
- из-за ограничений входной и выходной пропускной способности квантовые компьютеры будут оптимальны для задач больших вычислений (big compute) с небольшим количеством данных, но не для задач с большим количеством данных (big data).

Еще одно направление вычислений – фотонный тензорный процессор. Это процессор, оперирующий тензорами, представленными в виде многомерных массивов чисел для выполнения матричного умножения и свертки матриц. Благодаря высокой скорости передачи данных с помощью фотонов света появилась идея использовать этот эффект для вычислений в фотонных процессорах. Этот метод отличается от квантовой платформы тем, что здесь не нужно иметь фотон в когерентном состоянии, что позволяет избежать многих ошибок. Также благодаря этой особенности фотонные вычислители потребляют на несколько порядков меньше

энергии. В этой связи основной областью применения тензорных фотонных процессоров могут стать:

- нейронные сети для поиска объектов на фото и видео, распознавания образов, генерации и дорисовки изображений;
- реализация метода опорных векторов для задач машинной классификации данных;
- линейная и полиномиальная регрессия для задач прогнозирования, анализа стоимости ценных бумаг, машинной медицинской диагностики.

В числе преимуществ тензорных процессоров можно выделить:

- большую частоту выполняемых операций MAC (сравнение электронных и фотонных процессоров проводят по «плотности вычислений» (compute density) – числу операций MAC в секунду (multiply-accelerate, умножение-накопление), отнесенного к единице площади – MACs/mm²);
- менее жесткие требования к топологическим нормам;
- прямую обработку изображения без преобразования в электричество.

Выводы:

1. Явной альтернативы классическим микроэлектронным технологиям в горизонте 15-20 лет не наблюдается.

2. Все альтернативы классическим микроэлектронным технологиям, которые существуют на сегодняшний день, могут рассматриваться в лучшем случае как гетерогенные системы, то есть как дополнение к существующим. Фотонный вычислитель может более эффективно выполнять тензорные вычисления, квантовый вычислитель – операции по моделированию открытых квантовых систем.

3. Быстро развивающиеся в настоящее время новые технологии позволят в будущем расширить возможности классических микроэлектронных технологий для отдельных применений.

4. Главным направлением развития вычислений в обозримом будущем останется микроэлектроника, которая на сегодняшний день продолжает развиваться. Этот тренд сохранится как минимум еще на ближайшие 20 лет и будет менять наш мир и наше представление о нем, благодаря достижениям, связанным с

возможностью интегральных схем. Эффективность вычислительных возможностей будет расти и применяться не только в линейных вычислениях, но и в области распознавания образов, при анализе объектов технического зрения и обработки больших массивов неоднородных данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горбацевич, А. А. Эффективный интерференционный механизм управления проводимостью элементов молекулярной наноэлектроники / А. А. Горбацевич, Г. Я. Красников, Н. М. Шубин // Российские нанотехнологии. – 2019. – Т. 14, № 9-10. – С. 101-107. – DOI 10.21517/1992-7223-2019-9-10-101-107.

2. Torsten, H. Disentangling Hype from Practicality: On Realistically Achieving Quantum Advantage / Hoefler Torsten, Häner Thomas, Troyer Matthias // Communication of the ACM. – 2023. – Vol. 66, No. 5. – Pp. 82-87.

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

Об авторе:

Красников Геннадий Яковлевич, Президент Российской академии наук (119991, Российская Федерация, Москва, Ленинский проспект, 14), доктор технических наук, профессор, академик РАН.

About the author:

Gennadij J. Krasnikov, President of the Russian Academy of Sciences (119991, Russian Federation, Moscow, Leninsky Prospekt, 14), D.Sc. (Engineering), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences.

РАЗВИТИЕ АВТОТРАКТОРНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Р. С. Федоткин

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

***Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос ограничения производства и поставок комплектующих, как главный фактор, сдерживающий развитие современного автотракторного машиностроения. Приведены группы критически важных комплектующих для автотракторной техники. Обозначена основная проблема отсутствия надежной и доступной компонентной базы для автотракторной техники – кадровый дефицит инженеров и инженерных команд. Приведена единственная конструктивная мера решения данной проблемы – создание Передовой инженерной школы Тимирязевской академии «Компонентная база для автотракторной и сельскохозяйственной техники». Приведены ключевые принципы трансформации системы инженерного образования для создания Передовой инженерной школы. Приведено описание деятельности Центра автотракторного машиностроения – Студенческого конструкторского бюро, как малого прообраза создаваемой передовой инженерной школы.*

***Ключевые слова:** автотракторное машиностроение; компонентная база; комплектующие автотракторной техники; кадровый дефицит; передовая инженерная школа.*

DEVELOPMENT OF AUTOTRACTOR ENGINEERING AT THE PRESENT STAGE

V. I. Trukhachev, O. N. Didmanidze, R. S. Fedotkin

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

***Abstract.** The article examines the issue of limiting the production and supply of components as the main factor hindering the development of modern automotive and tractor engineering. The groups of extremely important component of automotive and tractor techniques are given. The main problem of the lack of a reliable and accessible component base for automotive tractor techniques has been designated - the personnel shortage of engineers and engineer teams. The only constructive measure to solve this problem is the creation of the Advanced Engineering School of the Timiryazev Academy «Component base for automotive,*

tractor and agricultural techniques». The key principles of transformation of the engineering education system for the creation of the Advanced Engineering School are presented. A description of the activities of the Center for Automotive and Tractor Engineering - the Student Design Bureau, as a small prototype of the advanced engineering school that is being created is given.

Keywords: *automotive and tractor engineering; component base; automotive and tractor components; personnel shortage; advanced engineering school.*

Автотракторное машиностроение является одним из ключевых направлений, обеспечивающим реализацию государственных программ развития: Стратегии научно-технологического развития РФ, Стратегии развития сельскохозяйственного машиностроения России до 2030 г., Доктрины продовольственной безопасности РФ, Стратегии социально-экономического развития сельского хозяйства РФ на период до 2030 г. и пр. Главным фактором, ограничивающим производство перспективной автотракторной техники, в том числе сельскохозяйственного назначения, является отсутствие качественной компонентной базы. Многие комплектующие автотракторной техники определены как критически значимые [1]. Этот фактор сдерживает не только производство автотракторной техники (АТТ), но и общемировые тенденции развития машиностроения. Например, создание беспилотного трактора невозможно без доступных и надежных комплектующих [1-3]. Поэтому важно выявить основное направление развития производства комплектующих для АТТ.

Институтом исследований и экспертизы ВЭБ, ассоциацией Росспецмаш и другими организациями обобщены критически значимые компоненты для промышленности. Агентством по технологическому развитию при Минпромторге РФ формализован и обновляется перечень критически важных машиностроительных комплектующих. Применительно к АТТ их можно распределить на следующие группы:

1. Энергоустановки. Традиционные ДВС, их узлы и агрегаты, технические средства применения альтернативных видов топлива, включая биодизельное, альтернативные источники энергии, включая высоковольтные аккумуляторные батареи, генераторы водорода и водородные топливные элементы и пр. [1-4];
2. Трансмиссия и привод [2-4]:
 - 2.1. Системы механического привода;

2.2. Системы электромеханического привода. Электродвигатели и мотор-редукторы привода движения и исполнительных механизмов, мотор-колеса и мотор-мосты;

3. Гидравлические и пневматические агрегаты [4]: распределители, насосы и компрессоры, гидравлические и гидрообъемные передачи и пр.;

4. Технологии и технические средства повышения тягово-сцепных свойств [4-6]: тяговые гусеничные модули и гусеничные ходовые системы, подкатные ведущие мосты, автоматизированные системы адаптации колесных и гусеничных движителей к почвенно-климатическим условиям;

5. Аппаратно-программное обеспечение и средства электроники [3]: датчики и сенсоры, контроллеры систем управления, исполнительные устройства, программные средства на основе нейросетевых алгоритмов и пр.

Отдельно можно выделить комплектующие для сельскохозяйственных машин и оборудования.

Проблема компонентной базы прежде всего связана с ограничением зарубежных поставок. При этом до 15 % зарубежных комплектующих сегодня вообще не имеют российских аналогов. Отечественные производители активно осваивают комплектующие производства КНР. Но они не заинтересованы выпускать аналоги из-за малого объема рынка на этапе опытного производства и ограниченного станочного обеспечения. Кроме того, стоимость отечественных аналогов при невысоких потребительских свойствах, как правило, на 30...50 % выше зарубежных.

В основе этих проблем стоит острая необходимость совершенствования инженерного образования и устранения кадрового дефицита, а именно нехватки инженерных коллективов. В последнее время это стало не только проблемой предприятий, но препятствием на пути экономического развития страны [7, 8].

Конструктивной мерой трансформации инженерного образования является Федеральный проект «Передовые инженерные школы» (ПИШ), реализуемый Минобрнауки РФ. Сегодня региональными вузами накоплен существенный практический опыт реализации ПИШ по различным направлениям. Причем финансирование вузов в рамках проекта ежегодно увеличивается, а в 2023 году выросло в 4 раза [9, 10].

В развитие данного опыта Тимирязевская академия работает над созданием ПИШ – технологической магистратуры, основным направлением научно-исследовательской, опытно-конструкторской и учебно-образовательной деятельности которой является создание и применение компонентной базы: механических, гидравлических, пневматических и электромеханических систем авто-тракторной техники.

Работа ПИШ на первом этапе (2...3 года) предполагает освоение сервисного обслуживания и ремонта изделий, например, гидрораспределителей. После изучения особенностей конструкции и получения экспериментальных образцов планируется перейти к освоению др. этапов жизненного цикла: моделирования, проектирования и расчета, испытаний, доводки и доработки конструкции, запуска серийного производства и т.д.

При этом ПИШ Тимирязевской академии реализует следующие ключевые принципы трансформации системы инженерного образования:

1. Проектно-ориентированное обучение. Работа студентов должна проводиться исключительно коллективно. Вне рамок традиционных дисциплин, а над проектами НИР и ОКР предприятий – индустриальных партнеров (ИнП).

2. Встроенность проектов в производственный процесс ИнП. Для этого заключаются хоздоговора с вузом, что обеспечивает дополнительное финансирование проектных команд и сотрудников, участвующих в образовательном процессе.

3. Гибкость учебного процесса. Возможность подстраивания направлений и команд к усложняющимся задачам ИнП за счет преподавателей и специалистов предприятия. В аграрных вузах отсутствует подготовка конструкторов и технологов машиностроительного производства, что предполагает внедрение новых образовательных программ: 15.04.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств; 15.04.03 – Прикладная механика. Динамика, прочность машин и сопротивление материалов; 23.04.02 – Наземные транспортно-технологические комплексы и др.

4. Новые профессиональные позиции и кадровые решения. Куратор проектной работы от вуза, наставник проекта от предприятия и пр.

В образовательном процессе ПИШ должны быть задействованы инженеры ИнП, имеющие преподавательские компетенции или получающие их в ходе профессиональной переподготовки на базе ПИШ. А кураторами студентов должны выступать преподаватели вуза, имеющие опыт выполнения НИОКР с организациями реального сектора экономики. Под таким руководством студенты будут выполнять задачи по созданию, применению, обслуживанию и ремонту узлов и агрегатов для автотракторной техники.

5. Траектория обучения и трудоустройства выпускников.

Большинство машиностроительных предприятий – потенциальных ИнП располагаются в регионах. Целесообразно для обучения в ПИШ принимать выпускников бакалавриата из региональных профильных вузов, находящихся в непосредственной близости с ИнП. Для этого на базе этих вузов необходимо открывать профориентационные центры для отбора лучших выпускников на основе специальных программ профессиональной ориентации абитуриентов ПИШ [11]. Это позволит минимизировать отток выпускников из отрасли и профессии на более высокооплачиваемую работу в сфере услуг (малые требования квалификации и относительно высокий доход снижают интерес не только знаниям, но и к профессии в целом). Схематически механизм трудоустройства выпускника ПИШ к ИнП представлен на рисунке 1.

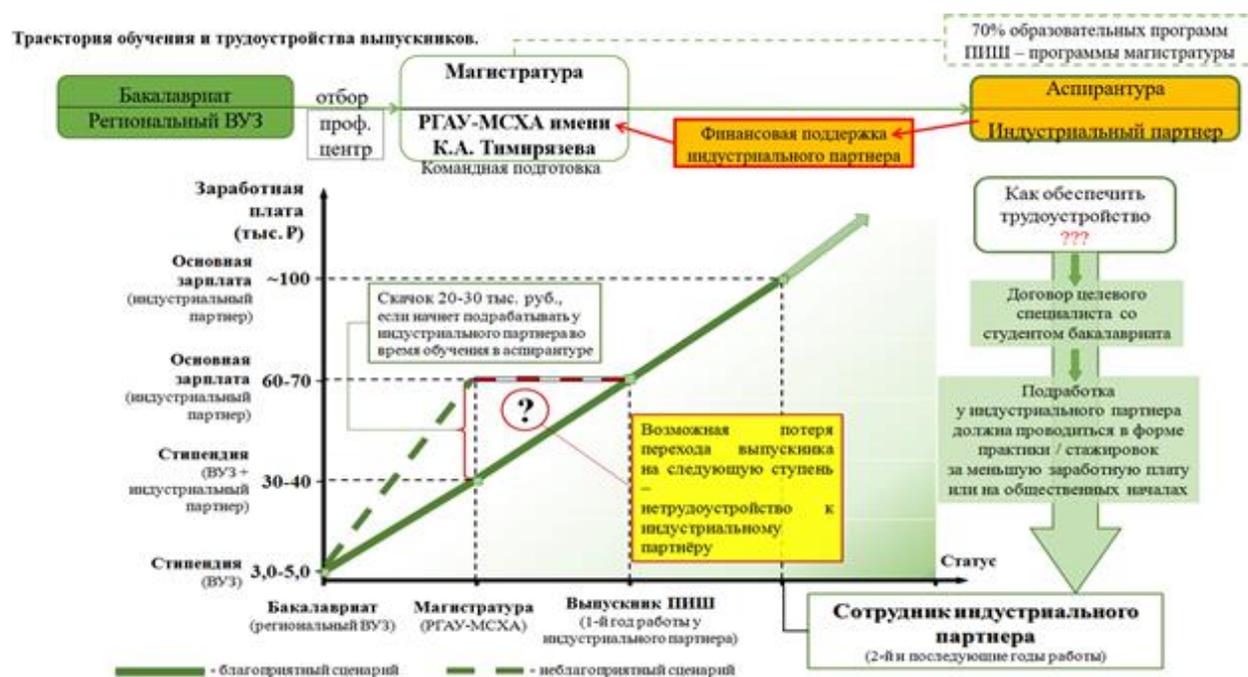


Рисунок 1 – Схема трудоустройства выпускника ПИШ к ИнП

Обучение в магистратуре ПИШ будет проходить как на базе Тимирязевки, так и на базе регионального вуза с проведением практических занятий, практик и стажировок у ИнП. По итогам обучения в ПИШ целесообразно осуществлять подготовку комплексных дипломных проектов инженерными командами.

По завершении обучения студенты уже будут иметь достаточный опыт в разработке, изготовлении, обслуживании и ремонте узлов и агрегатов. Выпускники ПИШ будут соответствовать профилю инженера-конструктора 2-3 категории или сервис-инженера. И ИнП вынужден проводить переобучение выпускника.

6. Учебно-научные лаборатории на базе ИнП. Подавляющее число НИОКР должно выполняться на базе ИнП. Для этого необходимо открывать лаборатории и образовательные центры, где помимо выполнения НИОКР, сотрудники смогут непрерывно повышать квалификацию и развивать преподавательские компетенции для работы в образовательном процессе ПИШ. Кроме того, необходимо открывать целевые аспирантуры на базе региональных профильных вузов для ИнП, т.к. сегодня инженер уже не способен решать задачи высокотехнологического уровня – нужен специалист с ученой степенью.

7. Ситуационные центры (интеллектуальные IT-платформы – рисунок 2) для мониторинга и выявления ключевых проблем в отрасли и у конечных сельхозтоваропроизводителей в регионах, а также координации действий среди всех участников АПК в целом.

Ситуационный центр позволяет осуществлять анализ, систематизацию и создание IT-решений, цифровых и роботизированных технологий, новых машин и оборудования, систем контроля, интеллектуальных баз знаний и принятия решений на основе дистанционного мониторинга параметров технологических процессов, геоинформационных данных, технических средств контроля соблюдения технологических регламентов работниками, технического зрения и искусственного интеллекта. Система агротехнологического контроля и управления представляет собой единый информационный и управленческий ресурс сельскохозяйственных предприятий.



Рисунок 2 – Структура ситуационного центра

8. Научно-образовательная инфраструктура вуза.

- лекционные залы, коворкинг-зоны, переговорные комнаты, оснащенные современным телекоммуникационным и мультимедийным оборудованием и подключенные к Wi-Fi для выполнения задач в рамках реализации научного проекта или освоения образовательной программы;
- секторы реверс-инжиниринга и прототипирования, оснащенный 3D-сканерами/принтерами, измерительными инструментами и материалами для воспроизведения сложных узлов и агрегатов;
- студенческие конструкторские бюро/цифровые лаборатории, оснащенные графическими станциями, системами автоматизированного проектирования для физического, математического, имитационного моделирования конструкций, их проектирования и расчета;

- экспериментальные лаборатории для исследования конструкторско-технологических параметров и эксплуатационных свойств опытных узлов и агрегатов;
- производственные участки для сборки и сервисного обслуживания узлов и агрегатов автотракторной техники.

9. Коммерциализация научно-исследовательской деятельности. Привлечение внебюджетного финансирования возможно за счет:

- выполнения НИОКР для ИнП и других организаций реального сектора экономики по созданию и применению узлов и агрегатов автотракторной техники;
- разработки конструкторской документации на стратегически важные комплектующие для машин и оборудования в рамках Программы стимулирования производства комплектующих изделий и других программ Агентства по технологическому развитию;
- конструкторского сопровождения производства опытных образцов узлов и агрегатов автотракторной техники;
- сервисного обслуживания и ремонта узлов и агрегатов;
- решения задач в рамках Постановления Правительства №218, Постановления Правительства №1649-П, грантов РФФИ на проведение поисковых исследований, Фонда содействия инновациям и иных мероприятий поддержки;
- создание технологических стартапов, а также укрепление и развитие существующих малых инновационных предприятий.

Тимирязевская академия совершает последовательные шаги к созданию ПИИШ. Подтверждением тому служат более 25 научно-исследовательских структурных подразделений, выполняющих фундаментальные и прикладные НИОКР для АПК и активно привлекающие студентов и аспирантов в качестве учебно-вспомогательного, инженерно-технического и научно-исследовательского персонала.

Одним из таких подразделений является Центр автотракторного машиностроения, созданный в том числе для исследований и разработок компонентной базы автотракторной техники. В рамках программы Приоритет-2030 Центр продолжает оснащаться

современным оборудованием для исследования эксплуатационных показателей ДВС, автотракторного электрооборудования, а также тягово-сцепных и вибро-акустических свойств автотракторной техники и пр. В составе Центра функционирует студенческое конструкторское бюро, являющееся малым прообразом будущей ПИШ Тимирязевской академии. Талантливые студенты отбираются со всех курсов бакалавриата и магистратуры различных Институты и проходят производственное обучение, работая над реальными проектами.

В настоящее время Центр совместно с машиностроительными и технологическими компаниями проводит НИОКР, в том числе международного уровня, по созданию комплектующих автотракторной техники: технических средств повышения тягово-сцепных свойств (тяговые гусеничные модули, системы адаптации движителей к почвенно-климатическим условиям); гидроагрегаты (гидроблоки, гидрораспределители); транспортно-технологические машины и средства малой механизации; сельскохозяйственные машины, оборудование, отдельные рабочие органы и пр.

Выводы.

Изложенные ключевые принципы трансформации инженерного образования в аграрных ВУЗах на основе модели технологической магистратуры – ПИШ Тимирязевской академии, направленной на создание и применение компонентной базы для механических, гидравлических, пневматических и электромеханических систем, способствуют развитию автотракторного машиностроения в России.

Важно отметить, что предложенный подход и качественные характеристики ПИШ позволяют достичь преимуществ не только для вуза, но и для ИнП в виде:

- квалифицированного результата выполнения НИОКР, в т.ч. опытных образцов новых узлов и агрегатов, конструкторского сопровождения их производства, а также сервисного обслуживания;
- повышенного уровня квалификации сотрудников, участвующих в образовательном процессе, за счет приобретения ими преподавательских компетенций;

· квалифицированных выпускников – инженерные команды, готовые к решению производственных задач без испытательных сроков, переобучения и переподготовки.

В конечном счете достигается главная цель – развитие производства комплектующих для автотракторной техники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Энергообеспечение сельскохозяйственного тракторостроения России / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк, В. А. Марков // *Агроинженерия*. – 2021. – № 2 (102). – С. 4-8.

2. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.

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

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

5. Съёмная гусеничная ходовая система ведущего моста сельскохозяйственного трактора класса 0,9 / О. Н. Дидманидзе, Р. С. Федоткин, В. А. Крючков, Н. И. Дегтярев // *Аграрный научный журнал*. – 2023. – № 12. – С. 142-148.

6. Федоткин, Р. С. Трение и износ в ходовых системах тяговых и транспортных машин с резиноармированными гусеницами. Обзор проблем / Р. С. Федоткин, В. А. Крючков, А. А. Федоткина // *Механика композиционных материалов и конструкций*. – 2020. – Т. 26, № 3. – С. 362-370.

7. Формирование концепции кадрового обеспечения инженерной службы сельского хозяйства / Ю. Ф. Лачуга, О. Н. Дидманидзе, А. С. Дорохов [и др.] // *Чтения академика В. Н. Болтинского : Сборник статей*, Москва, 25–26 января 2022 года. Часть 1. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2022. – С. 73-82.

8. Сазонов, А. Э. Новые вызовы для аграрного образования / А. Э. Сазонов, К. С. Голохваст // *ЭКО*. – 2023. – № 2(584). – С. 46-59.

9. Передовые инженерные школы усилили работу вузов с индустриальными партнерами // *Ректор ВУЗа*. – 2023. – № 5. – С. 10-12.

10. Ахмедьянова, Г. Ф. Онтологический анализ проекта передовой инженерной школы / Г. Ф. Ахмедьянова, А. М. Пищухин // Онтология проектирования. – 2022. – Т. 12, № 3 (45). – С. 299-309.

11. Мельникова, А. С. Управление профориентационной деятельностью трансформирующихся университетов в период отбора и сопровождения кандидатов на обучение в передовые инженерные школы / А. С. Мельникова, И. Л. Герасимчук // Human Progress. – 2022. – Т. 8, № 2. – С. 16.

Об авторах:

Трухачев Владимир Иванович, ректор ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор сельскохозяйственных наук, доктор экономических наук, профессор, академик РАН.

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

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

About the authors:

Vladimir I. Trukhachev, rector of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Agricultural), D.Sc. (Economic), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences.

Otary N. Didmanidze, Head of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, didmanidze@rgau-msha.ru.

Roman S. Fedotkin, Head of the Center for Automotive Engineering, associate professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), fedotkin@rgau-msha.ru.

ПЕРСПЕКТИВЫ ТРАКТОРОСТРОЕНИЯ В РОССИИ

В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин

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

***Аннотация.** Трактор остается основной энергетической машиной в сельскохозяйственном производстве. Производственная база тракторостроения в России и других странах бывшего СССР практически полностью прекратила существование и требуется создание новых производственных мощностей с выпуском не менее 150 тыс. шт. в год. Состояние парка сельскохозяйственных тракторов в России в настоящее время находится на нулевом уровне и его необходимо создавать вновь.*

Энергообеспечение в 4 кВт/га может быть достигнуто при рассмотрении всего спектра тракторов как по тяговому классу, так и по типу движителя на уровне 2,5 млн штук. Существующие организационно-экономические механизмы технической модернизации сельского хозяйства не позволяют быстро решить задачу создания парка. Необходим поиск новых подходов, обеспечивающих решение рассмотренных задач.

***Ключевые слова:** сельскохозяйственные тракторы; парк тракторов; энергообеспеченность; структура парка; стратегия развития.*

PROSPECTS FOR TRACTOR MANUFACTURING IN RUSSIA

V. I. Trukhachev, O. N. Didmanidze, S. N. Devyanin

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

***Abstract.** The tractor remains the main energy machine in agricultural production. The tractor production base in Russia and other countries of the former USSR has almost completely ceased to exist and it is necessary to create new production facilities with the production of at least 150 thousand units. in year. The state of the agricultural tractor fleet in Russia is currently at zero level and needs to be created again.*

An energy supply of 4 kW/ha can be achieved by considering the entire range of tractors both by traction class and by type of mover at a level of 2.5 million units. The existing organizational and economic mechanisms for the technical modernization of agriculture will not allow us to quickly solve the problem of creating a park. It is necessary to search for new approaches that provide solutions to the problems considered.

Keywords: agricultural tractors; tractor fleet; energy saturation; fleet structure; development strategy.

Сельскохозяйственное производство на рубеже 19-20 веков было основано на гужевой тяге, что не позволяло иметь высокую производительность труда и требовало участия большой численности населения при производстве продовольствия. А с учетом того, что в начале 20-го века урожайность крестьянских полей в России была в 2...4 раза ниже урожайности в европейских странах [1], проблема увеличения пахотных площадей и, соответственно, численности работников было необходимо для обеспечения продовольствия, а это сдерживало индустриализацию.

С появлением ДВС во второй половине 19-го века началась эра замены гужевой тяги на механическую. Преимущества трактора, получаемые от первых производимых образцов, создали необходимые условия для организации их серийного производства.

Первое серийное производство сельскохозяйственных тракторов началось 100 лет назад с трактора «Фордзон-Путиловец» на заводе «Красный Путиловец» выпускаемого по лицензии американской компании Форд до 1932 года. За 8 лет было выпущено более 40 тыс. тракторов. А с 1930 года на специально построенном Сталинградском тракторном заводе начался выпуск тракторов СХТЗ-15/30. За годы первой пятилетки в СССР (с 1928 года по 1932 год), кроме Сталинградского тракторного завода, были возведены заводы в Харькове и Челябинске.

Для решения продовольственной проблемы и обеспечения эффективного развития аграрного сектора шло активное формирование тракторного парка страны. Темпы роста производства тракторов увеличивались с каждым годом, в том числе и за счет ввода новых тракторных заводов в СССР. Для обеспечения высоких темпов роста механизации сельскохозяйственного производства уже в 80-х годах прошлого века на территории СССР производство тракторов для сельского хозяйства осуществлялось на 14 заводах (АТЗ, ВТЗ, ВгТЗ, Кировский Завод, КТЗ, КЗСМ, ЛТЗ, МТЗ, ОЗТМ, ПТЗ, ТТЗ, ХТЗ, ХЗТСШ, ЮМЗ) [2]. Ежегодный выпуск составлял около 250 тыс. тракторов, что обеспечивало ежегодный прирост парка в 35 тыс. Причем, объем производства в 1985 году только в

РСФСР составил около 260 тыс. тракторов [3, 4]. Общее количество парка на конец 80-х годов составляло 1,4 млн тракторов [5].

Изменение экономической политики в стране в 90-х годах привело к резкому уменьшению парка тракторов, который продолжался до 2015 года. Снижение покупательной способности сельскохозяйственных предприятий не позволяло обновлять тракторный парк. Тракторные заводы оказались в сложной ситуации, что привело к прекращению деятельности большинства из них. В результате парк тракторов уменьшился с 1400 до 200 тыс. или в 7 раз. С 2015 года по настоящее время парк тракторов стабилизировался на уровне 250...300 тыс. штук. На сегодня около 60 % парка сельскохозяйственных тракторов имеют срок эксплуатации более 10 лет. Основная доля тракторов со сроком эксплуатации менее 10 лет – это тракторы импортного производства.

В настоящее время ситуация с базой тракторостроения СССР выглядит следующим образом [2, 6-16]:

Алтайский тракторный завод (в 2011 году завод объявлен банкротом).

Владимирский моторо-тракторный завод (в 2018 году завода не стало).

Волгоградский тракторный завод (в 2005 году завод объявлен банкротом).

Липецкий тракторный завод (в 2004 году завод стал банкротом).

Петербургский тракторный завод (Кировский завод).

Сейчас завод серийно производит 8 моделей сельскохозяйственных тракторов «Кировец» новой серии К-7М мощностью от 200 до 320 кВт и модель сельскохозяйственных тракторов «Кировец» новой серии К-5 мощностью 180 кВт.

Часть предприятий после распада СССР оказались за пределами РФ:

Минский тракторный завод (Республика Беларусь).

Один из лидеров мирового сельхозмашиностроения с мощным техническим и технологическим потенциалом, многолетним опытом создания тракторной и специальной техники. Конкурентным преимуществом предприятия является производство полного цикла. Линейка тракторов от мини трактора до трактора мощностью более 250 кВт.

Харьковский тракторный завод (Украина).

Харьковский завод тракторных самоходных шасси (Украина).

Южный машиностроительный завод (Украина).

Кишиневский тракторный завод (Молдавия) В 2008 году завод закрыт.

Павлодарский тракторный завод (Казахстан) Закрыт в 1998 году.

Базу для развития тракторного парка в РФ в странах СНГ в настоящее время могут составлять два завода общей производственной мощностью около 120 тыс. шт./год. Остальные вновь образованные предприятия РФ – это в основном сборочные производства с общим возможным объемом производства около 20 тыс. шт./год.

Недостаточная энерговооруженность сельскохозяйственного производства усугубляет существующие проблемы и как показано в работе [17] по оценкам Минсельхоза, из-за устаревшего машинно-тракторного парка ресурсосберегающие технологии применяются только на 40 % площади пашни. Без восстановления производственно-технического потенциала АПК страны сегодня возникают проблемы:

- увеличения объемов производства продукции;
- улучшения качества продукции;
- снижения производственных затрат;
- повышения рентабельности сельскохозяйственных культур;
- увеличения доходов сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Основными сдерживающими факторами здесь являются:

- недостаток инвестиций для модернизации производства и нововведений;
- низкие темпы технического перевооружения основных производственных фондов сельского хозяйства;
- нарушение соотношений цен на продукцию сельского хозяйства и промышленности;
- дефицит квалифицированных кадров в силу низкого уровня жизни на селе.

Для решения этих проблем необходимо своевременное и качественное воспроизводство основных средств производства как одного из главных факторов эффективного экономического роста и внедрения научно-технического прогресса в АПК.

Низкий производственно-технический потенциал АПК страны напрямую связан с энергообеспеченностью сельского хозяйства, а энергообеспеченность – с урожайностью зерновых, что показано на рисунке 1 на основании данных МСХ РФ [18], а также других продуктов сельскохозяйственного производства.

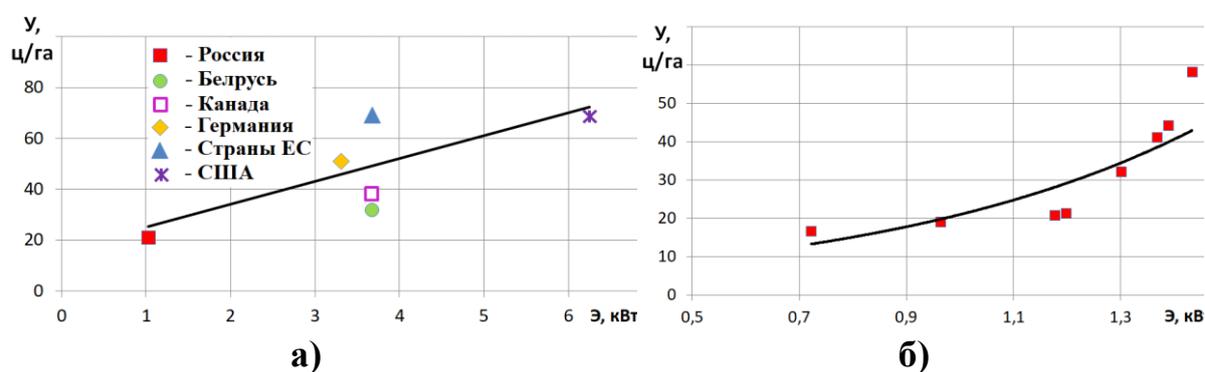


Рисунок 1 – Влияние энергообеспеченности парка Э на урожайность зерновых У:

а – по разным странам; б – по разным регионам России

Анализ представленных данных (рисунок 1,а) показывает, что если в передовых зарубежных странах уровень энергообеспеченности 3,5...6,5 кВт/га, то у нас гораздо ниже, а это доходы сельского жителя, его уровень жизни, его мотивация жить и работать на селе. Причем анализ данных влияния энергообеспеченности Э на урожайность зерновых У по разным регионам России (рисунок 1,б) также показывает целесообразность повышения энергообеспеченности в диапазоне Э = 0,7...1,4 кВт/га. Темп роста урожайности подчиняется экспоненциальной зависимости, что говорит о нескором достижении максимального значения по урожайности при увеличении энергообеспеченности.

Такая взаимосвязь продуктивности сельского хозяйства с затратами энергии, минеральных удобрений и пестицидов отмечалась уже давно, о чем упоминается в работе [19]. Таким образом, наращивание производственно-технического потенциала АПК сегодня важная задача.

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности РФ утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20 в главе II национальных интересов, разделе 7 (п. л) на долгосрочный период отмечается: «создание в сельском хозяйстве высокопроизводительного сектора, развивающегося на основе современных технологий и обеспеченного научными работниками и высококвалифицированными специалистами».

В главе IV рисков и угроз, разделе 14 к категориям, снижающим безопасность, относят технологические риски, вызванные: «отставанием от развитых стран по уровню технологического развития производственной базы». И в разделе 15 отмечается необходимость реализации мер государственного регулирования для преодоления: «г) замедления темпов структурно-технологической модернизации и инновационного развития сельского и рыбного хозяйства; ... к) недостаточного количества сельскохозяйственной техники (энерговооруженности)».

В главе V посвященной стратегической цели и основным задачам, в разделе 17 к основным задачам относят: «развитие производства материально-технических ресурсов для производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия».

В главе VI – основные направления государственной политики, в разделе 22 в области внешнеэкономической политики необходимо обеспечить: «снижение зависимости сельского и рыбного хозяйства от импорта технологий, машин, оборудования, а также семян основных сельскохозяйственных культур и племенной продукции». И в разделе 23 о развитии сельских территорий и качестве жизни отмечается необходимость обеспечения: «высокопроизводительных рабочих мест в сельском хозяйстве, повышение уровня и диверсификацию занятости в сельской местности». В разделе 24 о развитии производства материально-технических ресурсов отмечается необходимость: «обеспечить создание новых производственных мощностей, реконструкцию и развитие действующих производств по выпуску: ...

· машин и оборудования для растениеводства и животноводства, мелиорации земель, пищевой и перерабатывающей промышленности».

Таким образом, в соответствии с Доктриной продовольственной безопасности России энергообеспеченность сельскохозяйственного производства отвечает пунктам:

- национальных интересов;
- снижения рисков и угроз;
- необходимости государственного регулирования;
- основных направлений государственной политики.

Для оценки требуемого парка тракторов для России сегодня приходится ориентироваться на передовые зарубежные государства, которые избежали перестройки. При оценке требуемого парка тракторов по нагрузке на один трактор пашни в США – 38 га, во Франции – 14 га и в России по данным Росстата снизилась с 372 га (2022 г.) до 369 га (2023 г.).

Для пахотных земель России (около 80 млн га) парк тракторов должен составлять:

- по уровню нагрузки США ~2,1 млн единиц;
- по уровню нагрузки Франции ~5,7 млн единиц.

Таким образом, если исходить из значений нагрузки на трактор в США и Франции, то для условий России парк тракторов должен составлять от 2,1 до 5,7 млн тракторов что в ~10 раз больше существующего, и, следовательно, требуется вновь создавать тракторный парк в России.

С другой стороны, для оценки структуры парка тракторов и учитывая состояние в энергообеспечении передовых стран ЕС на уровне 4 кВт/га, то для обработки посевной площади 80 млн га парк тракторов должен иметь суммарную мощность 320 млн кВт. Используя взаимосвязь мощности и тягового класса, как это показано в работе [20], структура требуемого парка тракторов для сельского хозяйства выглядит следующим образом, как показано на рисунке 2.

Общее количество тракторов составляет 2,5 млн шт., что в 6...7 раз больше, чем сегодня. Создание парка за 10 лет потребует ежегодного прироста парка около 250 тыс. тракторов и это должны быть тракторы, отвечающие современным требованиям и перспективному развитию. Это требует организации дополнительного производства тракторов на 150...200 тыс. шт. в год с учетом

ориентации Петербургского и Минского тракторных заводов только на рынок России.

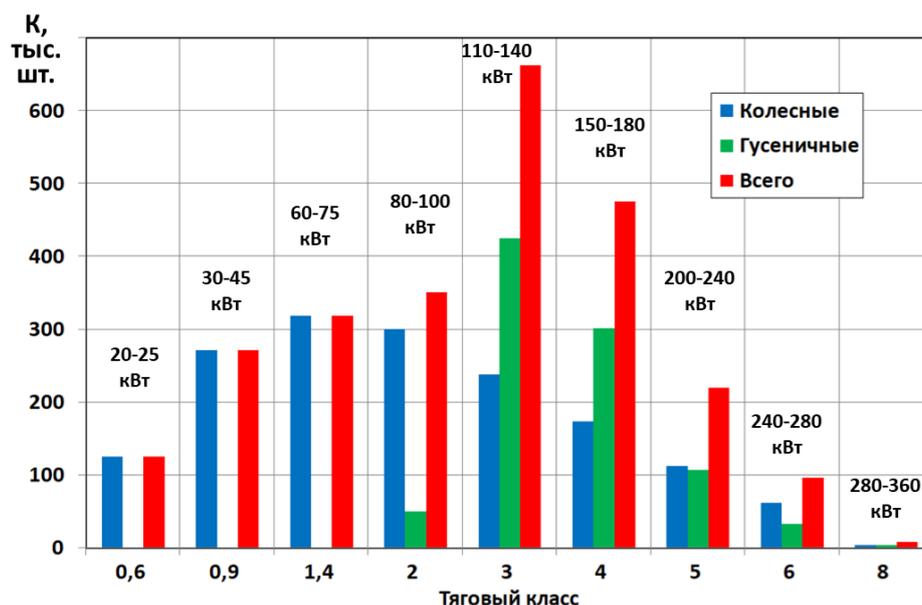


Рисунок 2 – Структура требуемого парка тракторов для сельского хозяйства РФ

В соответствии со Стратегией развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 сентября 2022 г. № 2567-р по вопросу обеспечения тракторами сельских предприятий указывается:

В разделе II. Текущее состояние агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов отмечается: «По состоянию на 1 мая 2022 г. у сельскохозяйственных товаропроизводителей имелось 429728 единиц тракторов Дефицит тракторов составляет порядка 70000 единиц (что составляет 16,3 %), Доля тракторов, эксплуатируемых свыше 10 лет, составляет около 57 процентов (245 тыс. ед.)».

В разделе III. Цели, задачи, мероприятия и показатели (индикаторы) государственной политики в сферах агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов указано: «... вовлечение в оборот земель сельскохозяйственного назначения площадью не менее 13234,8 тыс. гектаров к концу 2030 года; (т.е. увеличение площади на 16,1 %)».

В разделе VI. Прогноз развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов отмечено: «... в 2021 году

сельскохозяйственными товаропроизводителями по всем каналам реализации было приобретено 23516 тракторов и комбайнов, ... в том числе 15779 тракторов (6,4 % от количества, требующего списания)».

Анализ Стратегии показывает, что оцениваемый дефицит тракторов (16,3 %) учитывает только планируемое увеличение посевных площадей (16,1 %) и не учитывает необходимости повышения энергообеспечения производства.

Существующее обновление парка тракторов существенно меньше количества требующего списания (доля – 6,4 %) и не может компенсировать естественного их убывания, что усугубляет ситуацию с энергообеспечением в будущем.

Результаты анализа существующей ситуации в России с обеспечением тракторной техникой сельскохозяйственных производств показывают, что существующие организационно-экономические механизмы технической модернизации сельского хозяйства не позволят быстро решить задачу создания парка. Для повышения энергообеспеченности сельскохозяйственных предприятий необходим поиск новых подходов, обеспечивающих решение рассмотренных задач, использование которых позволит мотивировать производителя наращивать мощности используемой техники и обеспечить его заинтересованность в обновлении применяемой техники.

Заключение. В настоящее время тракторный парк России находится на нулевом уровне и его приходится формировать заново. Количество тракторов в парке должно быть увеличено более чем в 6 раз и доведено до 2,5 млн шт., чтобы достичь энергообеспеченности 4 кВт/га.

Структура тракторного парка должна включать как колесные, так и гусеничные трактора. Отечественная промышленность пока не имеет достаточного количества производственных мощностей для быстрого восстановления парка тракторов и потребуются дополнительные мощности для производства не менее 150 тыс. шт./год и это задача, которая уже раньше решалась в пределах одной пятилетки.

Существующие организационно-экономические механизмы технической модернизации сельского хозяйства не позволят быстро решить задачу создания парка. Необходим поиск новых подходов обеспечивающих решение рассмотренных задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пушкарев, С. Г. Россия в XIX веке (1801-1914) / С. Г. Пушкарев. – Нью-Йорк : Изд-во им. Чехова, 1956. – 509 с.
2. Производители тракторов стран бывшего СССР и зарубежные тракторные бренды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vseomtz.ru/spravochnik-traktorista/traktornye-zavody>.
3. Машиностроение в СССР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://su90.ru/industry3.html>.
4. Анализ опасностей и оценка техногенного риска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://riskprom.ru/publ/43-1-0-414>.
5. Гражданкин, А. И. Белая книга России. Строительство, перестройка и реформы: 1950-2013 гг. / А. И. Гражданкин, С. Г. Кара-Мурза / Центр пробл. анализа и гос.-упр. проект. – М. : Научный эксперт, 2015. – 728 с.
6. На развалинах Алтайского тракторного [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lastochkanata.livejournal.com/36262.html?ysclid=1w2gsf3qej542123995>.
7. Обзор отрасли: тракторное и сельскохозяйственное машиностроение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pandia.ru/text/77/323/45602.php?ysclid=1w2hc1rh33697254745>.
8. Волгоградский тракторный завод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://alphapedia.ru/w/Volgograd_Tractor_Plant.
9. Липецкий трактор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Липецкий_трактор.
10. «Кировец» – легенда российского тракторостроения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arknews.su/article/213/3740/>.
11. Минский тракторный завод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belarus-tractor.com/production/traktory/>.
12. Харьковский тракторный завод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Харьковский_тракторный_завод.
13. Харьковский завод тракторных самоходных шасси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Харьковский_завод_тракторных_самоходных_шасси.
14. Южмаш [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Южмаш>.
15. Кишинёвский тракторный завод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Кишинёвский_тракторный_завод.
16. Павлодарский тракторный завод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Павлодарский_тракторный_завод.
17. Эффективность использования производственных ресурсов в сельском хозяйстве : коллектив. моногр. / Под общ. ред. проф. Парамонова П. Ф. – Краснодар : КубГАУ, 2014. – 244 с.

18. Цель и задачи по производству российской сельскохозяйственной техники и повышение ее качества. Материалы доклада МСХ РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://atf.rosspetsmash.ru/upload/iblock/3e1/chekmarev-p.a..pdf>.

19. Новиков, Ю. Ф. Беседы о сельском хозяйстве / Ю. Ф. Новиков – М. : Молодая гвардия, 1978. – 76 с.

20. Трухачев, В. И. Какие сельскохозяйственные тракторы нужны завтра России? / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин // Чтения академика В. Н. Болтинского : сборник статей – М. : ООО «Мегаполис», 2020. – С. 11-19.

Об авторах:

Трухачев Владимир Иванович, ректор ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор сельскохозяйственных наук, доктор экономических наук, профессор, академик РАН.

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

Девянин Сергей Николаевич, профессор кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор.

About the authors:

Vladimir I. Trukhachev, rector of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Agricultural), D.Sc. (Economic), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences.

Otary N. Didmanidze, Head of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, didmanidze@rgau-msha.ru.

Sergey N. Devyanin, professor, Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49), D.Sc. (Engineering), professor.

ОБЩАЯ МОДЕЛЬ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ПОДВЕСКИ ЗАДНЕГО НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА ТРАКТОРА

П. В. Сиротин¹, Н. Н. Пуляев², М. А. Лесик³, Д. А. Федорова¹

¹ ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

³ ООО «КЗ «Ростсельмаш», г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

***Аннотация.** В работе представлены результаты по разработке математической и имитационной модели гидроневматической подвески заднего навесного устройства трактора. Обоснована актуальность работы в связи с распространением гидроневматических подвесок и необходимостью повышения эффективности систем копирования рельефа поля и снижения действующих динамических нагрузок. Представлена расчетная модель гидроневматической подвески, включающей гидроцилиндры и параллельно подключенные к ним гидроневматические амортизаторы, включающие дроссели и газовые пружины. Приведена система уравнений движения поршня гидроцилиндра в зависимости от параметров гидроневматической подвески и количества подключаемых гидроневматических амортизаторов. На основе допущения составлена упрощенная схема гидроневматической подвески адаптера с противодавлением и соответствующая система уравнения для определения перемещения поршня гидроцилиндра. Модель включает изменение параметров внешнего воздействия на систему, а также параметров предварительной настройки гидроневматического аккумулятора. Для оценки работоспособности разработанной модели составлена ее имитационная модель, которая была интегрирована в известную имитационную модель движения колесной машины с жесткой подвеской. Представлены результаты моделирования движения трактора по полю с реальными геометрическими параметрами. По результатам моделирования показана осциллограмма перемещения поршня гидроцилиндра в зависимости от параметров настройки гидроневматических аккумуляторов. Представлены выводы и направления дальнейших исследования по данному направлению.*

***Ключевые слова:** навесное устройство трактора; гидроневматическая подвеска; имитационная модель движения; система копирования рельефа поля.*

GENERAL MODEL OF HYDRODYNAMIC SUSPENSION OF TRACTOR REAR LINKAGE DEVICE

P. V. Sirotin^a, N. N. Pulyaev^b, M. A. Lesik^c, D. A. Fedorova^a

^a Don State Technical University, Rostov-on-don, Russian Federation

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

^c KZ Rostselmash LLC, Rostov-on-don, Russian Federation

Abstract. *The paper presents the results of the development of a mathematical and simulation model of the hydropneumatic suspension of tractor rear linkage. The relevance of the work is substantiated in connection with the spread of hydropneumatic suspensions and the need to increase the efficiency of systems for following the field relief and reducing the existing dynamic loads. A computational model of a hydropneumatic suspension is presented, including hydraulic cylinders and hydropneumatic shock absorbers connected in parallel to them, including throttles and gas springs. A system of equations of motion of a hydraulic cylinder piston is given depending on the parameters of the hydropneumatic suspension and the number of connected hydropneumatic shock absorbers. Based on the assumption, a simplified diagram of the adapter's hydropneumatic suspension with back pressure and the corresponding equation system for determining the movement of the hydraulic cylinder piston have been compiled. The model includes changing the parameters of the external influence on the system, as well as the pre-setting parameters of the hydropneumatic accumulator. To assess the performance of the developed model, a simulation model was compiled, which was integrated into the well-known simulation model of the movement of a non-suspension wheeled vehicle. The results of modeling the movement of a tractor across a field with real geometric parameters of evenness are presented. Based on the simulation results, an oscillogram of the movement of the hydraulic cylinder piston is shown depending on the settings of the hydropneumatic accumulators. Conclusions and directions for further research in this area are presented.*

Keywords: *tractor rear linkage; hydropneumatic suspension; motion simulation model; field relief copying system.*

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях одна из основных проблем агропромышленного комплекса России заключается в повышении надежности и производительности тракторов сельскохозяйственного назначения [1, 2]. Современные модели навесных орудий трактора имеют массу, которая соответствует предельной грузоподъемности их навесных устройств. При эксплуатации таких машинно-

тракторных агрегатов (МТА) в результате взаимодействием колес с неровностями опорного основания, а также собственных колебаний МТА на эластичных шинах [1-3] формируются динамические нагрузки в 2...3 раза превышающие статические. Это приводит к отказам навесного устройства, повышению динамических нагрузок на корпус трактора и навесного агрегата, воздействию чрезмерных вибрации на оператора.

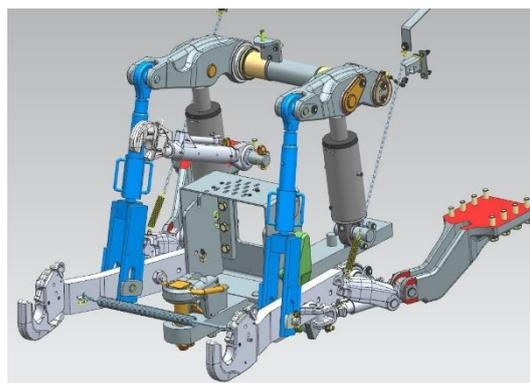
Внедрение гидропневматических подвесок заднего навесного устройства (ЗНУ) является достаточно распространенным техническим решением в мировом тракторостроении. При этом для разработки и внедрения данного решения на отечественных предприятиях требуется создание соответствующих теоретических основ, позволяющих воспроизвести рабочий процесс и синтезировать эффективные конструкции на ранних стадиях проектирования. Разработка таких систем требует разрешения ряда задач, сводящихся к разработке методики расчета подобных систем, что является обязательной составляющей при современных способах проектирования машин и обуславливает актуальность данной работы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На более ранних моделях тракторов ЗНУ работало продольно (рисунок 1,а) за счет обеспечения подвижности навесного устройства относительно корпуса трактора.



а



б

Рисунок 1 – Перспективная модель колесного трактора RSM 1370 с навесным оборудованием (а) и его трехточечное заднее навесное устройство (б)

Кинематическая связь между навесным агрегатом и трактором обеспечивается с помощью трехточечной навески (рисунок 1,б) с гидропневматическим приводом, который обеспечивает не

только подвижность навески, но сглаживание и поглощение динамических нагрузок, действующих на МТА.

Однако в настоящее время, прежде всего, из-за технологической целесообразности ЗНУ трактора работает за счет параллельного подключения гидравлического цилиндра 3 и гидропневматических амортизаторов (ГПА) 4 (рисунок 2,а), включающих дроссели 5 и газовые пружины 6 (рисунок 2). Основным элементом ЗНУ трактора является ГПА с переменной структурой. Под переменной структурой следует понимать различные конфигурации ГПА за счет изменения количества составляющих модулей их параметров. Имеющиеся управляемые дроссели 5 позволяют изменять параметры ГПА за счет изменения проходного сечения, а также давления в газовой полости ГПА.

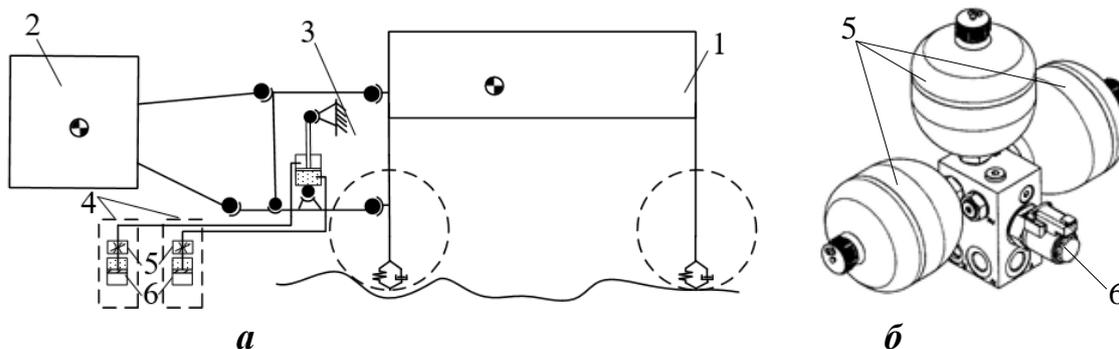


Рисунок 2 – Расчетная схема трактора с гидропневматической подвеской ЗНУ трактора (а) и блок ГПА (б)

Таким образом, для снижения действующих динамических нагрузок и обеспечения процесса копирования рельефа местности с одной стороны требуется обеспечить высокую чувствительность и быстродействие системы, с другой, практически полное исключение гармонических колебаний после снятия нагрузки. Решение такой задачи в современном понимании требует составления соответствующих математических и имитационных моделей.

Очевидно, что для управления движением выходных звеньев в исполнительном гидропневматическом приводе можно использовать дроссельное регулирование расходов рабочей среды [3]. Для систем подвески современных ЗНУ с рабочей средой в виде жидкости формула для расчета расхода жидкости имеет вид:

$$Q = \mu \cdot f \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}, \quad (1)$$

где μ и f – коэффициент расхода и площадь проходного сечения дросселя 5 (рисунок 2); Δp – перепад давления в полости гидроцилиндра 3 и полости газовой пружины 6; ρ – плотность рабочей жидкости.

При изучении и расчетах динамических характеристик рассматриваемой системы гидромеханические процессы в ней происходят с изменяющимися во времени давлениями. Расход рабочей среды, поступающий в газовую пружину 6 с объемом V и с изменяющимися во времени границами, согласно уравнению неразрывности, можно найти в виде:

$$Q = \frac{dV}{dt} + \frac{V}{B} \cdot \frac{dp}{dt}, \quad (2)$$

где p – давление среды, содержащейся в объеме V , т.е. в газовой пружине; B – модуль объемный упругости среды.

Составим расчетную схему гидропневматической рессоры, включающей гидроцилиндр, к штоковой и поршневой полости которого подключены ГПА переменной структуры (рисунок 3), и введем следующие обозначения: N – количество ГПА в поршневой или штоковой полости; p_1, p_2 – давления в поршневой и штоковой полости гидроцилиндра соответственно; $\Gamma_1, \Gamma_3, \Gamma_{2m-1}$ – газовые пружины, связанные с поршневой полостью гидроцилиндра; $m = 1, 2, \dots, N$; $\Gamma_2, \Gamma_4, \Gamma_{2m}$ – газовые пружины, связанные со штоковой полостью гидроцилиндра; D_1, D_3, D_{2m-1} – дроссели перед ГПА $\Gamma_1, \Gamma_3, \Gamma_{2m-1}$; D_2, D_4, D_{2m} – дроссели перед ГПА $\Gamma_2, \Gamma_4, \Gamma_{2m}$; p_1, p_3, p_{d2m-1} – давление на выходе дросселей D_1, D_3, D_{2m-1} ; p_2, p_4, p_{d2m} – давление на выходе дросселя D_2, D_4, D_{2m} ; $p_{\Gamma 1}, p_{\Gamma 3}, p_{\Gamma 2m-1}$ – давление в газовой полости ГПА поршневого контура $\Gamma_1, \Gamma_3, \Gamma_{2m-1}$; $p_{\Gamma 2}, p_{\Gamma 4}, p_{\Gamma 2m}$ – давление в газовой полости ГПА штокового контура $\Gamma_2, \Gamma_4, \Gamma_{2m}$; x – перемещение поршня в гидроцилиндре; y_1, y_3, y_{2m-1} – перемещение поршня в газовой полости ГПА $\Gamma_1, \Gamma_3, \Gamma_{2m-1}$; y_2, y_4, y_{2m} – перемещение поршня в газовой полости ГПА $\Gamma_2, \Gamma_4, \Gamma_{2m}$; S_1, S_2 – эффективная площадь поршня в поршневой и штоковой полости гидроцилиндра; $S_{\Gamma 1}, S_{\Gamma 3}, S_{\Gamma 2m-1}$ – эффективная площадь поршня в газовой полости ГПА поршневого контура $\Gamma_1,$

$\Gamma_3, \Gamma_{2m-1}; S_{\Gamma_2}, S_{\Gamma_4}, S_{\Gamma_{2m}}$ – эффективная площадь поршня в газовой полости ГПА штокового контура $\Gamma_2, \Gamma_4, \Gamma_{2m}$.

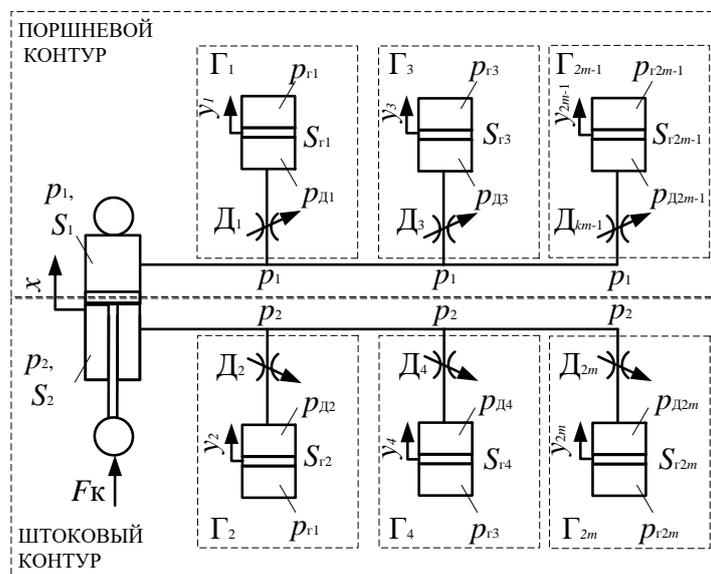


Рисунок 3 – Расчетная схема гидропневматической подвески ЗНУ трактора с противодавлением

Для системы гидропневматической подвески на рисунке 3 с учетом условия неразрывности выражения для расходов идеальной жидкостью (Q) в гидроцилиндре и полостях ГПА имеют вид:

$$Q_1 = S_1 \cdot \dot{x}; \quad (3)$$

$$Q_2 = S_2 \cdot \dot{x}; \quad (4)$$

...

$$Q_{д,2m-1} = \mu_{2m-1} \cdot f_{2m-1} \text{sign}(p_1 - p_{д,2m-1}) \cdot \sqrt{\frac{2|p_1 - p_{д,2m-1}|}{\rho}}; \quad (5)$$

$$Q_{д,2m} = \mu_{2m} \cdot f_{2m} \text{sign}(p_2 - p_{д,2m}) \cdot \sqrt{\frac{2|p_2 - p_{д,2m}|}{\rho}};$$

$$Q_{\Gamma,2m-1} = S_{2m-1} \cdot \dot{y}_{2m-1}; \quad (6)$$

$$Q_{\Gamma,2m} = S_{2m} \cdot \dot{y}_{2m}.$$

Уравнения для давлений в полостях гидроцилиндра имеют вид:

$$\frac{dp_1}{dt} = \frac{Q_1 - Q_{д1} - Q_{д3} - \dots - Q_{д,2m-1}}{K_{упр1}} = \frac{Q_1 - \sum_{m=1}^N Q_{д,2m-1}}{K_{упр1}}; \quad (7)$$

$$K_{упр1} = \frac{V_{2m-1} + S_1 \cdot |x| \cdot \text{sign}(x)}{E_{цил}}; \quad (8)$$

$$\frac{dp_2}{dt} = \frac{-Q_2 + \sum_{m=1}^N Q_{д,2m}}{K_{упр2}}; \quad (9)$$

$$K_{\text{упр}_2} = \frac{V_{2m} + S_2 \cdot |x| \cdot \text{sign}(x)}{E_{\text{цил}}}, \quad (10)$$

где $K_{\text{упр}_1}$ и $K_{\text{упр}_2}$ – коэффициент упругости поршневой и штоковой полости гидроцилиндра с жидкостью; $E_{\text{цил}}$ – приведенный объемный модуль упругости рабочей жидкости в газовой пружине; $V_{V_{2m-1}}$, $V_{V_{2m}}$ – объем рабочей жидкости, оставшейся соответственно в поршневой и штоковой полости гидроцилиндра при нахождении поршня в крайних положениях.

Уравнения для давлений в полостях ГПА имеют вид:

$$\frac{dp_{\text{д},2m-1}}{dt} = \frac{Q_{\text{д},2m-1} - Q_{\text{г},2m-1}}{K_{\text{упрг},2m-1}}, \quad (11)$$

где

$$K_{\text{упрг},2m-1} = \frac{V_{\text{м},2m-1} + S_{\text{г},2m-1} \cdot |y_{2m-1}| \cdot \text{sign}(y_{2m-1})}{E_{\text{г},2m-1}}, \quad (12)$$

$$\frac{dp_{\text{д},2m}}{dt} = \frac{Q_{\text{д},2m} - Q_{\text{г},2m}}{K_{\text{упрг},2m}}, \quad (13)$$

где

$$K_{\text{упрг},2m} = \frac{V_{\text{м},2m} + S_{\text{г},2m} \cdot |y_{2m}| \cdot \text{sign}(y_{2m})}{E_{\text{г},2m}}, \quad (14)$$

$$p_{\text{г},2m-1} = p_{0_{\text{г},2m-1}} \cdot \left(\frac{V_{0_{\text{г},2m-1}}}{V_{0_{\text{г},2m-1}} - y_{2m-1} \cdot S_{\text{г},2m-1}} \right)^n; \quad (15)$$

$$p_{\text{г},2m} = p_{0_{\text{г},2m}} \cdot \left(\frac{V_{0_{\text{г},2m}}}{V_{0_{\text{г},2m}} + y_{2m} \cdot S_{\text{г},2m}} \right)^n; \quad (16)$$

где $K_{\text{упрг},2m-1}$ и $K_{\text{упрг},2m}$ – коэффициент упругости полости с жидкостью поршневого и газового контура; $E_{\text{г},2m-1}$ и $E_{\text{г},2m}$ – приведенный объемный модуль упругости рабочей жидкости в поршневом и газовом контуре; $V_{\text{м}_1}$, $V_{\text{м},2m-1}$, $V_{\text{м},2m}$ – объем рабочей жидкости, оставшейся соответственно в газовых пружинах при нахождении их поршней в крайних положениях; n – показатель политропного процесса; $p_{0_{\text{г},2m-1}}$ – давление газа в момент времени $t = 0$ в ГПА соответственно поршневого и штокового контура.

Движение поршня гидроцилиндра совместно с адаптером описывается выражением:

$$m_n \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = -p_1 \cdot S_1 + (p_2 \cdot S_2 + F_{\text{к}} - F_{\text{тр}}), \quad (17)$$

где m_n – приведенная к поршню гидроцилиндра масса подвижной части и рабочей жидкости; $F_{\text{к}}$ – внешняя нагрузка на поршень гидроцилиндра; $F_{\text{тр}}$ – сила трения [4].

Движение поршней ГПА описывается уравнениями:

$$m_{n-p,2m-1} \cdot \frac{d^2 y_{2m-1}}{dt^2} = (p_{д,2m-1} - p_{г,2m-1}) \cdot S_{г,2m-1} - F_{тр,2m-1}; \quad (18)$$

$$m_{n-p,2m} \cdot \frac{d^2 y_{2m}}{dt^2} = (-p_{д,2m} + p_{г,2m}) \cdot S_{г,2m} - F_{тр,2m}, \quad (19)$$

где $m_{n-p,2m-1}$ и $m_{n-p,2m}$ – приведенная масса поршней разделителей ГПА соответственно в поршневом и штоковом контуре; $F_{тр,2m-1}$, $F_{тр,2m}$ – сила трения в соответственно в поршневом и штоковом контуре.

Таким образом, система уравнений (3-19) замкнутая – число неизвестных совпадает с числом уравнений. Система уравнений (3-19) описывает в принципе рабочие процессы, протекающие в пневмогидравлической подвеске адаптера с противодавлением. Количество уравнений и неизвестных определяется количеством модулей гидропневматической системы. К неизвестным следует отнести

$$x, y_{2N-1}, y_{2N}, p_1, p_2, p_{д,2N-1}, p_{д,2N}, p_{г,2N-1}, p_{г,2N}, Q_1, Q_2, Q_{д,2N-1}, Q_{д,2N}, Q_{г,2N-1}, Q_{г,2N}. \quad (20)$$

Очевидно, что при $N = 1$ число уравнений равно 15, при $N = 2$ число неизвестных 25, при $N = 3$ число неизвестных 35 и т.д. Если исключить из системы уравнений вспомогательные неизвестные, а оставить только x, y_{2N-1}, y_{2N} , то получим базовую систему дифференциальных уравнений по Второму закону Ньютона: при $N = 1 - 3$ уравнения; при $N = 2 - 5$ уравнений; при $N = 3 - 7$ уравнений и т.д.

Система уравнений (3-19) позволяет решать для рассматриваемой гидропневматической системы вторую задачу динамики, т.е. для случая, когда определена внешняя сила $F_k(t)$ как функция времени и заданы начальные условия:

$$x(0), y_{2N}(0), y_{2N-1}(0), \dot{x}(0), \dot{y}_{2N}(0), \dot{y}_{2N-1}(0). \quad (21)$$

Тогда решение задачи будет сведено к расчету:

$$x(t), y_{2N}(t), y_{2N-1}(t). \quad (22)$$

Решение уравнений (3-19) для гидропневматической подвески адаптера с несколькими ГПА является сложной задачей, требующей значительных вычислительных ресурсов, а также учета ряда неопределенностей. С целью упрощения расчетной модели

рассмотрим модель гидропневматической подвески, имеющей по одному ГПА на штоковом и поршневом контуре (рисунок 4), т.е. ГПА с противодействием 5.

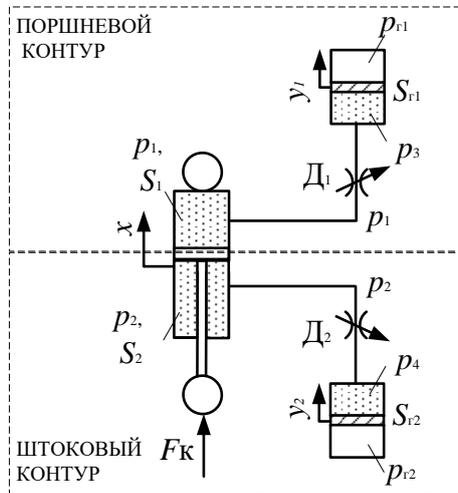


Рисунок 4 – Упрощенная расчетная схема гидропневматической подвески с противодействием

Если исключить из расчета силы сопротивления и ограничения в виде упоров и противодействия газа уравнения расходов будут иметь вид:

$$Q_1 = S_1 \cdot \dot{x}; \quad (23)$$

$$Q_2 = S_2 \cdot \dot{x}; \quad (24)$$

$$Q_1 = \mu_1 \cdot f_1 \text{sign}(p_1 - p_3) \sqrt{\frac{2|p_1 - p_3|}{\rho}}; \quad (25)$$

или

$$p_1 = p_3 + \text{sign}(\dot{x}) \left[\frac{S_1 \cdot \dot{x}}{\mu_1 \cdot f_1} \right]^2 \cdot \frac{\rho}{2}; \quad (26)$$

$$Q_2 = \mu_2 \cdot f_2 \text{sign}(p_2 - p_4) \sqrt{\frac{2|p_2 - p_4|}{\rho}}; \quad (27)$$

или

$$p_2 = p_4 - \text{sign}(\dot{x}) \left[\frac{S_2 \cdot \dot{x}}{\mu_2 \cdot f_2} \right]^2 \cdot \frac{\rho}{2}; \quad (28)$$

$$p_{r1} = p_{0r1} \cdot \left[\frac{V_{0r1}}{V_{0r1} - y_1 \cdot S_{r1}} \right]^n = p_{0r1} \cdot \left[\frac{V_{0r1}}{V_{0r1} - x \cdot S_1} \right]^n. \quad (29)$$

Из (29) видно, что $y_1 \cdot S_{r1} = x \cdot S_1$, тогда закон сохранения расхода:

$$y_1 = \frac{x \cdot S_1}{S_{r1}}; \quad (30)$$

$$p_{\Gamma_2} = p_{0\Gamma_2} \cdot \left[\frac{V_{0\Gamma_2}}{V_{0\Gamma_2} + y_2 \cdot S_{\Gamma_2}} \right]^n = p_{0\Gamma_2} \cdot \left[\frac{V_{0\Gamma_2}}{V_{0\Gamma_2} + x \cdot S_2} \right]^n; \quad (31)$$

и

$$\begin{aligned} y_2 \cdot S_{\Gamma_2} &= x \cdot S_2; \\ y_2 &= -\frac{x \cdot S_2}{S_{\Gamma_2}}. \end{aligned} \quad (32)$$

Видно, что при $x > 0, y_1 > 0, y_2 < 0$ от положения статического равновесия $x = 0, y_1 = 0, y_2 = 0$ при действии статической силы F_0 . При приложении силы F_0 на шток гидроцилиндра выполняется условие:

$$F_0 = -p_1 \cdot S_1 + p_2 \cdot S_2.$$

В этом случае $\dot{x} = 0$.

$$\begin{aligned} p_{\Gamma_1} &= p_3 = p_{0\Gamma_1}; \\ p_{\Gamma_2} &= p_4 = p_{0\Gamma_2}; \\ p_1 &= p_3; p_2 = p_4; \\ G &= -p_{\Gamma_1} \cdot S_1 + p_{\Gamma_2} \cdot S_2. \end{aligned} \quad (33)$$

Динамические уравнения следуют со Второго закона Ньютона:

$$\begin{cases} m_n \ddot{x} = p_2 \cdot S_2 + G + F_K(t) - p_1 \cdot S_1 - F_{\text{тр}} - F_{\text{уп}}; \\ m_{n-p,2m-1} \cdot \ddot{y}_1 = (p_3 - p_{\Gamma_1}) \cdot S_{\Gamma_1} - F_{\text{тр}1}; \\ m_{n-p,2m} \cdot \ddot{y}_2 = (p_4 - p_{\Gamma_2}) \cdot S_{\Gamma_2} - F_{\text{тр}2}, \end{cases}$$

где $F_K(t)$ – сила, действующая на ГПА; $F_{\text{тр}}$ – сила трения; $F_{\text{тр}}$ – сила от ограничителей крайних положений.

Если исключить из расчета силы сопротивления трения и ограничения в виде упоров и противодействия газа уравнения расходов будут иметь вид:

$$\begin{cases} m_n \ddot{x} = p_2 \cdot S_2 + F_0 + F_K(t) - p_1 \cdot S_1; \\ \frac{S_1}{S_{\Gamma_1}} \cdot m_{m_{n-p,2m-1}} \cdot \ddot{x}_1 = (p_3 - p_{\Gamma_1}) \cdot S_{\Gamma_1}; \\ -\frac{S_2}{S_{\Gamma_2}} \cdot m_{n-p,2m} \cdot \ddot{x} = (p_4 - p_{\Gamma_2}) \cdot S_{\Gamma_2}; \end{cases} \quad (34)$$

$$p_4 = p_2 + \text{sign}(\dot{x}) \left[\frac{S_2 \cdot \dot{x}}{\mu_2 \cdot f_2} \right]^2 \cdot \frac{\rho}{2}; \quad (35)$$

$$p_3 = p_1 - \text{sign}(\dot{x}) \left[\frac{S_1 \cdot \dot{x}}{\mu_1 \cdot f_1} \right]^2 \cdot \frac{\rho}{2}; \quad (36)$$

$$p_{\Gamma_1} = f_1(x); p_{\Gamma_2} = f_2(x). \quad (37)$$

Система 3-х уравнений (34) с тремя неизвестными x, p_1, p_2 , при это в ней есть известная функция времени $F_k(t)$.

Систему (34) перепишем в виде:

$$\begin{cases} m_n \ddot{x} = p_2 \cdot S_2 + G + F_k(t) - p_1 \cdot S_1; \\ m_{n-p,2m-1} \cdot \frac{S_1}{S_{\Gamma_1}} \cdot \ddot{x} = \left\{ p_1 - \text{sign}(\dot{x}) \left[\frac{S_1 \cdot \dot{x}}{\mu_1 \cdot f_1} \right]^2 \cdot \frac{\rho}{2} - f_1(x) \right\} \cdot S_{\Gamma_1}; \\ -m_{n-p,2m} \cdot \frac{S_2}{S_{\Gamma_2}} \cdot \ddot{x} = \left\{ p_2 + \text{sign}(\dot{x}) \left[\frac{S_2 \cdot \dot{x}}{\mu_2 \cdot f_2} \right]^2 \cdot \frac{\rho}{2} - f_2(x) \right\} \cdot S_{\Gamma_2}. \end{cases} \quad (38)$$

Исключим в этой системе неизвестные p_1, p_2 . Для этого второе уравнение умножим на S_1 и разделим на S_{Γ_1} . Третье уравнение умножим на S_2 и разделим на S_{Γ_2} . Получим:

$$\begin{aligned} m_{n-p,2m-1} \cdot \frac{S_1^2}{S_{\Gamma_1}^2} \cdot \ddot{x} &= p_1 \cdot S_1 - \text{sign}(\dot{x}) \left[\frac{S_1 \cdot \dot{x}}{\mu_1 \cdot f_1} \right]^2 \cdot S_1 \cdot \frac{\rho}{2} - f_1(x) \cdot S_1; \\ m_{n-p,2m} \cdot \frac{S_2^2}{S_{\Gamma_2}^2} \cdot \ddot{x} &= -p_2 \cdot S_2 - \text{sign}(\dot{x}) \left[\frac{S_2 \cdot \dot{x}}{\mu_2 \cdot f_2} \right]^2 \cdot S_2 \cdot \frac{\rho}{2} + f_2(x) \cdot S_2. \end{aligned} \quad (39)$$

Далее прибавим к первому уравнению обе части первого уравнения и обе части второго уравнения системы (39). В результате получим одно уравнение движения:

$$\begin{aligned} \ddot{x} \cdot \left[m_n + m_{n-p,2m-1} \cdot \frac{S_1^2}{S_{\Gamma_1}^2} + m_{n-p,2m} \cdot \frac{S_2^2}{S_{\Gamma_2}^2} \right] &= \\ = F_0 + F_k(t) - \text{sign}(\dot{x}) \left[\frac{S_1 \cdot \dot{x}}{\mu_1 \cdot f_1} \right]^2 \cdot S_1 \cdot \frac{\rho}{2} - f_1(x) \cdot S_1 - & \\ - \text{sign}(\dot{x}) \left[\frac{S_2 \cdot \dot{x}}{\mu_2 \cdot f_2} \right]^2 \cdot S_2 \cdot \frac{\rho}{2} + f_2(x) \cdot S_2. & \end{aligned} \quad (40)$$

Это уравнение можно записать в более компактном виде:

$$\ddot{x} \cdot M = F_0 + F_k(t) - \Phi(x) - \dot{x}^2 \text{sign}(\dot{x}) \cdot B, \quad (41)$$

где

$$\begin{aligned} M &= m_n + m_{n-p,2m-1} \cdot \frac{S_1^2}{S_{\Gamma_1}^2} + m_{n-p,2m} \cdot \frac{S_2^2}{S_{\Gamma_2}^2}; \\ \Phi(x) &= -f_2(x) \cdot S_2 + f_1(x) \cdot S_1; \\ B &= \left[\frac{S_1^3}{\mu_1^2 \cdot f_1^2} + \frac{S_2^3}{\mu_2^2 \cdot f_2^2} \right] \cdot \frac{\rho}{2}; \end{aligned}$$

С учетом направления движения поршня вверх или вниз можно записать:

$$\ddot{x} + n\dot{x}|\dot{x}| + \Phi^*(x) = \frac{F_0}{M} + \frac{F_k(t)}{M}, \quad (42)$$

где $\Phi^*(x) = \frac{\Phi(x)}{M}$; $n = \frac{B}{M}$.

Уравнение (41) необходимо решать при начальных условиях: $x = 0$; $\dot{x} = 0$ при $t = 0$. Это, согласно изученной литературе, вторая задача динамики материальной точки, т.е. задача определения решения $x = x(t)$.

Систему уравнений (23-41) или уравнение (41) можно решать численно или аналитически. Аналитическое решение распадается на две задачи: о затухающих свободных колебаниях, либо о вынужденных колебаниях системы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, разработанная математическая модель позволяет определить перемещение подвижных частей гидропневматической подвески и в отличие от известных моделей [6-10] включает несколько модулей ГПА поршневой и штоковой полости, а также позволяет учитывать индивидуальные параметры каждого дросселя и газовой пружины.

Для оценки работоспособности разработанной модели гидропневматической подвески ЗНУ трактора проведено теоретическое исследование. Для чего система уравнений (23-41) была преобразована в имитационную модель ЗНУ трактора в среде моделирования Matlab Simulink и интегрирована в разработанную ранее имитационную модель самоходной бесподвесочной машины с колесным движителем [11, 12]. Эта модель воспроизводит основные динамические нагрузки, действующие на корпус трактора [13-15], и соответствует общепринятым в транспортном машиностроении подходам [16-18].

Моделирование проводили для случаев движения трактора по стерне озимой пшеницы со скоростью 5 км/ч. Для моделирования в соответствие с работой [19] приняты следующие геометрические параметра микропрофиля опорной поверхности: максимальная высота неровностей – 0,074169 м; минимальная высота неровностей – 0,049164 м; среднеквадратическое отклонение – 0,024431 м; дисперсия – 0,000597 м². В модели приняты геометрические и массогабаритные параметры трактора RSM 1370 [7]. Имитационная

модель гидропневматической подвески с противодавлением соответствовала расчетной на рисунке 4 и имела следующие параметры: диаметр поршня – 63 мм, диаметр штока – 90 мм. ГПА имели следующие параметры: объем – 750 см³; давление газовой полости (p_r) – от 3 до 4 мПа.

В результате имитационного моделирования построены осциллограммы перемещений поршня гидроцилиндра для различных вариантов настройки гидропневматической подвески. Так, для случая, когда давление в газовой полости ГПА составляет 3 мПа, амплитуда перемещения поршня гидроцилиндра составляет 0,07 м. С увеличением p_r ожидаемо уменьшается амплитуда перемещений поршня гидроцилиндра до 0,04 м (рисунок 5).

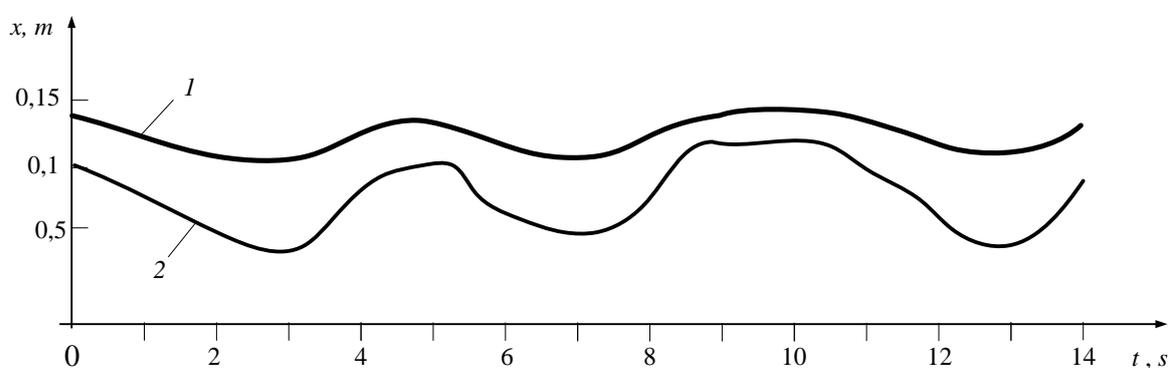


Рисунок 5 – Осциллограмма, полученная по результатам имитационного моделирования перемещений поршня гидроцилиндра для случаев, когда p_r : 1 – 3 мПа; 2 – 5 мПа

В целом полученные значения перемещений гидроцилиндра соответствуют результатам экспериментальных замеров на аналогичных колесных тракторах и других сельскохозяйственных машин с навесным рабочим органом [20].

ВЫВОДЫ

1. Полученная математическая модель гидропневматической подвески ЗНУ трактора обеспечивает возможность на ранних стадиях проектирования определить технический облик ГПА, оптимизировать их параметры исходя из компоновки, массогабаритных и инерциальных характеристик трактора. Предложенная математическая модель может быть использована для проектирования ЗНУ трактора, а также для систем стабилизации движения на основе принципа диссипативного динамического гашения.

2. Разработанные математическая и имитационная модели гидропневматической подвески ЗНУ трактора, могут быть интегрированы как подсистемы известных имитационных моделей самоходных транспортно-технологических машин и оборудования. Проведенная оценка работоспособности модели показывает достаточную сходимость расчетных данных и результатов моделирования. В последующих работах совершенствование модели необходимо вести в части учета сил трения между сопрягаемыми элементами системы, гидродинамических процессов в рабочей жидкости, а также изучения влияния структуры ГПА на эффективность системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рязанов, А. В. Адаптер системы очистки для работы зерноуборочного комбайна на склонах / А. В. Рязанов, С. Ф. Сороченко // Ползуновский альманах. – 2009. – Т. 2, № 3. – С. 65-67.
2. Биэниек, Е. Влияние наклона местности на потери зерна, собираемого комбайном, оснащенным двуплоскостным ситом / Е. Биэниек // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2007. – № 10. – С. 102-105.
3. Попов, Д. Н. Гидромеханика : учебник для вузов / Д. Н. Попов, С. С. Панайотти, М. В. Рябини. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 384 с.
4. Крагельский, И. В. Основы расчетов на трение и износ / И. В. Крагельский, М. Н. Добычин, В. С. Комбалов. – М. : Машиностроение, 1977. – 526 с.
5. Жилейкин, М. М. Методика расчета характеристик пневмогидравлической управляемой подвески с двухуровневым демпфированием / М. М. Жилейкин // Электронное научно-техническое издание «Наука и образование». – 2012. – № 2.
6. Demyanov, D. N. Clearance control of vehicle with hydropneumatic suspension and the wheel formula 8×8 / D. N. Demyanov, V. S. Karabtsev, A. I. Malinov // IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering 489 (2019) 012053. – DOI 10.1088/1757-899X/489/1/012053.
7. An improved rollover index based on BR neural for hudropneumatic suspension / X.T. Dong, Y. Jiang, Z. Zhong [et al.] // Mathematical problems in engineering. – 2018. – 7859521. – DOI 10.1155/2018/7859521.
8. Konieczny, L. Analysis of structural and material aspects of selected elements of a hydropneumatic suspension system in a passenger car / L. Konieczny, R. Burdzik, T. Wegrzyn // Archives of metallurgy and materials. – 2016. – No. 61 (1). – P. 79–83. – DOI 10.1515/amm-2016-0018.

9. Hierarchical control strategy for active hydropneumatic suspension vehicles based of genetic algorithms / J. Z. Feng, C. Matthews, S. L. Zheng [et al.] // *Advances in mechanical engineering*. – 2015. – No. 7 (2), 951050. – DOI 10.1155/2014/951050.
10. Hydropneumatic suspension efficiency in terms of the teleoperated unmanned ground vehicle tests / A. Dabrowska, M. Przybysz, A. Rubiec, K. Spadlo // *Intelligent technologies in logistics and mechatronics systems – ITELMS 2015*. – P. 110-116.
11. Zhileykin, M. Increasing the smoothness of the course of the forage harvester by optimizing the mass-dimensional and inertial parameters of its body / M. Zhileykin, P. Sirotin // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 820, Design Technologies for Wheeled and Tracked Vehicles (MMBC) 2019, 1-2 October 2019, Moscow, Russian Federation*. – DOI: 10.1088/1757-899X/820/1/012023.
12. Жилейкин, М. М. Исследование динамики движения зерно- и кормоуборочных комбайнов методами математического и имитационного моделирования / М. М. Жилейкин, П. В. Сиротин // *Тракторы и сельхозмашины*. – 2019 г. – № 1. – С. 53-59.
13. The experimental research of combine harvesters / L. Špokas, V. Adamčuk, V. Bulgakov, L. Nozdrovický // *Res. Agr. Eng.* – 2016. – No. 62. – P. 106-112. – DOI: 10.17221/16/2015-RAE.
14. Sirotin, P. V. Experimental studies of ride quality of self-propelled combine harvester / P. V. Sirotin, A. G. Sapegin, S. V. Zlenko // *XIV International Scientific-Technical Conference «Dynamic of Technical Systems» (DTS-2018). September 12-14, 2018. – Rostov-on-Don, Russian Federation. – MATEC Web of Conferences*. – 2018. – Vol. 226.
15. Experimental study on driver seat vibration characteristics of crawler-type combine harvester / L. Xu, X. Chai, Z. Gao, Y. Li, Y. Wang // *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. – 2019. – No. 12. – Pp. 90-97. – DOI: 10.25165/j.ijabe.20191202.3657.
16. Laceklis-Bertmanis, J. Mathematical model of tractor aggregate / J. Laceklis-Bertmanis, Eriks Kronbergs // *Engineering for rural development*. – 2013 – P. 43-48.
17. Research of simulation on the effect of suspension damping on vehicle ride / S. XueMei, V. Yaxu, F. Jiuchen, Y. Qiuxiao // *Energy Procedia* 17. – 2012. – Pp. 145-151.
18. Adaptive and Robust Active Vibration Control / I. D. Landau et al. // *Springer International Publishing Switzerland 2017 Advances in Industrial Control*. – DOI: 10.1007/978-3-319-41450-8_2.
19. Меликов, И. М. Разработка методов и средств улучшения условий функционирования рабочих органов зерноуборочного комбайна оптимизацией динамических свойств пневматических шин : специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» :

диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Меликов Иззет Мелукович. – Зерноград, 2001. – 175 с.

20. Сиротин, П. В. Экспериментальная оценка плавности хода самоходного кормоуборочного комбайна / П. В. Сиротин, А. Г. Сапегин, С. В. Зленко // Труды НАМИ. – 2017. – № 4 (271). – С. 67-74.

Об авторах:

Сиротин Павел Владимирович, заместитель директора по научно-образовательной работе Института перспективного машиностроения «Ростсельмаш» ФГБОУ ВО «Донской государственной технической университет» (344003, Российская Федерация, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1), доктор технических наук.

Пуляев Николай Николаевич, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, доцент, inpo.msau@gmail.com.

Лесик Максим Алексеевич, главный конструктор тракторов ООО «КЗ «Ростсельмаш» (344065, Российская Федерация, Ростов-на-Дону, ул. Менжинского, 2).

Федорова Дарья Александровна, магистр Института перспективного машиностроения «Ростсельмаш» ФГБОУ ВО «Донской государственной технической университет» (344003, Российская Федерация, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1).

About the authors:

Pavel V. Sirotin, Deputy Director for Scientific and Educational Work, Institute of Advanced Mechanical Engineering «Rostselmash», Don State Technical University (344003, Russian Federation, Rostov-on-Don, Gagarina Square 1), D.Sc. (Engineering).

Nikolay N. Pulyaev, associate professor, Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, inpo.msau@gmail.com.

Maksim A. Lesik, chief tractor designer, KZ Rostselmash LLC (344065, Russian Federation, Rostov-on-Don, Menzhinskogo street, 2).

Dar'ya A. Fedorova, master's degree, Institute of Advanced Mechanical Engineering «Rostselmash», Don State Technical University (344003, Russian Federation, Rostov-on-Don, Gagarina Square 1).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ НА АЛЮМИНИЕВЫЕ ПЛАСТИНЫ РАДИАТОРОВ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

Р. Т. Хакимов¹, О. Н. Дидманидзе²

¹ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Зарубежными и отечественными исследованиями разработан ряд технологических процессов для нанесения на алюминий и его сплавы защитных антикоррозионных покрытий химическим способом. Перед рядом предприятий была поставлена задача разработать конструкцию и типовую технологию изготовления радиаторов секционного типа из алюминия или его сплавов для установки на автомобильные, тракторные, комбайновые и стационарные двигатели с целью уменьшения их веса и снижения стоимости. Целью работы состоит в определении необходимости защиты радиаторов, изготовленных из алюминиевого сплава, выборе способа нанесения защитных пленок на секции радиаторов из известных в литературе и промышленности и проверке коррозионной стойкости полученных защитных пленок в охлаждающих жидкостях согласно техническим условиям эксплуатации радиаторов. Алюминиевые радиаторы нуждаются в защитных антикоррозионных покрытиях, так как работают в агрессивных средах и подвержены окислительному воздействию, следовательно, необходимо выработать методы для их защиты. В качестве таких покрытий на алюминии используют обычно оксидные покрытия. На внутренние поверхности сваренных секций радиаторов ввиду их сложной конфигурации и малого диаметра трубок наносить указанные покрытия электрохимическим способом затруднительно.

Ключевые слова: радиатор; антифриз; вода; охлаждающая жидкость; коррозия.

EXPERIMENTAL STUDIES OF AN AGGRESSIVE ENVIRONMENT IMPACT ON ALUMINUM PLATES OF RADIATORS OF THE COOLING SYSTEM

R. T. Khakimov^a, O. N. Didmanidze^b

^a St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg, Russian Federation

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

Abstract. Foreign and domestic research has developed a number of technological processes for applying protective anti-corrosion coatings to aluminum and its alloys using a chemical method. A number of enterprises were tasked with developing a design and standard manufacturing technology for sectional radiators made of aluminum or its alloys for installation on automobile, tractor, combine and stationary engines in order to reduce their weight and cost. The purpose is to determine the need to protect radiators made of aluminum alloy, select a method for applying protective films to sections of radiators from methods known in the literature and industry, and test the corrosion resistance of the resulting protective films in coolants in accordance with the technical operating conditions of radiators. Aluminum radiators require protective anti-corrosion coatings, since they operate in aggressive environments and are subject to oxidative attack, therefore, it is necessary to develop methods for their protection. Oxide coatings are usually used as such coatings on aluminum. Due to their complex configuration and small diameter of the tubes, it is difficult to apply these coatings electrochemically to the internal surfaces of radiators welded sections.

Keywords: radiator; antifreeze; water; coolant; corrosion.

Введение. Эксплуатация автотракторной техники показала, что в полевых условиях большая тепловая нагрузка выпадает на систему охлаждения двигателя внутреннего сгорания и его составных элементов, при этом основным регулятором температуры служит радиатор, который постоянно подвержен агрессивным коррозионным воздействиям теплоносителя [1, 2, 3, 4]. По условиям эксплуатации внутренняя поверхность радиатора подвергается химическому воздействию: водопроводной, почвенной воды разной степени агрессивности при температурах от 0°С до температуры кипения и антифриза при температуре от -40 до +100°С [5]. Анализируя источник [5], предполагается, что алюминиевые радиаторы нуждаются в защитных антикоррозионных покрытиях. В качестве таких покрытий на алюминии используют обычно оксидные покрытия. Как указывалось ранее, согласно техническим условиям, радиаторы должны быть предохранены от коррозионного разрушения в течении 3...5 лет.

Целью настоящей работы являлось:

- подбор химических способов нанесения защитных покрытий (оксидных, хроматных, фосфатных) на радиаторы из сплава алюминия марки АМц.
- определение необходимости защиты радиаторов, изготовленных из алюминиевого сплава марки АМц;

- испытание образцов пластин без защитного покрытия с учетом различных условий технологической обработки металлов.

Методика работы в процессе исследования проводилась в несколько этапов:

- выбор коррозионностойкого защитного покрытия для пластин радиаторов;

- испытание образцов пластин без защитного покрытия с учетом различных условий технологической обработки металлов;

- нанесение защитного покрытия на опытную партию радиаторных секций и коррозионные испытания образцов в лабораторных условиях;

- контроль качества покрытий осуществлялся визуально по внешнему виду пластин и капельным методом.

Результаты исследования. В процессе испытания образцов пластин без защитного покрытия учитывались различные условия технологической обработки металлов (при поставке, после штамповки и травления, перед сваркой) и окружающей среды используемого агрессивного теплоносителя (при $T = 20^{\circ}\text{C}$, 65°C , 100°C и относительной влажности 100 %; при использовании водопроводной воды при $T = 100^{\circ}\text{C}$; использования антифриза при $T = 100^{\circ}\text{C}$), более подробнее о результатах данных исследований дается в источнике [1].

Толщина пленки накипи увеличивается с повышением температуры испытаний. Однако характер пленки для различных температур неодинаков. При температуре $18...20^{\circ}\text{C}$ на всех образцах образуется ровная блестящая серая с желтизной пленка, защищающая металл от коррозии. Пленка легко удаляется раствором для удаления накипи. После удаления пленки на поверхности металла при увеличении в 12 раз (далее при $\times 12$) обнаружены отдельные очень мелкие и неглубокие точки. Эта незначительная точечная коррозия произошла в начальный период испытаний, т.е. в период формирования защитной пленки.

При температуре 65°C на образцах в состоянии поставки образуется неровная пленка черного цвета с белыми точками продуктов коррозии и накипи. Эта пленка покрывает почти всю поверхность образца. Потеря веса и точечная коррозия наблюдается еще до снятия накипи. После удаления накипи и пленки точечная

коррозия обнаружена по всей поверхности образцов только при увеличении в 12 раз.

При температуре 100°C на всех образцах, независимо от технологической обработки, образуется матовая пленка. Кроме того, на образцах после травления имеются на всей поверхности отдельные небольшие черные пятна. При этой температуре наблюдается максимальный привес образцов за счет образования накипи. Привес образцов остается даже после удаления накипи. На поверхности образцов имеются отдельные участки местной коррозии, особенно в местах изгибов.

Испытания при относительной влажности 100 % при температуре 18...20°C над поверхностью агрессивной воды, показали полное отсутствие коррозии, внешний вид образцов остался неизменным.

После 200 часов испытаний образцы покрылись как с внутренней, так и с наружной стороны плотной черной пленкой, а на сварных швах появились участки коррозионных поражений, которые видны невооруженным глазом. Дальнейшие испытания были прекращены.

Наличие распорного кольца из дюралюминия не привело к существенному изменению коррозионного поведения алюминия марки АМц.

Испытания в водопроводной воде г. Санкт-Петербурга (таблица 1) доказали, что образцы, независимо от технологической обработки, покрыты матовой пленкой. Пленка во многих местах, особенно на изгибах канавок, имеет нарушения. На местах наружной пленки при увеличении наблюдается точечная коррозия при длительных испытаниях в водопроводной воде.

Общая скорость коррозии в водопроводной воде несколько больше, чем в агрессивной воде, видимо за счет большего содержания хлор-иона. Испытания в антифризе показали полное отсутствие коррозии; внешний вид образцов остался неизменным.

Испытания образцов сварных секций показали, что на отдельных участках сварного соединения металл обладает пониженной коррозионной стойкостью и после 200 часов испытаний видны коррозионные поражения.

Таблица 1 – Результаты испытаний образцов без защитного покрытия в водопроводной воде (температура 100°С, продолжительность 1000 час.)

Технологическая обработка металла	№ образца	Средняя скорость коррозии в г/м ² час		Состояние поверхности
		без удаления пленки	после удаления пленки	
В состоянии поставки	061	0,0035	0,0075	Поверхность покрыта матовой пленкой. Пленка во многих местах нарушена. При x12 – точечная коррозия на местах нарушения пленки
	062			
	063			
	064			
	065			
После штамповки	071	0,0029	0,0060	Поверхность покрыта матовой пленкой, в местах изгибов пленка нарушена вдоль канавок. При x12 – точечная коррозия в местах нарушения пленки
	072			
	073			
	074			
	075			
После травления сваркой	066	0,0018	0,0057	-"
	067			
	068			
	069			
	070			

Понижение коррозионной стойкости сварных соединений вызвано наложением дополнительных напряжений и нарушением пассивной пленки на поверхности металла при роликовой контактной сварке. Однако коррозионные поражения сварных соединений наблюдаются только на внешней, не рабочей поверхности секции, т.е. только на поверхности, по которой проходит ролик.

На внутренней рабочей поверхности секции коррозия за счет нарушения поверхности металла и дополнительных напряжений не происходит, так как нарушений при сварке быть не может и агрессивная среда не подходит к сварному соединению, благодаря тому, что пластины сдавливаются роликами и плотно прилегают друг к другу вдоль сварного соединения.

Поскольку все же алюминий склонен к точечной коррозии, то после длительной эксплуатации алюминиевых радиаторов

перфорация стенок его секций не исключена и вследствие этого требует нанесения защитных покрытий.

Выбор коррозионностойкого защитного покрытия. При выборе способа защиты поверхности радиаторных пластин из алюминиевого сплава марки АМц были нанесены покрытия и испытана коррозионная стойкость пленок, полученных методом хромирования [6], голубого оксидирования [7], фосфатирования [8] и хромо-фосфатирования [9]. Состав растворов и режим работы в них приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние состава раствора и режима нанесения защитной пленки на коррозионную стойкость радиаторных пластин при ускоренных испытаниях

Вид обработки радиаторных пластин из сплава АМц	Состав растворов и их концентрация в г/л						Режим работы		Устойчивость пленки при испытании капельным методом, мин	Цвет образцов после обработки
	фосфорная кислота	фтористый натрий	хромовый агидрид	плавиковая кислота	кремнефтористый натрий	двуххромовоокислый калий	температура, С	продолжительность, мин		
Фосфатирование	64	5	10	-	-	-	18-20	6, 10, 15	1,5-1	Бледно-золотистый
То же	12	3,1	3,6	-	-	-	то же	то же	1,5-1	
-"-	24	5	6,8	-	-	-	-"-	-"-	1,5-1	Золотисто-радужный
Фосфатное голубое оксидирование	50	-	7	4	-	-	-"-	10	2,5-3,5	Бледно-голубой
Хроматирование	-	-	5	-	5	-	-"-	10	2,5-4	Бурый
Хромо-фосфатирование	111,5	1,82	-	-	-	30,8	46-48	60	до 30	Салатный

Защитная пленка должна была наноситься на пластины, сваренные контактно-роликовой сваркой, требующей предварительных подготовительных операций: обезжиривания с одновременным травлением и пассивирования.

Непосредственно перед покрытием пластины обезжиривали в растворе следующего состава:

Тринатрийфосфат – 50 г/л;

Жидкое стекло – 30 г/л;

Едкий натр – 8 г/л.

Температура раствора 45...50 °С, продолжительность процесса обезжиривания – 10 минут. При некоторых способах нанесения защитных пленок, например, при хроматировании, необходима предельная обработка в растворе, содержащем 250...260 г/л серной кислоты и 30 г/л хромового ангидрида при температуре 50 °С. Продолжительность процесса – 10 минут.

Определение качества нанесенной защитной пленки проводилось, в первую очередь, капельным способом. Пленки, показавшие наибольшую устойчивость, подвергались коррозионным испытаниям при различных температурах и в разнородных средах.

Пленки, полученные методами фосфатирования, голубого оксидирования, хроматирования и хромо-фосфатирования, показали различную стойкость при испытании капельным методом. Результаты испытания приведены в таблице 2. Наиболее устойчивой оказалась пленка, полученная по методу хромо-фосфатирования (таблица 2, раствор 5).

На коррозионную стойкость испытывались образцы пластин с хроматным защитным покрытием, рекомендованным в работе [6] для алюминия марки А00, и с фосфатно-хроматным защитным покрытием с естественной и принудительной сушкой.

Результаты испытаний образцов с хроматной пленкой (таблица 2, раствор 5) показали, что пленка нарушена по всей поверхности в виде очагов, пятен и полос (таблица 3). В местах нарушений металл обнажен и подвержен такой же коррозии, как образцы без защитного покрытия.

Процесс нарушения пленки начинается после первых 100 часов испытаний как в агрессивной, так и в водопроводной воде. При испытаниях в антифризе на поверхности пленки (за исключением цвета пленки) изменений не наблюдается.

Таблица 3 – Результаты испытаний образцов с защитной хроматной пленкой (температура испытаний – 100°С, продолжительность – 1000 час.)

Среда	№ образца	До удаления накипи		После удаления накипи	
		ср. скорость образования накипи г/м ² час	состояние поверхности	ср. скорость коррозии г/м ² час	состояние поверхности
Вода агрессивная	55	0,0032	Цвет пленки изменился с золотистого на грязно-серый. Пленка нарушена по всей поверхности в виде очагов, пятен, полос. При x12 коррозия в местах нарушения пленки	0,0032	То же, что и до удаления накипи
	56				
	57				
	58				
	59				
Вода водопроводная	60	-0,0016	Цвет пленки изменился с золотистого до серо-желтого. Пленка нарушена по всей поверхности. Места нарушений черного цвета и при x12 на них видна местная коррозия	0,005	"-"
	61				
	62				
	63				
	64				

Радиаторные пластины покрывались защитной пленкой как с внешней, так и с внутренней стороны. По условиям эксплуатации радиатора только внутренняя поверхность пластины является рабочей.

Вывод. По итогам исследований достигли следующее:

1. Обследованы способы нанесения защитных пленок на секции радиаторов, изготовленных методом контактно-роликовой сварки из алюминиевого сплава марки АМц в хроматных и фосфатных растворах.

2. Установлено, что покрытие, полученное в хромофосфатном растворе при температуре $48 \pm 2^\circ\text{C}$, в течение 50 мин с последующим наполнением в растворе хромового ангидрида и сушкой в течение 24 часов на воздухе, защищает сплав алюминия марки

АМц от коррозии в водопроводной и синтетической агрессивной воде при температуре от 18 °С до 100 °С. Для интенсификации процесса можно исключить операцию наполнения 1 и ввести принудительную сушку при температуре 150...200 °С в течение 10...20 мин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стромберг, А. Г. Физическая химия / А. Г. Стромберг, Д. П. Семченко. – М. : Высшая школа, 2006. – 528 с.
2. Хакимов, Р. Т. Стендовые гидродинамические исследования моделей роторных алюминиевых радиаторов / Р. Т. Хакимов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2016. – № 26. – С. 24-27.
3. Исследование процессов электроосаждения кадмиевых покрытий / Д. А. Шувалов, Е. А. Архипов, Н. С. Григорян, Д. А. Жирухин, К. Н. Смирнов, Т. А. Ваграмян / Успехи в химии и химической технологии. ТОМ XXXII. – 2018. – № 13 – С. 42-43.
4. Кошель, С. Г. Химические реакторы / С. Г. Кошель, Е. С. Соболева, А. В. Павлов / М-во образования и науки Рос. Федерации, Яросл. гос. техн. ун-т. – Ярославль : Изд-во ЯГТУ, 2013. – 76 с.
5. Кротов, И. В. Получение пленок фосфатов алюминия и хрома на алюминии и его сплавах / И. В. Кротов, В. В. Гринин, И. А. Запольская / Журнал прикладной химии. – 1975. – Том 31. – 33 с.
6. Салова, Т. Ю. Разработка инструментария оценки температурного режима системы охлаждения двигателя / Т. Ю. Салова, Д. В. Смирнов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2021. – № 55. – С. 71-76.
7. Зейнетдинов, Р. А. Оптимизация радиатора охлаждающей системы поршневого двигателя применением принципа минимизации энтропии / Р. А. Зейнетдинов, В. В. Александров // Известия Международной академии аграрного образования. – 2019. – № 45. – С. 25-30.
8. Хакимов, Р. Т. Энергоэффективность газового двигателя внутреннего сгорания / Р. Т. Хакимов, О. Н. Дидманидзе, Л. О. Какава // Известия Международной академии аграрного образования. – 2019. – № 47. – С. 42-47.
9. Постников, Н. С. Коррозионностойкие алюминиевые сплавы / Н. С. Постников. – М. : Металлургия, 1976. – 300 с.
10. Дзюба, Е. Ю. Анализ средств оценки конструкции и работ по алюминиевым радиаторам, проводимых в лаборатории «ОНИЛТА» / Е. Ю. Дзюба, Р. Т. Хакимов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2015. – № 25-1. – С. 99-101.
11. Температурные показатели охлаждающих жидкостей для аккумуляторов электротракторов и электромобилей / О. Н. Дидманидзе, Е. П.

Парлюк и др. // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2023. – Т. 17. – № 4. – С. 55-61.

12. Экспериментальные исследования алюминиевых пластин авто-тракторных радиаторов в агрессивных средах / Р. Т. Хакимов, К. О. Ланглиц и др. // Известия Международной академии аграрного образования. – 2023. – № 67. – С. 153-158.

13. Данилова, А. И. Установка дополнительного радиатора охлаждения для предотвращения перегрева автоматической коробки передач / А. И. Данилова, А. С. Афанасьев // Обществознание и социальная психология. – 2022. – № 5-2 (35). – С. 102-106.

14. Afanasyev, A. S. Simulation model of the organization of technological transport movement at a mining enterprise / A. S. Afanasyev, A. M. Egoshin, S. V. Alekseev // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Сер. «International Conference on Innovations, Physical Studies and Digitalization in Mining Engineering, IPDME 2020». – 2021. – С. 012008.

15. Didmanidze, O. N. Heat and mass transfer of multicomponent gas mixtures in cryogenic tank of automotive equipment / O. N. Didmanidze, A. S. Afanasyev, R. T. Khakimov // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Сер. «International Conference on Actual Issues of Mechanical Engineering, AIME 2021». – 2021. – С. 012024.

Об авторах:

Хакимов Рамиль Тагирович, профессор ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (196601, Россия, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, дом 2), доктор технических наук, haki7@mail.ru.

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

About the authors:

Ramil T. Khakimov, professor, St. Petersburg State Agrarian University (196601, Russian Federation, St. Petersburg, Pushkin, Peterburgskoe highway 2), D.Sc. (Engineering), haki7@mail.ru.

Otary N. Didmanidze, Head of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, didmanidze@rgau-msha.ru.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ УТИЛИЗАЦИИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ

**О. Н. Дидманидзе¹, А. В. Евграфов¹, Н. Н. Пуляев¹,
С. И. Харитонов²**

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

² ФГБНУ «ФНЦ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье рассмотрены проблемы обеззараживания и использования сточных вод животноводческих комплексов. Актуальность этой проблемы обусловлена большим количеством образующихся животноводческих стоков, что связано с переводом на бесподстилочное содержание животных с применением систем гидросмыва. Данное обстоятельство привело к серьезному обострению проблемы охраны окружающей среды: нитратному и микробному загрязнению почв, воздуха, поверхностных и грунтовых вод, поскольку аграрный сектор занимает значительное место в экономике страны и имеется большое количество животноводческих комплексов. Микробное и общее загрязнение в районе расположения таких комплексов во много раз превышает естественный фон.

Ключевые слова: животноводческие стоки, животноводческие комплексы, патогенная микрофлора, гидролиз, обеззараживание, технология обработки, жидкая фракция, экология.

TECHNICAL MEANS FOR THE ENVIRONMENTALLY SAFE DISPOSAL OF LIVESTOCK WASTE

**O. N. Didmanidze^a, A. V. Evgrafov^a, N. N. Pulyaev^a,
S. I. Kharitonov^b**

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

^b Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation

Abstract. This article discusses the problems of disinfection and use of wastewater from livestock complexes. The urgency of this problem is due to the large number

of livestock effluents generated, which is associated with the transfer to bespoke animal husbandry using hydraulic washing systems. This circumstance has led to a serious aggravation of the problem of environmental protection: nitrate and microbial pollution of soils, air, surface and groundwater, since the agricultural sector occupies a significant place in the country's economy and there are a large number of livestock complexes. Microbial and general pollution in the area of the location of such complexes is many times higher than the natural background.

Keywords: *livestock runoff, livestock complexes, pathogenic microflora, hydrolysis, disinfection, processing technology, liquid fraction, ecology.*

Перевод животноводства на промышленную основу обусловил появление новой проблемы сбора, удаления, хранения, обеззараживания и использования сточных вод животноводческих комплексов и ферм промышленного типа [5].

Важность этой проблемы с точки зрения охраны окружающей среды обусловлена: большим количеством образующегося навоза и навозных стоков (более 1,2 млрд м³ в год), высокой концентрацией органических веществ в них и значительной санитарно-эпидемической опасностью. Для крупных хозяйств объем жидких стоков подлежащих утилизации составляет от 100 до 1500 куб. м в сутки.

Принято, что навоз влажностью до 90 % является полужидким, более 95 % – жидким, а свыше 95 % – навозные сточные воды [6]. К животноводческим стокам относится жидкая фракция, получаемая после разделения животноводческих стоков.

Существуют различные технологии подготовки сточных вод. Наиболее распространенными являются: разделение на твёрдую и жидкую фракции (рисунок 1).

Технология обработки животноводческих стоков с разделением на твёрдую и жидкую фракцию обычно применяется для уменьшения затрат на хранение.

Состав животноводческих стоков зависит от способа содержания животных, поголовья, возраста и вида, рационов кормления и других условий.

Эпидемическая опасность навозных стоков животноводческих комплексов состоит не только в наличии патогенных микроорганизмов и их высокой концентрации, но и длительных сроках выживаемости, до 4-х месяцев. В холодное время даже более

длительный период выдерживания стоков не обеспечивает их полной дегельминтизации.

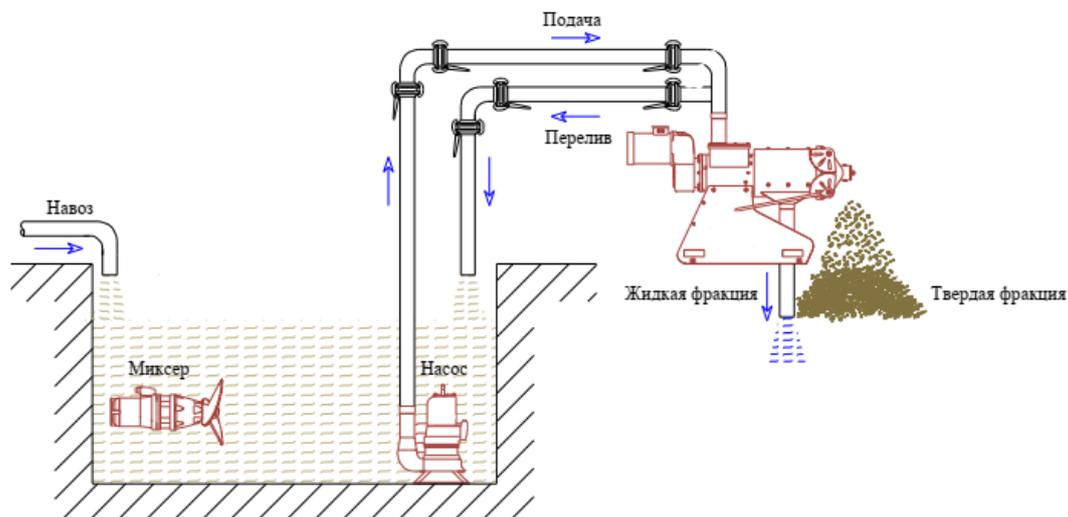


Рисунок 1 – Технология обработки животноводческих стоков с разделением на твёрдую и жидкую фракцию

Биологическая дегельминтизация жидкой фракции свиного навоза осуществляется выдерживанием в секционных прудах-накопителях (рисунок 2):

- в весенне-летний период – не менее 6 месяцев;
- в период осеннего накопления – в течение 9 месяцев [1].

Ситуация, когда навозохранилища заполнены на 80...100 %, не оборудованы площадки для хранения навоза, территории ферм занавожены, является типичной для большинства хозяйств. Что приводит к загрязнению прилежащих рек и озер (в т.ч. которые входят в систему водозабора), грунтовых вод. Ситуация крайне обостряется во время паводка и ливневых дождей, когда уровень рек и грунтовых вод резко поднимается.

При поступлении в водоемы отходов животноводства, изменяются химический состав и физические свойства воды, растительный и животный мир водоемов. В поверхностных водоемах при возрастании количества азота до 2,0 мг/л и фосфора до 0,25 мг/л начинается бурное развитие водорослей, а концентрация аммиака в 1 мг/л вызывает гибель рыбы. При попадании в проточные водоемы патогенной микрофлоры она может переноситься на расстояние до 200 км [2, 3].



Рисунок 2 – Пруды-накопители

Внесение сточных вод в почвы лугов и пастбищ загрязняет растения возбудителями болезней. Пробы травы и сена с заливных лугов содержат патогенные микроорганизмы даже спустя 8 месяцев после последнего внесения.

При внесении в почву инфицированных стоков возбудители инфекции проникают в почву на глубину 1,5 м и выживают в ней и на растениях в течение всего вегетационного периода [4].

Для обеззараживания сточных вод животноводческих комплексов разработан узел обеззараживания, принцип работы которого основан на электролизе.

Во время обработки воды (электрическим током) все молекулярные структуры распадаются на ионы. Вода насыщается высокоактивными веществами – окислителями и восстановителями. Под действием электрического тока, а также высокоактивных окислителей и восстановителей, происходит деструкция микроорганизмов всех видов и форм. В результате происходит гибель и

разложение бактерий, спор, грибов микроорганизмов на простые вещества (в частности, на воду, углекислый газ).

В процессе электролизного обеззараживания воды микроорганизмы нейтрализуются воздействием гипохлорита натрия, озона, перекиси водорода и других химических элементов и соединений, которые выделяются и образуются на электродах установки при пропускании через жидкость постоянного электрического тока. Источником «сырья» для получения всех перечисленных веществ являются содержащиеся в любой неочищенной воде соли, а также составляющие её водород и кислород.

Обеззараживание воды достигается за счет следующих физико-химических процессов:

во-первых, за счет сильного обеззараживающего эффекта постоянного электрического тока;

во-вторых, за счет химического воздействия на бактерии, вирусы, зоо- и фитопланктон сильных окислителей, таких как перекись водорода, озон, атомарный кислород.

Конструкция узла обеззараживания приведена на рисунке 3. Принцип работы основан на покачивании животноводческих стоков между конструктивными элементами, представляющими собой катод и анод.

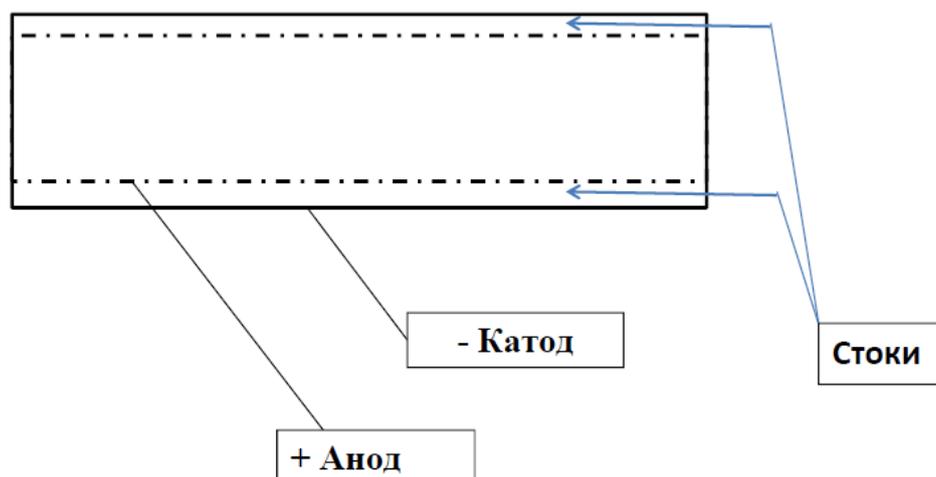


Рисунок 3 – Конструкция узла обеззараживания

При проведении исследований узел обеззараживания располагался на входе в лагуну (рисунок 4). Такое расположение позволяет сократить время карантина животноводческих стоков.

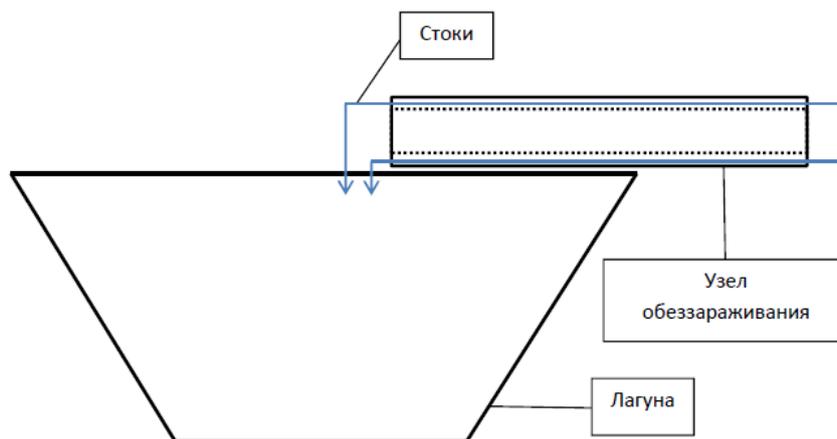


Рисунок 4 – Расположение узла обеззараживания

В таблице 1 представлены результаты работы узла обеззараживания, из которых видно, что после обработки наблюдалось полное уничтожение патогенных микроорганизмов. Мощность электрического тока, во время проведения эксперимента, составляла 60 Вт.

Таблица 1 – Результаты обеззараживания животноводческих стоков

№ п/п	Наименование показателей	Содержание до обработки	Содержание после обработки
1	Термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ)	выделены $8,4 \times 10^{12}$ КОЕ в 100 мл	не выделено
2	Общие колиформные бактерии (ОКБ)	выделены $8,4 \times 10^{12}$ КОЕ в 100 мл	не выделено
3	Колифаги	не выделены	не выделено
4	Патогенные энтеробактерии	не обнаружены	не обнаружено

Таблица 2 – Затраты на обеззараживание животноводческих стоков

№ п/п	Наименование	Количество
1	Поголовье свиней, тыс. голов	50
2	Суточный объем жидких стоков, м ³ /сут.	900
3	Затраты электроэнергии на обработку 1 м ³ жидких стоков, кВт*час	0,026
4	Тариф электроэнергии для малых предприятий и ИП в месяц на сентябрь 2023 г. (Атомэнергосбыт, Тверская обл.), руб./кВт*час с НДС	9,93
5	Стоимость обеззараживания в год, руб.	83650,32

Стоимость такого способа обеззараживания на 50 тыс. голов свиней составит 83650,32 руб. год в ценах 2023 года (таблица 2).

Преимущества узла обеззараживания:

1. Не образует высокотоксичных веществ, включая канцерогенные, мутагенные в отличие от хлорирования.
2. Не происходит репарации (фотореактивации) под действием солнечного света микроорганизмов после обработки, не зависит от прозрачности обрабатываемых жидких стоков, по сравнению с УФО.
3. Экономически эффективный по сравнению с озонированием.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 17.1.2.03-90 Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294835/4294835642.pdf?ysclid=lu4b2xvin3301415734>.
2. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водоемов организация госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод. Методические указания. МУ 2.1.5.800-99 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://10.rospotrebnadzor.ru/upload/medialibrary/063/mu-2.1.5.800_99.pdf?ysclid=lu4b0yjo51762399541.
3. САНПИН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115?ysclid=lu4aym65r223909450>.
4. ГОСТ 34786-2021 «Вода питьевая. Методы определения общего числа микроорганизмов, колиформных бактерий, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa и энтерококков» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200181561?ysclid=lu4b434koi399933367>.
5. Санитарно-микробиологический санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов. Методические указания МУК 4.2.1884-04) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200039680?ysclid=lu4b4z7p76893529992>.
6. Методические рекомендации по проектированию систем удаления, обработки, обеззараживания, хранения и утилизации навоза и помета РД-АПК 1.10.15.02-17 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/a56/a5693aed3e51c77b39aec17bd77b88d0.pdf?ysclid=lu4b64dhsm728917744>.

Об авторах:

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

Евграфов Алексей Владимирович, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, labpoliv@list.ru.

Пуляев Николай Николаевич, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, доцент, pulyaev@rgau-msha.ru.

Харитонов Станислав Игоревич, старший научный сотрудник ФГБОУ «ФНЦ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, корп. 2), s9169645595@yandex.ru.

About the authors:

Otary N. Didmanidze, head of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), academician of the Russian Academy of Sciences, D.Sc. (Engineering), professor, didmanidze@rgau-msha.ru.

Alexey V. Yevgrafov, associate professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), labpoliv@list.ru.

Nikolay N. Pulyaev, associate professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), pulyaev@rgau-msha.ru.

Stanislav I. Kharitonov, senior researcher, Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov (127434, Russian Federation, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya str., 44, building 2), s9169645595@yandex.ru.

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ВОСПРОИЗВОДСТВА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

П. Н. Косов

АО «Росагролизинг», г. Москва, Российская Федерация

***Аннотация.** В работе обобщен опыт передовых зарубежных стран по формам совместного машиноиспользования, направленный на рациональное ресурсоиспользование сельскохозяйственных товаропроизводителей, проведен анализ мер государственной поддержки воспроизводства машинно-тракторного парка сельскохозяйственных товаропроизводителей, что представляется актуальным для адаптации в отечественной практике в условиях стабильно сохраняющегося дефицита техники и низких темпов его обновления.*

***Ключевые слова:** воспроизводство; сельское хозяйство; машинно-тракторный парк (МТП); совместные формы машиноиспользования; государственная поддержка.*

FOREIGN EXPERIENCE OF REPRODUCTION OF THE MACHINE AND TRACTOR PARK IN AGRICULTURE

P. N. Kosov

JSC «Rosagroleasing», Moscow, Russian Federation

***Abstract.** The paper summarizes the experience of advanced foreign countries in the forms of joint machine use aimed at rational resource use of agricultural producers, analyzes measures of state support for the reproduction of the machine and tractor fleet of agricultural producers, which seems relevant for adaptation in domestic practice in conditions of a steadily persisting shortage of equipment and low rates of its renewal.*

***Keywords:** reproduction; agriculture; machine and tractor park; joint forms of machine use; state support.*

Основные положения государственной аграрной политики в зарубежных странах с развитым сельским хозяйством направлены на создание и совершенствование механизмов стимулирования расширенного воспроизводства машинно-тракторного парка (МТП) сельскохозяйственных товаропроизводителей, разработку мер аграрной протекционистской внешней и внутренней

политики. Изучение зарубежного практического опыта передовых стран позволяет адаптировать наиболее прогрессивные подходы в целях ускоренного перехода к расширенному виду воспроизводства МТП аграрного сектора России.

Одним из важнейших аспектов стимулирования расширенного воспроизводства МТП в зарубежных странах является поддержка аграрного сектора государством. В США и странах ЕС фермерские хозяйства воспроизводят наиболее капиталоемкие элементы материально-технической базы за счет средств, выделяемых правительством для компенсации производственных затрат в расчете на гектар пашни. Таким образом, повышение производительности труда или рост эффективности производства является важным мотивирующим фактором для приобретения более современных и производительных машин в зарубежных странах. Механизм стимулирования освоения нововведений сельскохозяйственным производством включает государственную льготную кредитно-финансовую поддержку, которая не только обеспечивает жизнеспособность фермерских хозяйств, но и стимулирует приток капитала в аграрный сектор, и, в первую очередь, на освоение научно-технических достижений. Особое место в системе инвестиционного кредитования занимают кредиты на покупку инновационной техники и передовых технологий. Они предоставляются как в рамках сообщества (Евросоюз), так и в каждой отдельной стране.

К специальным мерам государственного стимулирования расширенного воспроизводства МТП в сельском хозяйстве зарубежных стран можно отнести, на наш взгляд, следующие (рисунок 1).

На современном этапе в странах ЕС широко распространены «горизонтальные» формы кооперации – машинные товарищества по обмену техникой (машинные ринги, машинные кружки, «машинные списки»). Такие товарищества по совместному использованию техники широко распространены, помимо Западной Европы, также в Бразилии, Японии [1, 2]. Большое количество мелких фермерских хозяйств в странах ЕС приводит к большой численности МТП (поскольку производительность многих современных машин превышает фактическую потребность не только мелких, но и средних ферм, и тракторы и различные комбайны

загружены в лучшем случае на 30 % их мощности). При этом стоимость современной техники высока, и становится все выше. Это вынуждает фермеров искать возможности снижения затрат через совместное использование сельскохозяйственных машин.

Меры, снижающие диспаритет цен на продукцию сельского хозяйства и продукцию энергетической, промышленной, транспортной отраслей

- освобождение от транспортного налога
- льготная ставка НДС на сельскохозяйственные ресурсы и технику
- льготная ставка на топливно-энергетические ресурсы

Меры, стимулирующие развитие и внедрение новых технологий в сельском хозяйстве

- создание институциональных условий (развитие организационных структур и кооперационных отношений) между научными организациями, производством и потребителями

Меры, стимулирующие инвестиции в расширенное воспроизводство МТП

- прямые государственные субсидии, льготные кредиты, специальные государственные программы
- гибкие нормы и методы начисления амортизации
- "принудительные" инвестиции - штрафы и санкции для сельхозтоваропроизводителей за использование машин и механизмов, значительно ухудшающих экологическое состояние окружающей среды и т.п.
- развитие условий для инвестирования ("устойчивые облигации")

Рисунок 1 – Основные меры государственного стимулирования расширенного воспроизводства МТП в сельском хозяйстве зарубежных стран

Источник: составлено автором с учетом исследований [2, 3, 4, 5]

Например, «машинные ринги», получившие распространение в ряде стран ЕС. Аналогичная форма совместного машиноиспользования под названием «машинные списки» распространена в Швеции. Организация и сущность таких объединений аналогична «машинным рингам». «Машинные ринги» («машинные списки») не обладают юридическим статусом. В Австрии и Люксембурге подобные объединения существуют под названием «машинные кружки».

Во Франции подобные вышеописанным формы совместного машиноиспользования должны быть оформлены юридически, как некоммерческая ассоциация. Статус таких «кружков по обмену техникой» определяется специальным законом. Члены ассоциации оплачивают небольшие комиссионные взносы (обычно в размере

1...2 % от суммы оплаты использования ими сельскохозяйственных машин), и эти взносы используются для покрытия информационно-организационных затрат ассоциации.

Как зарубежный, так и отечественный опыт создания машинно-тракторных станций (МТС) свидетельствует о большой практической ценности организации совместного машиноиспользования с целью снижения инвестиционных затрат, особенно на современном этапе развития сельскохозяйственного производства. Тем не менее, на наш взгляд, разница в условиях хозяйствования, сложившихся основах сельскохозяйственного производства и условиях воспроизводства МТП приводит к кардинальным различиям в развитии форм совместного машиноиспользования в зарубежных странах и в России.

Низкий уровень механизации сельского хозяйства России делает практически бессмысленными попытки «обмена техникой» в малых и средних хозяйствах, поскольку меняться практически не с кем и практически нечем, а крупные хозяйства не желают меняться техникой на некоммерческой основе. МТП отдельных сельхозтоваропроизводителей является малочисленным и состоит зачастую из одного или нескольких тракторов, комбайна и набора машин. В то же время огромные площади земель для обработки (даже в малых хозяйствах) и специфика сельского хозяйства (сезонность работ, необходимость соблюдения технологических сроков работ и технологий работ и т.д.) с учетом недостатка МТП у российских сельхозтоваропроизводителей иногда просто не дает возможности выделить «недозагруженную» технику для выполнения работ в других хозяйствах, поскольку необходимо выполнить вовремя свой цикл работ, чтобы не потерять урожай вообще.

На основании проведенного анализа мы можем сделать вывод, что в объективных условиях современного развития сельского хозяйства в России с учетом географических, экономических, технологических, институциональных, правовых и прочих факторов такие организационные формы, как «товарищества по обмену техникой», практически не имеют в настоящее время возможностей для применения и развития в отечественных реалиях. И хотя формы товариществ по обмену техникой (по типу «машинных рингов») в России существуют, они весьма малочисленны, и на

современном этапе не могут способствовать развитию воспроизводственных процессов МТП сельского хозяйства страны.

Что касается влияния размера обрабатываемых земель на необходимую численность МТП, то следует учесть, что в странах Западной Европы и США основу сельскохозяйственного производства составляют семейные фермы. Соответственно, именно они приобретают весь набор машин, необходимый для механизированного и автоматизированного производства сельхозпродукции.

В странах ЕС средняя площадь земель одного фермерского хозяйства составляет 19 га, в Великобритании – 68 га, в США и Канаде – 179 га. Хотя в отдельных странах ЕС средняя площадь земель одного хозяйства больше средней по ЕС (так, удельный вес фермерских хозяйств с площадью более 100 га в Германии составляет 7,3 %; во Франции – 11,9 %; в Дании – 10,7 %), тем не менее удельный вес фермерских хозяйств с площадью более 100 га в целом по ЕС составляет лишь 3,5 %, а основную долю в структуре посевных площадей (57,6 %) занимают хозяйства с площадью до 5 га сельскохозяйственных земель. В Великобритании удельный вес фермерских хозяйств с площадью более 100 га сельскохозяйственных земель составляет 16,7 %.

В США (в связи с размерами этой страны и экономическими условиями развития) сельское хозяйство ориентировано на создание крупных аграрных ферм: так, фермы площадью 800...2000 га владеют 34,8 % всех сельскохозяйственных земель США; фермы площадью более 2000 га – 17,6 % земель. Таким образом, в расчете на 1 га посевов (пашни) для крупных ферм США требуется значительно меньше сельскохозяйственной техники, чем для мелких фермерских хозяйств ЕС. Например, для уборки 100 га описанного выше «условного базового набора» совместно возделываемых культур группе фермерских хозяйств с площадью пашни до 4 га требуется 70 зерноуборочных комбайнов, или 0,44 ед./га. Если же площадь хозяйства занимает более 800 га, то для уборки требуется 0,32 ед./га [4, 6, 7].

Таким образом, нами были выделены основные направления, представляющие на современном этапе наибольший интерес для стимулирования расширенного воспроизводства МТП в сельском хозяйстве России. К ним относятся:

- создание правовых и институциональных условий для развития МТК;
- государственная поддержка аграрного лизинга как наиболее действенного инструмента государственной поддержки сельского хозяйства;
- стимулирование производителей сельскохозяйственной техники к разработке и внедрению современных и инновационных машин;
- развитие систем переноса результатов научных работ в сельскохозяйственное производство, информационно-консультационного сопровождения внедрения передовых технологий в сельском хозяйстве;
- стимулирование льготного лизинга и инвестиционного кредитования на покупку инновационной техники и передовых технологий.

На наш взгляд, это позволит достаточно целостно обеспечить условия для перехода к расширенному воспроизводству МТП, существенно повысить экономическую эффективность системы технического обслуживания и ремонта машин и оборудования в сельскохозяйственном производстве, увеличить доходность сельских товаропроизводителей, рентабельность производства сельскохозяйственной продукции, усилить ее конкурентоспособность на внутреннем и внешнем продовольственных рынках, а также укрепить продовольственную безопасность страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронов, Е. В. Создание сельскохозяйственных потребительских обслуживающих кооперативов для более рационального использования машинно-тракторного парка / Е. В. Воронов // Региональная экономика: теория и практика. – 2011. – № 12. – С. 33-36.
2. Чутчева, Ю. В. К вопросу совместного использования машинно-тракторного парка в сельском хозяйстве / Ю. В. Чутчева, Ю. С. Коротких // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. – 2021. – № 2. – С. 126-133.
3. Косов, П. Н. Воспроизводство машинно-тракторного парка аграрного сектора в условиях ESG-трансформаций / П. Н. Косов, Ю. В. Чутчева // Экономика сельского хозяйства России. – 2022. – № 9. – С. 25-30.

4. Рынок сельскохозяйственной техники: проблемы и перспективы развития : аналит. обзор / В. Н. Кузьмин, П. И. Бурак, И. Л. Орсик и др. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 200 с.

5. Совершенствование инструментов управления материальными ресурсами в сельском хозяйстве на основании зарубежного опыта / С. В. Макрак, И. Н. Кохнович, Д. Н. Гридюшко, Т. В. Собалевская // Аграрная экономика. – 2023. – № 9. – С. 78-94.

6. Субаева, А. К. Воспроизводство технического потенциала сельского хозяйства / А. К. Субаева // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – Т. 13. – С. 1231-1235.

7. Экономика устойчивого развития и ESG-трансформация аграрного бизнеса / Д. А. Антонова, Т. И. Ашмарина, Т. В. Бирюкова [и др.]. – М. : ООО «Сам полиграфист», 2024. – 175 с. – ISBN 978-5-00227-190-0.

Об авторе:

Косов Павел Николаевич, генеральный директор АО «Росагролизинг» (125124, Российская Федерация, Москва, ул. Правды, д. 26), соискатель кафедры экономики, alyona.monakhova@gmail.com.

About the author:

Pavel N. Kosov, general director of the Joint-Stock Company Rosagroleasing (127434, Russian Federation, Moscow, Pravda St., 26), applicant of the Department of Economics, alyona.monakhova@gmail.com.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА

**И. И. Габитов¹, А. Ф. Фаюршин¹, П. А. Иофинов²,
Р. Х. Зайнуллин³**

¹ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»,
г. Уфа, Российская Федерация

²Министерство сельского хозяйства Республики Башкортостан, г. Уфа,
Российская Федерация

³ООО МТК «Башсельхозтехника», г. Уфа, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлена оценка эксплуатационной надежности сельскохозяйственной техники с учетом региональных особенностей системы технического обслуживания, капитально-восстановительного ремонта и модернизации техники и определены меры воздействия в сфере государственной поддержки системы технического сервиса сельскохозяйственной техники, научно-технической и кадровой политики.

Ключевые слова: техническая оснащенность; эксплуатационная надежность; сельскохозяйственная техника; государственная поддержка; энергообеспеченность; капитально-восстановительный ремонт; модернизация техники.

ENSURING THE OPERATIONAL RELIABILITY OF AGRICULTURAL MACHINERY, TAKING INTO ACCOUNT THE REGIONAL CHARACTERISTICS OF THE MAINTENANCE AND REPAIR SYSTEM

I. I. Gabitov^a, A. F. Fayurshin^a, P. A. Iofinov^b, R. H. Zainullin^c

^a Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

^b Ministry of Agriculture of the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

^c LLC MTC «Bashselkhoztechnika», Ufa, Russia

Abstract. The article presents an assessment of the operational reliability of agricultural machinery, taking into account the regional characteristics of the maintenance system, capital repairs and modernization of machinery, and defines

measures of influence in the field of state support for the system of technical service of agricultural machinery, scientific, technical and personnel policy.

Keywords: *technical equipment; operational reliability; agricultural machinery; state support; energy supply; capital repairs; modernization of machinery.*

Аграрное производство в России страдает от недостатка энергетических ресурсов. В регионах страны, где удалось стабилизировать резкое снижение технической оснащенности, отмечается уменьшение количества машин, выработавших нормативный срок эксплуатации и средний их возраст. В Республике Башкортостан реализуется программа субсидирования затрат сельхозтоваропроизводителей на проведение капитально-восстановительного ремонта и модернизации техники, которая позволила существенно повысить коэффициент готовности тракторов и комбайнов при увеличении их нормативного срока эксплуатации. Эксплуатационная надежность сельскохозяйственной техники (СХТ) в значительной мере обеспечивается с учетом региональных особенностей системы технического обслуживания и ремонта, которая определяется ведущей и координирующей ролью регионального министерства сельского хозяйства в сфере государственной поддержки системы технического сервиса СХТ, научно-технической и кадровой политикой и связана с субсидированием предприятий технического сервиса; разработкой средств и технологий технического обслуживания и ремонта (импортозамещение); координацией работы для серийного производства новых видов техники; организацией взаимодействия с промышленными предприятиями; поиском и разработкой конструктивных решений по совершенствованию конструкции узлов и агрегатов; созданием дилерами на территории курируемых регионов зональных сервисных центров; повышением квалификации и переподготовкой инженерных кадров; созданием систематизированной каталожной базы данных деталей тракторов и мобильной СХТ; развитием вторичного рынка и системы трейд-ин СХТ [1, с. 1; 2, с. 1; 3, с. 1].

В настоящее время ведется работа по созданию научно-производственной базы по выпуску приоритетных видов техники с последующей локализацией комплектующих деталей и узлов на предприятиях республики, в т.ч. тракторов 4 класса тяги, СХТ для агрегатирования с тракторами 4-5 класса тяги и зерноуборочного

комбайна пропускной способностью 12 кг/сек. Совместно с предприятиями республики Беларусь освоено сборочное производство новых видов СХТ, в т.ч. колесных и гусеничных тракторов, валковых жаток, косилок-плющилок, пресс-подборщиков, смесителей раздатчиков кормов и другой техники.

Новым и эффективным направлением повышения технической оснащенности предприятий является организация капитально-восстановительного ремонта и модернизация находящейся в эксплуатации техники на базе специализированных ремонтных предприятий республики. В процессе модернизации производится замена базовых узлов и агрегатов на новые с улучшением технических характеристик и повышения производительности. Одновременно решается вопрос загрузки производственных мощностей региональных заводов на производство запчастей и их импортозамещение [4, с. 95].

По итогам 2022 года объём работ по ремонту техники, узлов и агрегатов в ремонтных предприятиях республики составил более 1,46 млрд рублей, что превышает объёмы ремонтных работ за прошлые годы (2021 год – 1,42 млрд рублей). Восстановлено изношенных деталей и изготовлено новых запасных частей на сумму более 200 млн руб. Ремонтными и рядом промышленных предприятий республики освоены технологии изготовления более 3000 наименований деталей к различной зарубежной технике. Имеющиеся технологические возможности позволяют увеличить номенклатуру изготавливаемых запасных частей к импортной СХТ (рисунок 1).

С 2018 года созданы и сертифицированы 14 специализированных ремонтных предприятий, оснащенные новым высокотехнологичным станочным и испытательным оборудованием, где внедряются современные технологии восстановления, капитального ремонта и модернизации конструктивно сложной техники.

Государственная поддержка в этой области осуществляется путем субсидирования затрат сельхозтоваропроизводителей до 60 % на проведение капитально-восстановительного ремонта и модернизации находящейся в эксплуатации техники на базе специализированных ремонтных предприятий республики [5]. Это позволило увеличить объёмы работ по ремонту техники в ремонтных предприятиях с 2012 по 2022 г. в 5 раз (рисунок 2).



Рисунок 1 – Производство запасных частей к сельскохозяйственной технике на предприятиях Республики Башкортостан

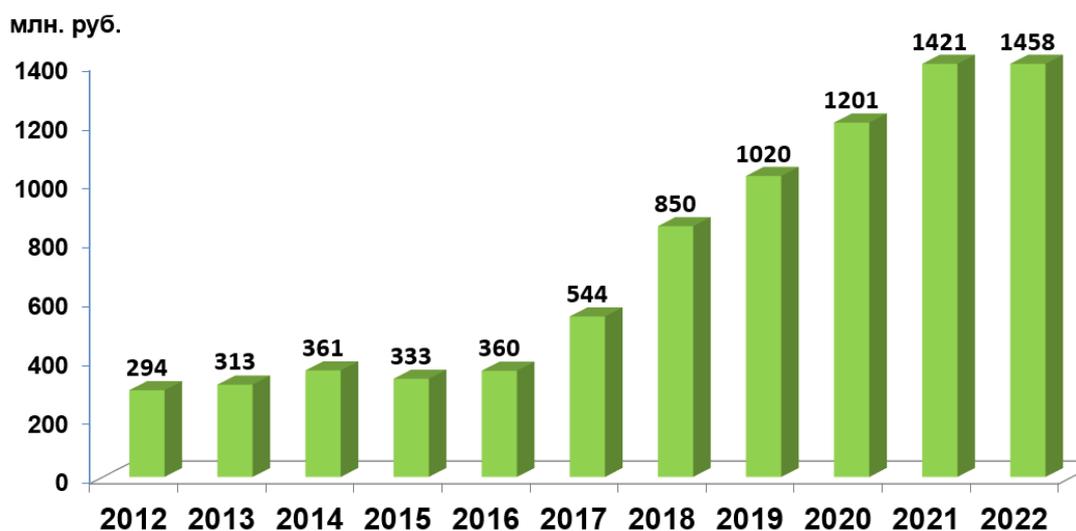


Рисунок 2 – Объемы работ по ремонту техники в ремонтных предприятиях Республики Башкортостан

Одним из важнейших результатов комплексных мероприятий государственной поддержки повышения уровня технической оснащенности машинно-тракторного парка предприятий АПК на региональном уровне является существенное повышение коэффициента готовности тракторов и комбайнов при увеличении их нормативного срока эксплуатации. В значительной мере это достигается организацией капитально-восстановительного ремонта и

модернизации находящейся в эксплуатации техники на базе специализированных ремонтных предприятий республики.

Для координации работ по организации капитального ремонта, модернизации СХТ с 2017 года в Республике Башкортостан функционирует Ассоциация ремонтно-обслуживающих предприятий, которая объединяет 64 предприятия республики по изготовлению, сервисному обслуживанию, ремонту и поставке СХТ. Из них 38 предприятий сертифицировано на выполнение работ по ремонту и модернизации СХТ, 31 предприятие сертифицировано на серийное производство, сборку СХТ и оборудования, 2 предприятия сертифицированы на изготовление запасных частей к СХТ.

Основные направления деятельности Ассоциации:

- загрузка предприятий ремонтным фондом, заказами на изготовление и восстановление деталей;
- координация работы в части приобретения современного специализированного ремонтно-технологического оборудования и изготовления комплектующих для серийного производства новых видов техники;
- взаимодействие с республиканскими промышленными предприятиями по импортозамещению запасных частей к зарубежной технике;
- организация совместно с ООО ПТЦ «Башагропромстандарт» сертификации на соответствие услуг по ремонту и модернизации СХТ и изготовления запасных частей, проведения входного контроля изготавливаемых предприятиями Республики Башкортостан запасных частей к СХТ на базе участка Башкирского ГАУ;
- повышение квалификации и переподготовка кадров совместно с институтом дополнительного профессионального образования Башкирского ГАУ;
- информационное обеспечение, взаимодействие по организации проведения и участия в обучающих семинарах, выставках, развитие поставок техники в регионы России и в зарубежные страны;
- участие в разработке нормативных документов в области технического сервиса;
- развитие вторичного рынка и системы трейд-ин СХТ и пр.

Мерами государственной поддержки предусматривается предоставление субсидий в размере до 50 % специализированным ремонтным предприятиям в составе Ассоциации ремонтно-обслуживающих предприятий агропромышленного комплекса Республики Башкортостан на приобретение станочного и технологического оборудования.

Аттестованными специалистами – учеными университета разрабатываются методики для последующего проведения инструментального контроля качества различных деталей к СХТ, и в первую очередь, изготавливаемых на предприятиях республики.

Одной из ведущих организаций по техническому сервису и ремонтному обслуживанию предприятий и организаций АПК в Республике Башкортостан в составе Ассоциации является ООО МТК «Башсельхозтехника». На территории предприятия функционирует постоянно действующая выставка для демонстрации сельскохозяйственных машин, узлов и агрегатов предприятий-участников в составе Ассоциации, произведенных, в том числе, республиканскими предприятиями. В настоящее время направления деятельности предприятия многоплановы и разносторонни (рисунок 3) [6, с. 99]:

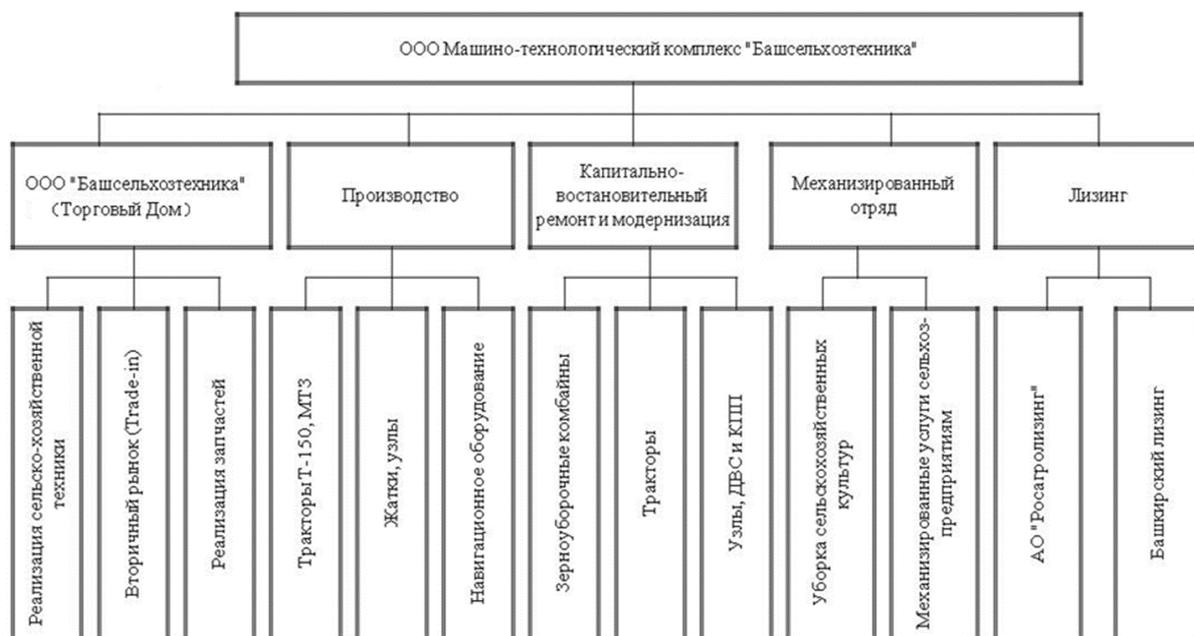


Рисунок 3 – Структура ООО Машино-технологический комплекс «Башсельхозтехника»

- торговля автотракторной, СХТ, оборудованием, запасными частями;
- финансовая аренда (лизинг) СХТ и животных;
- предпродажная подготовка, сервисное, гарантийное и послегарантийное обслуживание реализуемой техники;
- ремонт всех видов СХТ и оборудования;
- производственная сборка отдельных видов СХТ;
- хранение различных товарно-материальных ценностей;
- уборка урожая зерновых культур и подсолнечника.

ООО МТК «Башсельхозтехника» является одним из основных поставщиков новых сельскохозяйственных машин и оборудования на территории Республики Башкортостан. Предприятие является официальным дилером 33 ведущих заводов изготовителей СХТ и запасных частей по России и странам СНГ: АО «Петербургский тракторный завод»; ООО «Брянский тракторный завод»; ОАО «Минский тракторный завод»; ОАО «Минский автомобильный завод»; ООО «Запагромаш»; ООО «Интенсивные технологии»; ОАО «Гомельский завод литья и нормалей» (ГЗЛиН); ОАО «Миллеровосельмаш»; ООО «Большая Земля» и другие. Установлены тесные научно-производственные связи в Башкирском государственном аграрном университетом. Так, силами ООО МТК «Башсельхозтехника» проведен косметический ремонт и оснащен соответствующим оборудованием, оснасткой и методическим материалом специализированный учебный класс на механическом факультете университета. Так же студенты имеют возможность проходить производственную практику непосредственно на рабочих местах предприятия. Для преподавателей и специалистов Башкирского ГАУ организовываются курсы повышения квалификации на заводах-изготовителях, специалисты предприятия проводят занятия со студентами профильных направлений по направлениям подготовки «Агроинженерия» и участвуют в работе комиссий по защите выпускных квалификационных работ.

ООО МТК «Башсельхозтехника» принимает активное участие в разработке и освоении производства многих видов машин и оборудования сельскохозяйственного назначения для предприятий АПК Республики Башкортостан. Одним из основных направлений деятельности предприятия является капитально-

восстановительный ремонт и модернизация СХТ на базе Чишминского филиала ООО МТК «Башсельхозтехника». Все работы выполняются согласно техническим требованиям и в тесном контакте с заводами-изготовителями [7-11]. Практически вся номенклатура производимого ремонта и модернизации подлежит субсидированию из республиканского бюджета и благодаря этому повышается экономическая целесообразность выполнения капитального ремонта вышедшей из строя техники.

Другим предприятием, имеющим собственную материальную базу для технического обслуживания и ремонта и развитую инженерную службу, взаимодействующую с дилерскими центрами и специализированными мастерскими по агрегатному ремонту высокотехнологичных узлов, является ГУСП МТС «Центральная» (рисунок 4).



Рисунок 4 – Производственная структура ГУСП МТС «Центральная»

Ремонтно-технические подразделения МТС Центральная расположены на территориях и базе бывших ремонтно-технических предприятий системы Башсельхозтехника и характеризуются серьезной материально-технической базой. Одной из серьезных проблем в деятельности таких подразделений является загрузка производственных площадей в период спада напряженных сельскохозяйственных работ. Для загрузки предприятия в такие периоды организовано обслуживание и ремонт машин

автотранспортных, строительно-дорожных, коммунальных и др. предприятий в территориальной близости.

С другими предприятиями регионального сельхозмашиностроения Минсельхоз РБ ведет также целенаправленную работу для повышения технической оснащенности [12-14].

Предприятия республики освоили серийный выпуск более 350 видов и модификаций техники, не уступающих по техническим характеристикам зарубежным аналогам, например, самоходная косилка «Чулпан» (аналог МакДон М150). Производитель данной машины АО «БашАгроМаш» (г. Стерлитамак) в 2017 году аккредитован Минпромторгом России в качестве участника федеральной программы субсидирования российских изготовителей техники, а с 2020 года – в качестве поставщика АО «Росагролизинг».

Таким образом эксплуатационная надежность СХТ в значительной мере обеспечивается за счет региональных особенностей системы технического обслуживания и ремонта, которая определяется ведущей и координирующей ролью регионального министерства сельского хозяйства в сфере государственной поддержки системы технического сервиса СХТ, научно-технической и кадровой политикой и направлена на субсидирование ремонтных предприятий при приобретении нового и модернизированного технологического и станочного оборудования для технического сервиса, разработку собственных и модернизацию предлагаемых производителями средств и технологий ТО и ремонта (импортозамещение), координацию работы в части приобретения современного специализированного ремонтно-технологического оборудования и изготовление комплектующих для серийного производства новых видов техники, организацию взаимодействия с промышленными предприятиями по освоению технологий производства запасных частей к СХТ, поиск и разработку конструктивных решений по модернизации узлов и агрегатов и в целом машины к реальным условиям эксплуатации, создание на территории курируемых регионов дилерских зональных сервисных центров, повышение квалификации и переподготовку инженерных кадров, реализуемых с использованием мер господдержки, создание

систематизированной каталожной базы данных деталей тракторов и мобильной СХТ отечественного и зарубежного производства, развитие вторичного рынка и системы трейд-ин СХТ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года: Постановление Правительства РФ от 07.07.2017 № 1455 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_219731.

2. Постановление Правительства Республики Башкортостан от 5 июня 2017 года № 254 «Об утверждении Порядка предоставления субсидий из бюджета Республики Башкортостан на возмещение части затрат на приобретение сельскохозяйственной техники и оборудования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agriculture.bashkortostan.ru/documents/active/63889/>.

3. Приказ Министерства сельского хозяйства Республики Башкортостан от 25 ноября 2022 года № 391 «О реализации постановления Правительства Республики Башкортостан от 5 июня 2017 года № 254 «Об утверждении Порядка предоставления субсидий из бюджета Республики Башкортостан на возмещение части затрат на приобретение сельскохозяйственной техники и оборудования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/406077037/>.

4. Габитов, И. И. Региональные меры государственной поддержки повышения уровня технической оснащенности предприятий агропромышленного комплекса / И. И. Габитов, С. Г. Мударисов, П. А. Иофинов // Технический сервис машин. – 2020. – № 2 (139). – С. 83-96. – DOI 10.22314/2618-8287-2020-58-2-83-95.

5. Габитов И. И. Модернизация эксплуатируемой сельскохозяйственной техники как эффективный фактор повышения уровня технической оснащенности / И. И. Габитов, Ф. Р. Шайхетдинов, А. В. Неговора // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2020. – № 3 (55). – С. 95-99. – DOI: 10.31563/1684-7628-2020-55-3-95-99.

6. Инновационная система машинно-технологического обеспечения предприятий агропромышленного комплекса. Ч. 1. Инновационная система машинно-технологического обеспечения сельскохозяйственных предприятий на длительную перспективу / А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский, В. М. Бейлис, Ю. С. Ценч. – М., 2019. – 228 с.

7. Кунафин, А. Ф. Определение расхода топлива грузовых автомобилей на основе нагрузочных и скоростных режимов работы / А. Ф.

Кунафин, Р. А. Саматов, К. К. Гафурзянов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2. – С. 40-41.

8. Improving the durability of cultivator blades using one-sided gas-flame surfacing / A. Fayurshin, M. Farkhshatov, R. Saifullin, L. Islamov, I. Gaskarov, R. Masyagutov, I. Bagautdinova // Journal of Applied Engineering Science. – 2021. – Т. 19. – № 1. – Р. 570-67. – DOI: 10.5937/jaes0-27725.

9. Черноиванов, В. И. Модернизация инженерно-технической системы сельского хозяйства / В. И. Черноиванов. – М. : Росинформагротех, 2010. – 412 с.

10. Кушнарев, Л. И. Повышение качества машин и оборудования на основе фирменного технического сервиса / Л. И. Кушнарев // Технический сервис машин. – 2023. – Т. 61. – № 3 (152). – С. 46-50.

11. Лялякин, В. П. Централизованное восстановление деталей на предприятиях системы «Союзсельхозтехника» и «Госкомсельхозтехника» / В. П. Лялякин, И. Н. Кравченко, В. М. Корнеев // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2023. – № 5. – С. 45-52. – DOI: 10.31857/S0235711923050127.

12. Пути совершенствования инженерно-технической системы в АПК / Ю. В. Катаев, В. С. Герасимов, З. Н. Мишина, Н. К. Баулин // Технический сервис машин. – 2021. – № 4. – С.40-48. – DOI: 10.22314/2618-8287-2021-59-4-40-48.

13. Cylindrical interfaces repair technique using electric resistance welding of metal powder materials / I. R. Gaskarov, M. N. Farkhshatov, R. N. Saifullin, A. F. Fayurshin, A. P. Pavlov, I. I. Bagautdinova // Results in Engineering. – 2022. – Т. 16. – Р. 100699. – DOI: 10.1016/j.rineng.2022.100699.

14. Study of part restoration modes using electrocontact welding with gauze filler materials / A. Pavlov, R. Saifullin, M. Farkhshatov, A. Fayurshin, I. Gaskarov, L. Islamov, D. Shaymukhametova // International Journal on Engineering Applications. – 2021. – Т. 9. – № 2. – Р. 62-70. – DOI: 10.15866/irea.v9i2.19511.

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

Об авторах

Габитов Ильдар Исмагилович, ректор ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34), доктор технических наук, профессор, gabitovildar@gmail.com.

Фаюршин Азамат Фаритович, заведующий кафедрой технологии материалов и реновации машин ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34), кандидат технических наук, azamatff@yandex.ru.

Иофинов Павел Августович, заместитель Министра сельского хозяйства Республики Башкортостан (450008, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Пушкина, д. 106), iofinov.pa@bashkortostan.ru.

Зайнуллин Рустам Хабибович, исполнительный директор Ассоциации ремонтно-обслуживающих предприятий агропромышленного комплекса Республики Башкортостан, заместитель генерального директора ООО Машинно-технологическая компания «Башсельхозтехника» (450056, Республика Башкортостан, м. р-н Уфимский, с. п. Zubovskiy Selsovet, тер. Станция Уршак, ул. Аграрная, зд. 8, стр. 1), apkrb2017@mail.ru.

About the authors

Ildar I. Gabitov, rector of Bashkir State Agrarian University (450001, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letiya Oktyabrya street, 34), D.Sc. (Engineering), professor, gabitovildar@gmail.com.

Azamat F. Fayurshin, head of the Department of Materials Technology and Machine Renovation, Bashkir State Agrarian University (450001, Republic of Bashkortostan, Ufa, ul. 50-letiya Oktyabrya, 34), Cand.Sc. (Engineering), azamatff@yandex.ru.

Pavel A. Iofinov, deputy minister of Agriculture of the Republic of Bashkortostan (450008, Republic of Bashkortostan, Ufa, Pushkina str., 106), iofinov.pa@bashkortostan.ru.

Rustam K. Zainullin, executive director of the Association of Repair and Maintenance Enterprises of the Agro-industrial Complex of the Republic of Bashkortostan, Deputy General Director of «Bashselkhoztechnika» Machine and Technology Company LLC (450056, Republic of Bashkortostan, M. Ufimsky district, S. P. Zubovsky Village Council, ter. Urshak station, Agrarnaya str., 8, building 1), apkrb2017@mail.ru.

ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТРАКТОРА К-735 С ПОСЕВНЫМ КОМПЛЕКСОМ КУЗБАСС ПК 6.1

И. И. Габитов, И. А. Гайнуллин, А. Ф. Ахметов

*ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»,
г. Уфа, Российская Федерация*

Аннотация. В статье представлены результаты тягово-энергетической оценки трактора К-735 с посевным комплексом Кузбасс ПК 6.1 и обоснованы режимы работы агрегата.

Ключевые слова: трактор; посевные комплексы; посев; тяговое усилие; скорость.

JUSTIFICATION OF THE OPERATING MODES OF THE K-735 TRACTOR WITH THE KUZBASS PK 6.1 SOWING COMPLEX

I. I. Gabitov, I. A. Gainullin, A. F. Akhmetov

Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

Abstract. The article presents the results of the traction and energy assessment of the K-735 tractor with the Kuzbass PK 6.1 sowing complex and substantiates the operating modes of the unit.

Keywords: tractor; sowing complexes; sowing; traction force; speed.

Современное растениеводство ведется на основе внедрения ресурсосберегающих технологий земледелия, основанных на минимальных и нулевых обработках почвы, использовании широкозахватных скоростных комбинированных посевных комплексов [1-3] и направлены на сохранение и повышение плодородия почвы [4-6]. Комбинированные агрегаты за один технологический проход выполняют комплекс агротехнических операций и совмещение операций предпосевной обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур.

Современные посевные комплексы работают в широком диапазоне изменения тягового сопротивления, это связано с параметрами и режимами работы посевных комплексов, с шириной

захвата и с изменением веса технологических емкостей, вследствие расхода семян, удобрений и топлива в баке трактора. Исследования по агрегатированию посевных комплексов с частичным переносом веса технологических емкостей на трактор и их влияние на тягово-энергетических показателей машинно-тракторного агрегата являются актуальными.

Целью исследований является определение тягово-энергетических показателей и обоснование режимов работы машинно-тракторного агрегата на базе колесного трактора К-735 с посевным комплексом Кузбасс ПК 6.1.

Программой экспериментальных исследований предусматривались в соответствии с планом многофакторного эксперимента определение тягово-энергетических показателей машинно-тракторного агрегата на базе колесного трактора К-735 с посевным комплексом Кузбасс ПК 6.1 при посеве пшеницы (рисунок 1).



Рисунок 1 – Тягово-энергетическая оценка колесного трактора К-735 с посевным комплексом ПК 6.1 на посеве

Для исследований было выделено три уровня фактора, уровни и интервалы варьирования, кодированные обозначения которых приведены в таблице 1. В качестве плана эксперимента выбран план для трех факторов Бокса-Бенкина. Условия испытаний на вспаханном поле представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования факторов

Наименование факторов	Обозначения		Уровни варьирования			Интервал
	именн.	кодир.	-1	0	+1	
Масса (семян и удобрений) в бункерах	m , кг	X_1	0 (пустые)	3100 (половина)	6200 (полные)	3100
Скорость агрегата	v , м/с (км/ч)	X_2	2,22 (8)	2,77(10)	3,32 (12)	0,55
Глубина посева семян	a , м	X_3	0,05	0,07	0,09	0,02

Таблица 2 – Характеристика условий испытаний

№ п/п	Наименование	Значение показателя
1	Фон	Поле, после дискования
2	Тип почвы (по мех. составу)	Чернозем
3	Структура	Мелкокомковатая зернистая
4	Рельеф	Ровный
5	Микрорельеф	Средневыраженный
6	Влажность почвы, % слоях, см 0-10 / 10-20	18,0 / 20,0
7	Плотность почвы по слоям, г/см ³ 0-10 см / 10-20 см	0,92 / 1,01

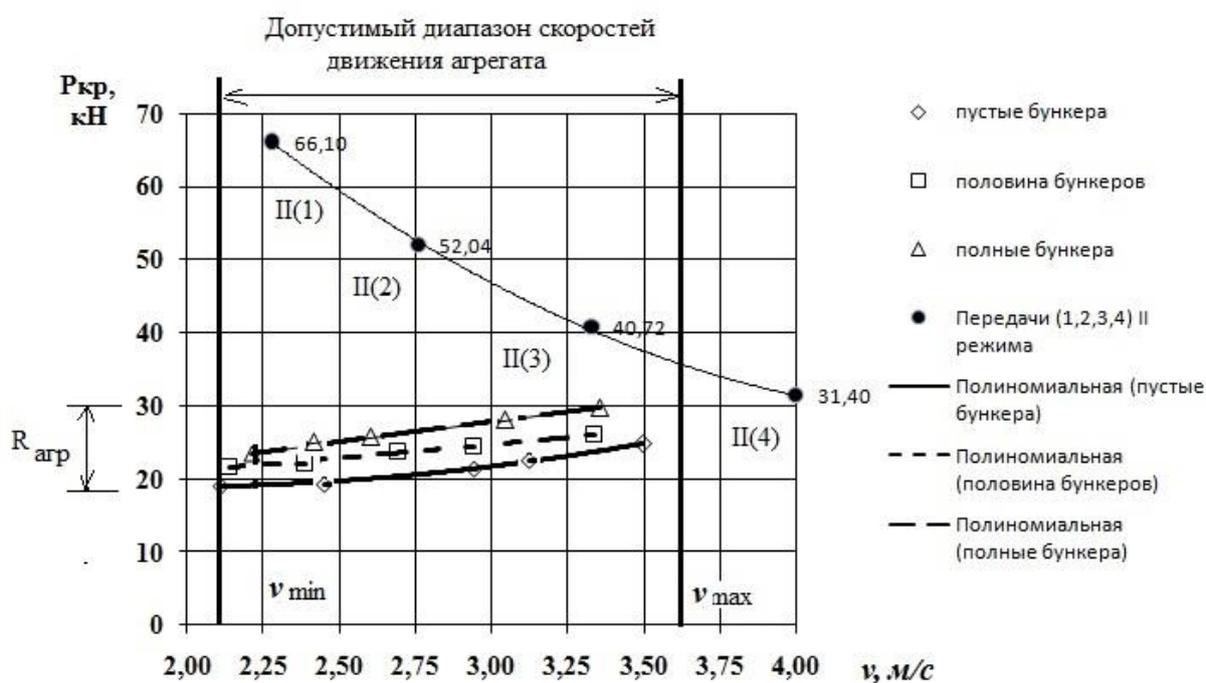
Исследования проводились на полях Уфимского научного центра Башкирского ГАУ. Основные показатели определялись тензOMETрическим методом. При тягово-энергетических испытаниях измерительная аппаратура ZET LAB и дополнительное оборудование монтировалось в кабине трактора. Измерительно-регистрирующая аппаратура состоит из трех модулей – модуля измерений силовых показателей, модуля измерений скоростных показателей и модуля регистрации, управления и передачи информации. Тензодатчики преобразуют механическую силу в пропорциональный электрический сигнал, в измерительных модулях осуществляется преобразование электрического сигнала в значения измеряемой величины и передача результатов в цифровом виде.

Датчики и приборы, установленные на тракторе, позволяли регистрировать следующие показатели: тяговое усилие на крюке трактора, $P_{кр}$; частоту вращения двигателя, $n_{дв}$; частоту вращения правой и левой колес трактора, n_k ; частоту вращения путеизмерительного колеса, $n_{нк}$, время, опыта, t .

Подготовка трактора к испытанию заключалась в проверке работоспособности всех узлов и систем. Необходимые регулировки, настройки, опробование трактора и экспериментального оборудования и приборов проводилась тех же участках, на которых определялись показатели трактора и отбор образцов почв.

Испытания проходили при атмосферном давлении 102,5 кПа, влажности воздуха 85 %, температуре окружающего воздуха от + 6 до +18°С.

Анализируя полученные данные, можно отметить, тяговое усилие в посеве изменяется с 19,0 кН до 37,08 кН (рисунок 2) и зависит от скорости агрегата, глубины посева и веса бункеров.



при глубине посева a = 5 см

Рисунок 2 – Изменение тягового усилия трактора К-735 при различном весе семян и удобрений в бункерах посевного комплекса ПК 6.1

Наибольшая эффективность достигается в следующих режимах работы агрегата: на втором режиме 3 передаче и соответственно действительная скорость находится в пределах 12,1 км/ч (3,36 м/с) при оборотах дизеля 1900 мин⁻¹, после выгрузки семян 75 % переход на 4 передачу второго режима и соответственно скорость 13,62 км/ч (3,78 м/с) при оборотах дизеля в пределах 1730...1750 мин⁻¹. Выходная крюковая мощность изменяется от

40,11 до 120,23 кВт в зависимости от скорости движения агрегата, глубины посева и веса бункеров семян и удобрений. Коэффициент буксования находится в пределах 4,8...11,1 % со средним значением 7,6 %. Дизель работал ближе к зоне номинальных значений трактора 1900 мин⁻¹.

Сила сопротивления качению трактора К-735 определялось путем его буксирования через тензозвено с трактором Т-150К. Установлено, что коэффициент сопротивления качению трактора К-735 составил 0,088 на стерне и на паровом поле – 0,096. Снижение веса трактора с бункером посевного комплекса от 237,40 кН до 175,4 кН в процессе разгрузки семян и удобрений из бункеров посевного агрегата во время посева влияет на силы сопротивления качению агрегата. Силы сопротивления качению агрегата на паровом поле изменяется от 12,53 кН до 16,20 кН, а на стерне гречихи от 6,28 кН до 15,04 кН.

Таким образом, на основе проведенных исследований следует, тягово-энергетических показатели колесного трактора К-735 с посевным комплексом ПК 6.1 на посевах пшеницы зависит от скорости движения, глубины посева и степени разгрузки бункеров посевного агрегата во время посева. Наибольшая эффективность работы агрегата достигается в следующих режимах работы агрегата: на втором режиме 3 передаче при оборотах дизеля 1900 мин⁻¹, после выгрузки семян 75 % при посеве переход на 4 передачу второго режима при оборотах дизеля в пределах 1730...1750 мин⁻¹. Для повышения тягово-энергетических показателей и снижения сопротивления качению агрегата необходимо обеспечить рациональное перераспределение веса бункера с семенами и удобрениями между колесами бункера и трактора в процессе выполнения технологической операции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Повышение эффективности использования машинно-тракторного агрегата с почвообрабатывающе-посевным комплексом / И. И. Габитов, С. Г. Мударисов, А. Ф. Ахметов, И.А Гайнуллин [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17. – № 3(67). – С. 73-76. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-73-76.
2. Гайнуллин, И. А. Эффективность работы посевных комбинированных агрегатов / И. А. Гайнуллин, Р. Р. Хисаметдинов, А. В. Ефимов //

Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 3. – С. 10-12.

3. Почвообрабатывающе-посевной комплекс «Уралец» для энерго- и ресурсосберегающих технологий / В. В. Бледных, Н. К. Мазитов, Р. С. Рахимов, С. В. Стоян, В. Н. Коновалов, Н. Т. Хлызов, И. Р. Рахимов, Н. Г. Поликутин // Тракторы и сельхозмашины. – 2006. – № 8. – С. 18-21.

4. Эффективность зарубежных и отечественных почвообрабатывающе-посевных комплексов / Н. К. Мазитов, Р. Л. Сахапов, Р. С. Багманов, Л. З. Шарафиев, Н. Э. Гарипов, В. А. Прокопенко // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 4. – С. 12-15.

5. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в степных агроландшафтах Республики Башкортостан / К. З. Халиуллин, Т. И. Киекбаев, С. А. Лукьянов, И. А. Гайнуллин // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 1. – С. 34-36.

6. Гайнуллин, И. А. Методы оценки распределения давления и показателей эффективности снижения уплотняющего воздействия движителей МТА на почву / И. А. Гайнуллин // Вестник Челябинского ГАУ. – 2004. – Т. 43. – С. 31-38.

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

Об авторах:

Габитов Ильдар Исмагилович, ректор ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34), доктор технических наук, профессор, gabitovildar@gmail.com.

Гайнуллин Ильшат Анварович, доцент кафедры мехатронных систем и машин аграрного производства, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34), кандидат технических наук, gainullin_ia@mail.ru.

Ахметов Альберт Фоатович, Директор Учебно-научного центра ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34), ahmetalbert@mail.ru.

About the authors:

Ildar I. Gabitov, rector of Bashkir State Agrarian University (450001, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letiya Oktyabrya street, 34), D.Sc. (Engineering), professor, gabitovildar@gmail.com.

Ilshat A. Gainullin, associate professor of the Department of Mechatronic Systems and Machines, Bashkir State Agrarian University (450001, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letiya Oktyabrya street, 34), Cand.Sc. (Engineering), gainullin_ia@mail.ru.

Albert F. Akhmetov, director of the Educational and Scientific Center, Bashkir State Agrarian University (450001, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letiya Oktyabrya street, 34), ahmetalbert@mail.ru.

**МИНИМИЗАЦИЯ УЩЕРБА, НАНОСИМОГО
ЭКОСИСТЕМАМ АГРОПРОМЫШЛЕННЫМ
КОМПЛЕКСОМ ПУТЁМ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

А. В. Шемякин, Н. В. Лимаренко, И. А. Успенский

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Российская Федерация

***Аннотация.** Рассмотрены механизмы и инструменты внедрения элементов искусственного интеллекта как средства минимизации эколого-экономического ущерба, наносимого агропромышленным комплексом окружающим его экосистемам. Используя методы анализа трендов сформулирован прогноз экономического эффекта от внедрения предлагаемых решений.*

***Ключевые слова:** экологический ущерб; экономический ущерб; элементы искусственного интеллекта; unit цифровизация.*

**MINIMIZING THE DAMAGE CAUSED TO ECOSYSTEMS BY
THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX THROUGH
THE INTRODUCTION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE
ELEMENTS**

A. V. Shemyakin, N. V. Limarenko, I. A. Uspensky

Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Ryazan, Russian Federation

***Abstract.** The mechanisms and tools for the introduction of artificial intelligence elements as a means of minimizing the ecological and economic damage caused by the agro-industrial complex to its surrounding ecosystems are considered. Using the methods of trend analysis, a forecast of the economic effect of the implementation of the proposed solutions is formulated.*

***Keywords:** environmental damage; economic damage; elements of artificial intelligence; unit digitalization.*

Введение

Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды, рациональное природопользование и минимизацию ущерба, наносимого агропромышленным комплексом

(АПК) окружающим экосистемам, начиная с 2021 года превышает 500 млрд рублей ежегодно [1, 2]. Известно, что основными категориями ущерба, наносимого АПК окружающим экосистемам являются негативные климатические изменения, деградация земельных ресурсов, а также повышенный токсикологический фактор распространения патогенных форм. Для обобщения приведённых категорий обозначим их термином эколого-экономический ущерб. На основании анализа данных Росстата, отчётов Министерства сельского хозяйства РФ на рисунке 1 представлены тренды инвестиций, направленных на минимизацию эколого-экономического ущерба, наносимого АПК окружающим экосистемам.

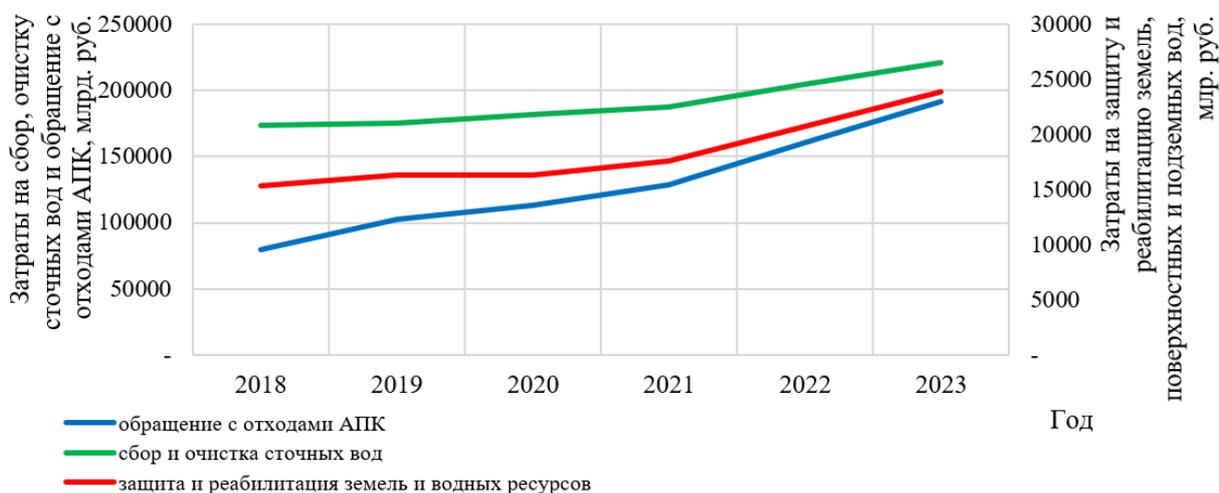


Рисунок 1 – Динамика роста инвестиций, направленных на минимизацию эколого-экономического ущерба, наносимого АПК окружающим экосистемам

На основании априорной информации из открытых источников, проведения собственных исследований, на рисунке 2 представлена картина распределения инвестиций, направленных на минимизацию эколого-экономического ущерба от АПК в 2023 году.

Рост финансовых вложений в данной области частично объясняется ростом производственных мощностей, индустриализацией технологических процессов, а также ведение НИОКР в части разработки моделей искусственного интеллекта (ИИ). Соответственно, разработка элементов ИИ и методик их внедрения, позволяющих минимизировать эколого-экономический ущерб, наносимый АПК окружающим его экосистемам является актуальной и значимой задачей науки и техники.



Рисунок 2 – Распределение инвестиций на минимизацию эколого-экономического ущерба от АПК в 2023 году

Целью настоящей статьи является представление концепции внедрения элементов ИИ, обеспечивающих минимизацию эколого-экономического ущерба наносимого АПК.

Основная часть

На основании анализа информационных источников [3, с. 80; 4, с. 11], на рисунке 3 представлены негативные эффекты, связанные с эколого-экономическим ущербом, наносимым АПК окружающим экосистемам.

Минимизировать приведённые на рисунке 3 негативные эффекты возможно путём внедрения элементов ИИ. Под элементами ИИ понимается их внедрение в системы управления ресурсами (анализ климатических условий с целью оптимизации затрат на полив, применение удобрений и т.п.); повышение точности прогнозирования и управления климатическими условиями с целью повышения адаптации сельскохозяйственных методов к ним; повышение точности процессов в части расходов на семена, удобрения, пестициды; оптимизация логистических цепочек и сбыта сельскохозяйственной продукции [5, с. 43]. Перечисленные аспекты внедрения элементов ИИ в АПК направлены на создание устойчивых и эффективных сельскохозяйственных систем, способствующих минимизации эколого-экономических потерь и сохранению окружающих экосистем.



Рисунок 3 – Составляющие эколого-экономического ущерба, наносимого АПК окружающим экосистемам

Одним из наиболее предпочтительных способов программной реализации концепции внедрения ИИ является юнит (от англ. Unit – шаг) цифровизация [6, с. 37-41]. Суть юнит цифровизации заключается в формализации зависимостей, характеризующих качество выполнения операций, составляющих технологические процессы АПК в форме доступной для машинной интерпретации высокоуровневыми языками программирования. При этом необходимо учитывать требования создаваемой цифровой инфраструктуры АПК, связанной с безопасной передачей, защитой и хранением данных. Преимуществом юнит цифровизации является кроссплатформенность и обзримость результатов, низкая ресурсоёмкость вычислительных средств. Положительный опыт разработки и внедрения элементов ИИ юнит цифровизацией в разработках учёных РГАТУ имени П. А. Костычева представлен в работах [7, с. 29; 8, с. 470]. На рисунке 4 представлена структурная схема интеллектуализации негативных воздействий АПК на окружающие экосистемы.

Анализ результатов исследований, а также практик цифровизации технологических процессов и операций показывает, что минимальный юнит цифровизации технологических процессов и операций АПК может составить порядка 10 %. Результаты прогноза экономического эффекта, основанные на анализе трендов, позволили сформулировать численно выраженные значения, представленные в заключении.

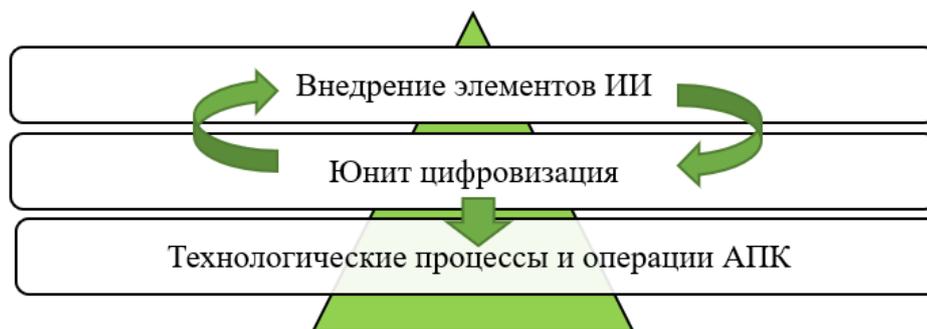


Рисунок 4 – Структурная схема интеллектуализации негативных воздействий АПК на окружающие экосистемы

Заключение

1. Разработка концепции и компонентов её программной реализации в части внедрения элементов ИИ позволяет повысить интенсивность технологических процессов на 10 % и более, что обеспечит прибыль 7,5 млрд рублей в год в части затрат на охрану атмосферного воздуха и предотвращения изменения климата, 22 млрд рублей в год в части затрат на сбор, очистку сточных вод АПК, 19,1 млрд рублей в год в части затрат на обращение с отходами, 2,3 млрд рублей в год в части реабилитации земель от негативных воздействий АПК.

2. Эффективное внедрение элементов ИИ для поставленной цели может быть достигнуто методом юнит цифровизации при котором каждая операция любого технологического процесса подвергается формализации, позволяющей провести её машинную интерпретацию.

3. Развитие, обучение и внедрение созданных моделей элементов ИИ требует развития и цифровой инфраструктуры АПК, связанной с безопасной передачей, защитой и хранением данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Росстат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194>.

2. Аналитические отчёты Министерства сельского хозяйства РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://opendata.mcx.ru/opendata/#post-45>.

3. Инструмент для мониторинга экологического состояния и устойчивого развития сельскохозяйственного производства / А. Ю.

Брюханов [и др.] // Техника и технологии в животноводстве. – 2023. – № 1 (49). – С. 78-84.

4. Концепция управления экологической безопасностью агроэкосистем / А. Ю. Брюханов [и др.] // АгроЭкоИнженерия. – 2022. – № 4 (113). – С. 4-18.

5. Лобачевский, Я. П. Аспекты цифровизации системы технологий и машин / Я. П. Лобачевский, В. М. Бейлис, Ю. С. Ценч // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. – № 3 (36). – С. 40-45.

6. Жуков, В. И. Юниты цифровизации в парадигме правовой девиантологии / В. И. Жуков // Актуальные проблемы правового регулирования труда и социальной защиты в условиях действия специальных мер в сфере экономики (Ивановские чтения): Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Москва, 09-10 марта 2023 года / Отв. редактор С. Ю. Чуча. – М. : Институт государства и права РАН, 2023. – С. 37-58.

7. Цифровой инструмент седиментационного анализа свиного бесподстилочного навоза / Н. В. Лимаренко, А. В. Шемякин, С. Н. Борычев [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 10 (316). – С. 26-30. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-10-26-30.

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

9. Контрфактуальный анализ эффективности обеззараживания органических отходов животноводства / Я. П. Лобачевский, А. В. Шемякин, Н. В. Лимаренко [и др.] // Инженерные технологии и системы. – 2023. – Т. 33, № 4. – С. 466-489. – DOI 10.15507/2658-4123.033.202304.466-489.

Об авторах:

Шемякин Александр Владимирович, ректор ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (390044, Российская Федерация, Рязанская область, Рязань, ул. Костычева, д. 1), доктор технических наук, профессор, shem.alex62@yandex.ru.

Лимаренко Николай Владимирович, профессор кафедры технической эксплуатации транспорта ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (390044, Российская Федерация, Рязанская область, Рязань, ул. Костычева, д. 1), доктор технических наук, доцент, limarenkodstu@yandex.ru.

Успенский Иван Алексеевич, заведующий кафедрой технической эксплуатации транспорта ФГБОУ ВО «Рязанский государственный

агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (390044, Российская Федерация, Рязанская область, Рязань, ул. Костычева, д. 1), доктор технических наук, профессор, ivan.uspensckij@yandex.ru.

About the authors:

Alexander V. Shemyakin, rector of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev (390044, Russian Federation, Ryazan Region, Ryazan, Kostycheva str., 1), D.Sc. (Engineering), professor, shem.alex62@yandex.ru.

Nikolay V. Limarenko, professor of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev (390044, Russian Federation, Ryazan Region, Ryazan, Kostycheva str., 1), D.Sc. (Engineering), associate professor, limarenkodstu@yandex.ru.

Ivan A. Uspensky, head of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev (390044, Russian Federation, Ryazan Region, Ryazan, Kostycheva str., 1), D.Sc. (Engineering), professor, ivan.uspensckij@yandex.ru.

ПРОАКТИВНАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

А. Н. Юденичев¹, Д. В. Варнаков², Е. П. Парлюк³

¹ ФАУ «25 Государственный НИИ химмотологии Министерства обороны Российской Федерации», г. Москва, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (НИУ)», г. Москва, Российская Федерация

***Аннотация.** В статье рассмотрены основные тенденции в области технического обслуживания и ремонта транспортных средств. Переход от планово-предупредительной к проактивной системе технического обслуживания и ремонта требует развитие технических средств и методов диагностики транспортных средств. Рассмотрены основные этапы развития средств и методов оценки технического состояния машин и оборудования. В работе обосновано корректирование обслуживающих и ремонтных воздействий по фактору времени, которое базируется на диагностической информации и выборе критериев оптимальности.*

Переход к проактивной системе технического обслуживания и ремонта требует не только мониторинга контролируемых параметров, но и получении информации о тенденциях изменения параметров во времени. Применение проактивной системы технического обслуживания и ремонта требует построения моделей прогнозирования, внедрения новых технических средств непрерывной диагностики, беспроводных систем передачи данных.

***Ключевые слова:** проактивная система технического обслуживания и ремонта; прогнозирование; параметр; фактическое состояние; беспроводные системы передачи данных.*

PROACTIVE MAINTENANCE SYSTEM USING REMOTE VEHICLE DIAGNOSTICS

A. N. Yudenichev^a, D. V. Varnakov^b, E. P. Parlyuk^c

^a 25 State Research Institute of Chemmotology of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

^b Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russian Federation

^c Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article discusses the main trends in the field of vehicle maintenance and repair. The transition from a planned preventative to a proactive system of maintenance and repair requires the development of technical means and methods for diagnosing vehicles.*

The main stages in the development of means and methods for assessing the technical condition of machines and equipment are considered. The work substantiates the adjustment of maintenance and repair actions based on the time factor, which is based on diagnostic information and the selection of optimality criteria. The transition to a proactive maintenance and repair system requires not only monitoring of monitored parameters, but also obtaining information about trends in parameters over time. The use of a proactive maintenance and repair system requires the construction of forecasting models, the introduction of new technical means of continuous diagnostics, and wireless data transmission systems.

Keywords: *proactive maintenance and repair system; forecasting; parameter; actual state; wireless data transmission systems.*

Планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта (ППР) в соответствии с ГОСТ 18322-2016, представляет собой совокупность взаимосвязанных средств, документации и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества машин. В основе системы ППР положены принципы периодического контроля технического состояния машин, основанного на статистических данных, и проведении профилактических мероприятий, направленных на выявление и предупреждение отказов. Несмотря на широкое распространение планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта к ее недостаткам можно отнести:

- планирование работ по техническому обслуживанию и ремонту зачастую противоречит срокам технологических работ;
- корректировка сроков проведения технического обслуживания и ремонта, вызванная необходимостью выполнения работ по назначению (прим. агротехнические сроки), приводит к уменьшению межсервисных интервалов либо повышению риска потери работоспособности;
- плановый межсервисный интервал не отражает реальных условий эксплуатации конкретного автотранспортного средства, является некоторой средней величиной;
- выполнение всех требований и регламента работ планово-предупредительной системы технического обслуживания и

ремонта не исключает возникновения внезапных отказов.

Ужесточение требований надежности транспортных средств и вместе с тем необходимость снижения эксплуатационных затрат, обусловленное конкуренцией и спросом, приводит к необходимости внедрения проактивного технического обслуживания, которое предполагает решение задач, связанных с оперативной, а в некоторых случаях непрерывной диагностикой прогнозирующих параметров.

Проактивное техническое обслуживание (PRM – Proactive Reliability Maintenance) представляет собой предупредительное обслуживание по фактическому состоянию. Главной целью внедрения обслуживания по фактическому состоянию является повышение эффективности системы технического обслуживания и ремонта, а ее достижение предполагает решение следующих задач:

- широкое внедрение средств непрерывной диагностики техники;
- разработка методов диагностики и прогнозирования;
- разработка способов и средств передачи, сбора и обработки диагностической информации;
- разработка методики принятия решений на основе полученной диагностической информации.

Развитие технической диагностики включает в себя несколько стадий:

- совершенствование методов и технических средств контроля диагностических параметров;
- развитие мониторинга контролируемых параметров;
- совершенствование методов прогнозирования технического состояния автотранспортных средств.

На стадии контроля технического состояния автотранспортного средства достаточно информации о величинах измеряемых параметров и зонах их допустимых отклонений. В процессе мониторинга важное значение имеет непрерывность, точность и достоверность получаемых данных. Стадия прогнозирования базируется на мониторинге, при этом должны учитываться тенденции изменения контролируемых параметров, закон их изменения.

Само по себе значение параметра состояния или диагностического параметра еще не дает оценки технического состояния

объекта. Чтобы оценить состояние машины или оборудования необходимо знать не только фактические значения параметров, но и соответствующие эталонные значения. Таким образом, оценка технического состояния объекта определяется отклонением фактических значений его параметров от их эталонных значений, а любая система технической диагностики (рисунок 1) работает по принципу отклонений от нормативных значений.



Рисунок 1 – Структурная схема оценки технического состояния машин и оборудования

Математическая модель объекта диагностики может быть основана на эталонных (конструкционных) параметрах, либо представлена набором формул, по которым рассчитываются эталонные значения всех диагностируемых параметров. Математическая модель должна учитывать условия нагрузки объекта и существенные параметры внешней среды.

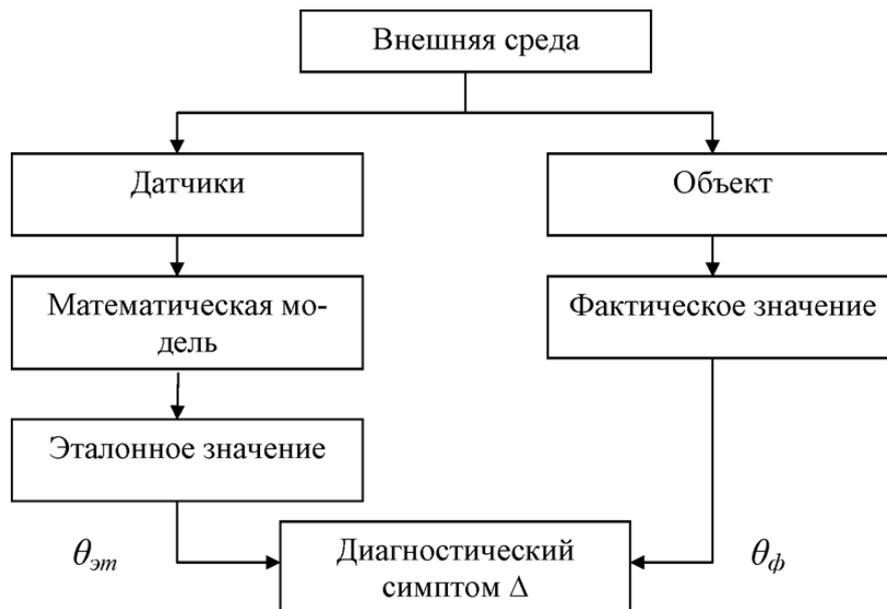


Рисунок 2 – Структурная схема технической диагностики

Методы диагностирования технического состояния узлов и агрегатов автотранспортных средств характеризуются физической сущностью и способом измерения диагностических параметров, а их выбор определяется критерием оптимальности в зависимости от задач диагностирования. Можно выделить три основные группы методов диагностирования (рисунок 3).



Рисунок 3 – Методы диагностирования автомобилей

Методы первой группы базируются на имитации скоростных и нагрузочных режимов работы автомобиля, определении при заданных условиях выходных параметров и сравнении их количественных значений с эталонными. Диагностирование проводится с использованием стендов с беговыми барабанами или непосредственно в процессе работы автомобиля. Методы широко применяются для общей оценки технического состояния автомобилей и агрегатов.

При этом для отсеивания ложных значений контролируемых параметров целесообразно применять контрольные карты Шухарта.

Методика построения контрольных карт для индивидуальных значений и скользящих размахов включает ряд этапов. В зависимости от того заданы ли стандартные значения показателя качества или нет первый этап разбивается на два варианта.

1. В случае если стандартные значения не заданы:

Сбор предварительных данных о протекании процесса. Для этого необходимо произвести несколько измерений показателя качества.

На основе собранных данных рассчитывают среднее значение параметра:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N}, \quad (1)$$

и среднее значение скользящего размаха:

$$\bar{R} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} |x_i - x_{i+1}| = \frac{|x_1 - x_2| + |x_2 - x_3| + \dots + |x_{N-1} - x_N|}{N-1}, \quad (2)$$

где N – число произведенных измерений при предварительном сборе данных.

Вычисляют значения для центральной линии, нижнего и верхнего контрольного пределов для \bar{X} карты:

$$CL = \bar{x}; \quad LCL = \bar{x} - 2,66\bar{R}; \quad UCL = \bar{x} + 2,66\bar{R}; \quad (3)$$

для R карты:

$$CL = \bar{R}; \quad LCL = 0; \quad UCL = 3,267\bar{R}. \quad (4)$$

2. В случае если стандартные значения заданы (т.е. заданы x_0 , σ_0 и, возможно, R_0):

Вычисляют значения для центральной линии, нижнего и верхнего контрольного пределов для \bar{X} карты:

$$\begin{cases} CL = x_0; LCL = x_0 - 3\sigma_0; UCL = x_0 + 3\sigma_0; \\ CL = R_0 \text{ (если } R_0 \text{ задано) или } CL = 1,128\sigma_0 \text{ (если } R_0 \text{ не задано);} \\ LCL = 0; UCL = 3,686\sigma_0. \end{cases} \quad (5)$$

Графическое представление может быть выполнено в виде граничных значений контролируемого параметра описываемых некоторой зависимостью выполненных в системе координат.

При выборе диагностических параметров как правило используется структурно-следственная схема, представляющая собой последовательность и взаимосвязи элементов объекта диагностики, характеризующие их структурные параметры, перечень характерных неисправностей, подлежащих выявлению, при этом характерные неисправности основываются на статистических данных. Основываясь на принципе причинно-следственных связей, можно выделить «прогнозирующий» параметр, который прямо либо косвенно отражает техническое состояние диагностируемого объекта.

Мониторинг диагностических параметров требует непрерывной передачи данных в процессе эксплуатации объекта. Для решения задачи непрерывного контроля диагностических параметров автотранспортного средства является разработка беспроводной сети передачи данных измерительной системы с применением ZigBee технологии.

Беспроводная сенсорная сеть представляет собой распределённую, самоорганизующуюся сеть множества датчиков (сенсоров) и исполнительных устройств, объединённых между собой посредством радиоканала. Область покрытия подобной сети может составлять от нескольких метров до нескольких километров за счет способности ретрансляции сообщений от одного элемента к другому. Технология ретранслируемой ближней радиосвязи 802.15.4/ZigBee, является одним из современных направлений развития самоорганизующихся отказоустойчивых распределённых систем наблюдения и управления ресурсами и процессами.

Сегодня технология беспроводных сенсорных сетей, является единственной беспроводной технологией, с помощью которой можно решить задачи мониторинга и контроля, которые критичны к времени работы датчиков. Основной областью применения

является контроль и мониторинг измеряемых параметров физических сред и объектов.

Заключение

Диагностирование играет важную роль в обслуживании автомобилей и решает задачи повышения информативности о техническом состоянии транспортных средств и позволяет внедрить проактивное техническое обслуживание, тем самым снизить издержки при эксплуатации, коэффициент готовности и в целом надежность.

Оценка технического состояния транспортного средства может определяться как отклонение фактических значений его параметров от их эталонных значений. Для исключения ложных значений контролируемых параметров целесообразно применять контрольные карты Шухарта.

Для реализации непрерывного контроля диагностических параметров автотранспортного средства важным элементом является разработка беспроводных средств передачи данных, а ее реализация возможна на базе распределенных сетей ZigBee технологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антропов, Б. С. Диагностирование автотранспортных средств: учеб. пособие / Б. С. Антропов, И. С. Басалов. – Ярославль : ЯГТУ, 2016 – 144 с.

2. Дидманидзе, О. Н. О перспективах развития автомобильного транспорта в агропромышленном комплексе / О. Н. Дидманидзе, А. М. Карев, Г. Е. Митягин // Международный научный журнал. – 2016. – № 1. – С. 53-65.

3. Выбор параметров диагностирования деталей цилиндропоршневой группы автомобильных дизельных двигателей / Б. С. Антропов, В. В. Капранов, В. В. Гумённый, В. А. Генералов // Вестник АПК Верхневолжья. – 2020. – № 2 (50). – С. 82–84. DOI 10.35694/YARCX.2020.50.2.0015.

4. Патент № 2743092 С9 Российская Федерация, МПК G01M 15/00, G01M 15/05. Способ и система контроля параметров технического состояния двигателя внутреннего сгорания : № 2019118838 : заявл. 17.06.2019 : опубл. 22.02.2022 / Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, Д. Н. Яшин [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет».

5. Варнаков, Д. В. Применение контрольных карт Шухарта в системах измерения параметров / Д. В. Варнаков, М. А. Афонин // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 2. – С. 54-58.

6. Варнаков, Д. В. Использование диагностических параметров при оценке и прогнозировании параметрической надежности двигателей

автотранспортных средств: монография / Д. В. Варнаков. – Ульяновск: УлГУ, 2013. – 124 с. – ISBN 978-5-88866-486-5.

7. Цифровые технологии в техническом сервисе АПК / М. Н. Ерохин, Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, М. Ю. Карелина // В сборнике: Чтения академика В. Н. Болтинского. – 2021. – С. 34-43.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018614322 Российская Федерация. Оценка эффективности управления процессами технического обслуживания и ремонта машин : № 2018611398 : заявл. 13.02.2018 : опубл. 04.04.2018 / Д. В. Варнаков, М. А. Афонин, М. Е. Дежаткин [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет».

9. Будущее тракторостроения в России / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев // В сборнике: Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы. – 2022. – С. 15-21.

10. Варнаков, Д. В. Применение распределенных сетей в задачах прогнозирования и управления / Д. В. Варнаков, А. В. Бугаев, В. В. Варнаков // В сборнике: Чтения академика В. Н. Болтинского. – 2022. – С. 57-65.

11. Дидманидзе, О. Н. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов / О. Н. Дидманидзе, А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 11 (281). – С. 39-43.

12. Баркова, Н. А. Неразрушающий контроль технического состояния горных машин и оборудования: учеб. пособие / Н. А. Баркова, Ю. С. Дорошев. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2009. – 157 с.

Об авторах:

Юденичев Андрей Николаевич, ведущий инженер ФАУ «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации» (121467, Москва, ул. Молодогвардейская, д. 10).

Варнаков Дмитрий Валерьевич, профессор кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» (432017, Российская Федерация, Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42), доктор технических наук, доцент, varndm@mail.ru.

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

About the authors:

Andrey N. Yudenichev, lead engineer, FAI «25th State Research Institute of Chemmotology of the Ministry of Defense of the Russian Federation» (121467, Russian Federation, Moscow, Molodogvardeyskaya str., 10).

Dmitrii V. Varnakov, professor of the Technosphere Safety Department, Ulyanovsk State University (432017, Russian Federation, Ulyanovsk, Lva Tolstogo str., 42), D.Sc. (Engineering), associate professor, varndm@mail.ru.

Ekaterina P. Parlyuk, professor, Bauman Moscow State Technical University (105005, Russian Federation, Moscow, ext. ter. Basmanny municipal district, 2nd Baumanskaya str., 5, p. 1), D.Sc. (Engineering), kparlyuk@rgau-msha.ru.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО КАТКА

В. И. Пляка, С. П. Казанцев

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

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы, связанные с рабочим процессом почвообрабатывающего катка. Отмечены параметры, влияющие на рабочий процесс почвообрабатывающего катка. Показаны особенности конструкции предлагаемого почвообрабатывающего катка. Приведены основные показатели, характеризующие рабочий процесс почвообрабатывающего катка.*

***Ключевые слова:** ведущий каток; ведомый каток; пруток; коэффициент скольжения; крошение почвы.*

THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE WORKING PROCESS OF A TILLAGE ROLLER

V. I. Plyaka, S. P. Kazancev

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

***Abstract.** The issues related to the working process of the tillage roller are considered. The parameters affecting the working process of the tillage roller are marked. The design features of the proposed tillage roller are shown. The main indicators characterizing the working process of the tillage roller are given.*

***Keywords:** driving roller; driven roller; rod; sliding coefficient; soil crumbling.*

Большое разнообразие бесприводных ротационных почвообрабатывающих катков используется при обработке различных типов почв как самостоятельно, так и в составе комбинированных агрегатов [1-3].

Основными рабочими органами для рыхления, выравнивания и уплотнения почвы почвообрабатывающего катка являются прутки (рисунок 1). Естественно, что на взаимодействие катка с почвой будут оказывать влияние такие параметры как расстояние между смежными прутками a , глубина погружения прутков в

почву h , коэффициент скольжения ε [4, 5]. Кроме того, на характер взаимодействия катка с почвой будет влиять состояние поверхности почвы и, в частности, её гребнистость, которая характеризуется высотой гребней.

Воздействие катка на поверхность почвы может быть определено как отношение площади непосредственного контакта ко всей площади. Учитывая то, что каток воздействует на гребнистую поверхность, целесообразно рассматривать проекции этих площадей на горизонтальную плоскость.

Коэффициент поверхностного воздействия будет равен:

$$K_s = S_a / S_o, \quad (1)$$

где S_a – площадь, на которую непосредственно активно воздействуют прутки почвообрабатывающего катка, m^2 ;

S_o – общая обрабатываемая площадь, m^2 .

Если рассматривать обрабатываемый объём, то степень воздействия можно охарактеризовать коэффициентом объёмного воздействия:

$$K_v = V_a / V_o, \quad (2)$$

где V_a – объём, на который непосредственно активно воздействуют прутки катка, m^3 ;

V_o – общий объём неровностей почвы (гребней), m^3 .

Предлагаемый почвообрабатывающий каток совершает рабочий процесс в режиме качения со скольжением. При качении без скольжения и буксования путь L , пройденный катком равен произведению длины окружности катка на число его оборотов:

$$L = 2\pi r n, \quad (3)$$

где $2\pi r$ – длина окружности катка;

n – число оборотов, сделанных катком на пройденном пути.

При качении со скольжением каток, совершив n оборотов, пройдет путь больший, чем при качении без скольжения и буксования:

$$L_{СК} > 2\pi r n. \quad (4)$$

При этом часть пути $\Delta L_{СК}$ каток проходит за счет скольжения. Степень скольжения может быть определена коэффициентом скольжения, который изменяется в пределах от 0 до 1:

$$\varepsilon = \Delta L_{СК} / L_{СК}. \quad (5)$$

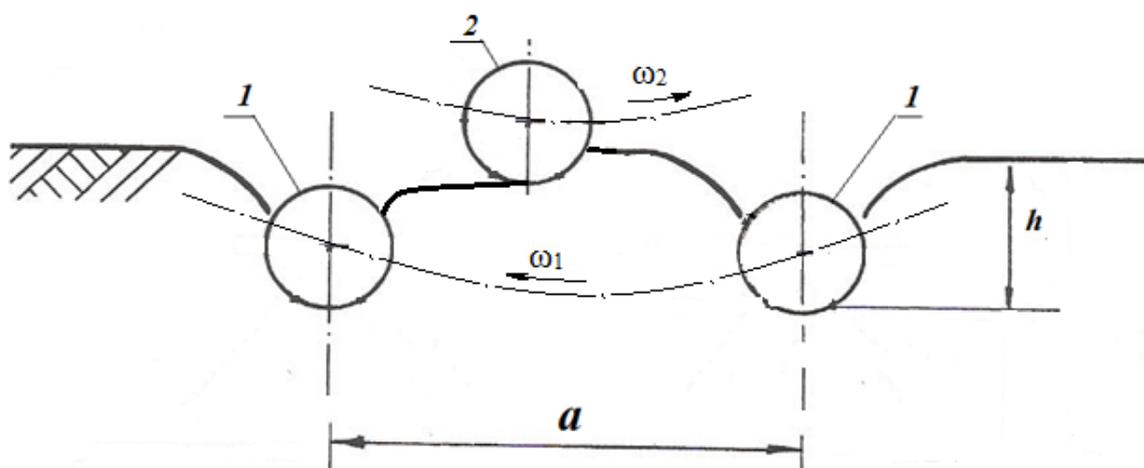


Рисунок 1 – Схема почвообрабатывающего катка:
 1 – пруток ведущего катка; 2 – пруток ведомого катка

Предлагаемый почвообрабатывающий каток состоит из ведущего и ведомого катков [6]. При движении почвообрабатывающего катка по полю, ведущий каток получает вращательное движение от соприкосновения прутков 1 с почвой и обеспечивает вращение соединенного с ним через планетарный механизм ведомого катка. Соединительный механизм позволяет вращаться ведомому катку в противоположную сторону относительно ведущего катка, но с большей скоростью ($\omega_2 > \omega_1$). Почвенная часть, которая находится под действием почвообрабатывающего катка рыхлится, уплотняется, выравнивается, а также подвергается многократным ударам со стороны упругих прутков 2 ведомого катка. Встречное вращение ведущего катка и ведомого катка повышает силу удара по комочкам почвы и улучшает показатель крошения почвы, а также обеспечивают очистку прутков от налипания почвы.

Теоретическое обоснование рабочего процесса предлагаемого почвообрабатывающего катка позволяет сделать вывод о том, что при движении катка по поверхности поля может наблюдаться повышение коэффициента скольжения ε из-за дополнительной нагрузки на ведущий каток со стороны механизма привода ведомого катка. А это приведёт к увеличению коэффициентов поверхностного и объёмного воздействия на почву (K_s и K_v).

Данная конструкция почвообрабатывающего катка снижает энергозатраты при подготовке почвы к посеву и может

использоваться как орудие комбинированного агрегата в составе культиватора или плуга [7, 8].

Совместная работа ведущего и ведомого катков обеспечивает:

- выравнивание поверхности почвы;
- уплотнённый слой почвы на глубине заделки семян сеялками [9, 10];
- улучшение показателя крошения почвы за счет активного воздействия на почвенные частицы, находящимися между рабочими органами ведущего и ведомого катков;
- самоочищение поверхности ведущего катка от почвы и растительных остатков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авторское свидетельство № 1276270 А1 СССР, МПК А01В 29/04. Почвообрабатывающий каток : № 3909333 : заявл. 10.04.1985 : опубл. 15.12.1986 / Ю. А. Виноградов, Ю. В. Шутов, Ю. И. Матяшин [и др.] ; заявитель Научно-исследовательский и проектно-технологический институт жидких удобрений.

2. Патент на полезную модель № 215975 U1 Российская Федерация, МПК А01В 29/04, А01В 29/06. Почвообрабатывающий каток : № 2022124714 : заявл. 20.09.2022 : опубл. 11.01.2023 / В. И. Пляка, С. П. Казанцев ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

3. Патент на полезную модель № 209650 U1 Российская Федерация, МПК А01В 29/04. Почвообрабатывающий каток : № 2021134659 : заявл. 26.11.2021 : опубл. 17.03.2022 / В. И. Пляка, С. М. Каткова, М. А. Мехедов ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

4. Виноградов, Ю. А. О взаимодействии пруткового сетчато-зубового катка с почвой / Ю. А. Виноградов // Земледельческая механика и программирование урожая: Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции. – Волгоград, 1990.

5. Механизация растениеводства (термины и определения): учебное пособие / Н. В. Алдошин, М. А. Мехедов, В. И. Пляка, И. Н. Гаспарян. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. – 260 с.

6. Патент на полезную модель № 211830 U1 Российская Федерация, МПК А01В 29/04, А01В 29/06. Почвообрабатывающий каток : № 2022105078 : заявл. 25.02.2022 : опубл. 24.06.2022 / В. И. Пляка, С. П.

Казанцев, С. М. Каткова ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева».

7. Comparative tests of ridging cultivators with active and passive working tools / Andrey Panov, Maxim Mosyakov, Stepan Semichev, Valery Plyaka, Nikolay Lylin, Mikhail Mekhedov // E3S Web of Conferences. Сер. «International Scientific Conference «Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering, CONMECHYDRO 2021». – 2021. – С. 04017.

8. Ploughing quality and energy consumption depending on plough bodies type / Y. P. Lobachevsky, I. V. Liskin, A. I. Panov, N. V. Aldoshin, V. I. Plyaka, N. A. Lylin // IOP Conf.Series : Materials Science and Engineering. – 2021. – 012154.

9. Патент на полезную модель № 210275 U1 Российская Федерация, МПК А01С 7/12. Устройство для высева семян : № 2021132823 : заявл. 11.11.2021 : опубл. 05.04.2022 / В. И. Пляка, С. М. Каткова ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

10. Пляка, В. И. Стендовые испытания экспериментальной сеялки для посева газонных трав / В. И. Пляка, С. М. Каткова, Н. А. Сергеева // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24. – № 5. – С. 24-29.

Об авторах:

Пляка Валерий Иванович, доцент кафедры сельскохозяйственных машин ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент.

Казанцев Сергей Павлович, заведующий кафедрой сопротивления материалов и деталей машин ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор, smdm@rgau-msha.ru.

About the authors:

Valery I. Plyaka, Associate Professor of Agricultural Machinery Department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), associate professor.

Sergey P. Kazantsev, Head of the Department of Resistance of Materials and Machine Parts, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), associate, professor.

ВЗАИМОЗАВИСИМОСТЬ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ОРУДИЙ В ИСТОРИИ РОССИЙСКОЙ АГРИКУЛЬТУРЫ

Н. А. Пичужкин

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

***Аннотация.** Статья изучает земледельческие орудия труда, применяемые при той или иной системе земледелия в агрикультуре России. Развитие русского земледелия обусловлено многообразными приемами его ведения. Каждое пахотное орудие обеспечивало агрикультурные мероприятия, приемлемые в определенной системе. Автор отмечает, что смена системы должна опираться на повышение качественных характеристик земледельческих орудий. Статья показывает некоторые технические возможности основных земледельческих орудий: косули, сохи, плуга. В работе рассмотрены основные злаковые культуры, выращиваемые при определенной системе земледелия, объясняются их преимущества перед другими злаками. Проведен анализ некоторых агротехнических приемов русского земледелия.*

***Ключевые слова:** агрикультура; косуля; плуг; рало; система земледелия; соха.*

THE INTERDEPENDENCE OF FARMING SYSTEMS AND AGRICULTURAL IMPLEMENTS IN THE HISTORY OF RUSSIAN AGRICULTURE

N. A. Pichuzhkin

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

***Abstract.** The article examines the agricultural tools used in a particular farming system in the agriculture of Russia. The development of Russian farming is due to the diverse methods of its management. Each plow provided agricultural activities acceptable in a certain system. The author notes that the change of the system should be based on improving the quality characteristics of agricultural implements. The article shows some technical capabilities of the main agricultural implements: fawn, plows, ploughs. The paper considers the main cereal crops grown*

under a certain farming system, explains their advantages over other cereals. The analysis of some agrotechnical techniques of Russian agriculture is carried out.
Keywords: *agriculture; fawn; plough; scratch plough; farming system; plow.*

Агрикультура России прошла через ряд сменяемых друг друга систем земледелия, каждой из которых соответствовал определенный набор орудий труда. Смена господствующей системы земледелия требовала повышения уровня используемых земледельческих орудий. Большинство исследователей отмечают на Руси «удивительное многообразие в приемах ведения земледелия» [1, с. 32], но эти приемы все же отличались в разных системах земледелия.

Развитие земледелия в значительной мере обусловлено «изобретением или заимствованием известного типа пахотного орудия, соответствующего этой системе» [2, с. 135]. Изучение соответствия земледельческих орудий и систем земледелия стало целью настоящей работы.

Еще в древности для обработки первых полей с посевами злаков использовались мотыги, а для уборки урожая – серпы, такое земледелие называют мотыжным. Несмотря на простоту таких орудий, на небольших площадях удавалось достичь высокого качества обработки почвы, что в настоящее время мы можем наблюдать на хорошо возделанных огородах. Рост народонаселения заставил человека рубить леса, установилась подсечно-огневая система земледелия (подсека). Основными орудиями обработки почвы стали рало и соха.

Рало (орало) было деревянным орудием, имело железный наконечник – ральник или сошник. Рало рыхлило землю, не производя его отвала в сторону. Похожими орудиями в разных регионах Руси были сошка и черкуша. В отличие от рала, соха имела два железных сошника и палицу (полицу), которая отваливала пласт, не переворачивая его. Соха не имела предустановленной регулировки глубины обработки, она зависела от работы пахаря, который либо нажимал на соху, либо приподнимал ее в процессе работы. За несколько веков соха почти не изменилась. Известно, что к XVIII веку большинство таких орудий оснащалось «переметной полицей», чтобы в конце борозды поменять отвал с одной стороны на другую. У сохи не имелось опорной подошвы (полоза), поэтому

она позволяла регулировать наклон и отваливать землю на большее или меньшее расстояние. Обычно сохой обрабатывали землю на глубину в два вершка (9 см), при необходимости можно было углубить обработку до четырех вершков. Рало и соха не нарушали структуры почвы, но и не наносили существенного урона сорнякам.

Известно, что при подсечно-огневом земледелии много физических затрат требуется на подготовку участка, на подготовку одного гектара уходило 50...70 дней, а работала почти вся сельская община [2, с. 6]. Подготовка почвы была минимальной: соха обрабатывает мягкую землю, заделывает в нее золу.

При переложной системе земледелия (перелог) пахотный участок обрабатывался несколько лет, затем забрасывался на 10...15 лет. Обработка залежных, а иногда и целинных земель, была сложной, соха, даже с железным сошником, не годилась. В этом случае требовался плуг, часто тяжелый и на воловьей тяге. При такой пахоте появляется понятие «борозда» – место разреза и отвала земли вправо от пахаря.

Подсека и перелог являлись экстенсивными системами земледелия, рассчитанными на постепенный рост пахотных угодий, который не мог продолжаться бесконечно. С утверждением частной собственности на землю и ростом населения произошел переход к интенсивной паровой системе, двуполью и трехполью. При двуполье злаковыми культурами засеивалась половина пахотного поля, а при трехполье две трети, часть поля отдыхала, «парилась» (сев не производился, вносился и запахивался навоз). Паровая система характеризовалась общим снижением урожайности и повышением производительности труда, ведь постоянно возделываемое поле не могло дать такого урожая, как новое, но обрабатывалось значительно легче. Простота обработки привела к снижению использования дорогого и тяжелого плуга и почти полному господству сохи. Отметим, что трехполье, а с ним и соха, в российском земледелии господствовали с XIV по конец XIX века.

Господство сохи в условиях подсечно-огневой и паровой систем поддерживалось дополнительной обработкой поля бороной. Это земледельческое орудие применялось не только при рыхлении и борьбе с сорняками, но и при заделке семян (источники называют такой сев «севом под борону»). В ранней истории русского народа

при господстве подсечно-огневого земледелия применялась простейшая борона-суковатка. Она представляла собой часть ствола дерева с отрубленными на одинаковом расстоянии от ствола сучьями, которые при движении суковатки и рыхлили землю. Такая борона при обламывании зубьев ремонту не подлежала и заменялась новой. Переложная и паровая системы требовали усиленной борьбы с сорняками и появилась рамная борона с несколькими рядами заменяемых по мере необходимости зубьев, примерно равных по длине. Обычно такая борона изготавливалась из дуба.

Основным знаком при трехполье была озимая рожь, ее посеы давали приемлемые результаты на любой, часто плохо обработанной земле. Для увеличения урожая применялось двоение или троение почвы, участок сохой обрабатывался 2...3 раза. Главной яровой культурой был овес, без которого было бы невозможно содержать лошадей. Для возделывания овса достаточна минимальная обработка почвы. В Трудах Вольного экономического общества (ВЭО) об овсе писали, что эта культура требует «в сеянии меньше работы» [3, с. 121]. Дело в том, что овес сеют гуще, чем другие злаковые, следовательно, требуется меньшее количество земли. Нормы высева для ржи и пшеницы на одну десятину составляли две четверти (четверть составляла около 26 кг), для овса уже 3...4 четверти [4, с. 52].

Урожайность овса была не высока, но очень стабильна. В северных районах России основной яровой культурой был ячмень, он поспевал быстрее, чем овес.

Яровая пшеница высевалась в небольшом объеме. Лучшие урожаи она давала «на нови», на лесных рощистях, на распаханых лугах. Но таких земель из-за низкого уровня развития агротехники, было мало.

В XVIII веке получила распространение яровая пшеница-ледянка. Свое название она получила из-за очень раннего сева во вспаханную и заборованную еще осенью почву. По утверждению известного русского агронома Андрея Тимофеевича Болотова, ледянка сеялась «весною, как только снег сойдет и земля несовершенно еще растает» [5, с. 139]. Болотов утверждал, что в Каширском уезде пшеница-ледянка имела урожайность сам-8 и выше. Так почему посеы ледянки были незначительными? Дело в том, что ледянка, как и любая другая пшеница, сеялась на хорошо

обработанной земле, иначе ее эффективность резко падала. Мы видим, что недостаточный уровень агротехники не позволял утвердиться агрономическим достижениям.

В южных районах России важной культурой была гречиха. Один из основателей русской агрономии Иван Михайлович Комов (1750-1792) писал: «Гречу и больше сеют и лучше употребляют в России знают, нежели по все Европе. Ибо там птицу да скотину кормят ею, а у нас самую питательную для человека пищу для нея готовят» [6, с. 333]. Агротехническим достоинством гречихи было то, что она сеялась «на самой худой земле», не требовала особой обработки почвы, «пашут под нее обыкновенно один раз».

Такие культуры, как лен и конопля, были неизменным элементом ассортимента культур парового трехполья [1, с. 45]. Эти технические культуры сеялись в незначительном объеме и не требовали тщательной обработки почвы. Земледельцы отмечали, что лен и конопля сильно истощали почву.

Таким образом, мы видим, что паровое трехполье соответствовало сложившемуся уровню агротехники и орудий труда. Соха и борона на постоянно возделываемых землях поддерживали привычный уровень агрикультуры.

В XVIII веке в сельскохозяйственный оборот вошло большое количество новых земель, в том числе и лесных рощистей. Как правило, для их обработки применялась косуля. Это орудие имело только один, правый сошник. Вместо левого сошника был устроен выдвинутый вперед отрез, надрезающий земляной пласт. Таким образом, косуля, в отличие от сохи, в любом случае отваливала пласт, но, как и соха, не переворачивала его.

В XIX веке продолжилось увеличение пахотных земель, росла товарность хозяйства, укреплялись буржуазные отношения. Соха оставалась основным пахотным орудием в крестьянских хозяйствах. На дворянских землях все чаще применялся многопольный севооборот. Для таких хозяйств недостатки сохи стали критическими. Еще в конце XVIII века И. М. Комов опубликовал первый в России труд о земледельческих орудиях. О сохе Комов писал так: «...владеть ею столь удручительно, что трудно сказать, лошади ли, которая ее тянет, или человеку, который правит, ходить с нею труднее. Сверх сего она из чрезмеру многих да еще все тонких частей составлена, кои скоро трутся, рвутся и ломаются, от чего в работе

бывает остановка» [7, с. 8]. Там же Комов советует «пахать косулею легкою об одном лемеше, какие в Переславле Рязанском делаются» [7, с. 9].

Применимые в незначительных объемах и ранее, плуги были весьма разнообразны. Объединяло их то, что они позволяли отрезать и переворачивать пласт земли, могли быть настроены на фиксированную глубину вспашки, которая могла достигать «около одного пол-аршина» (36 см). В конце XVIII века во многих хозяйствах практиковалась глубокая вспашка: «пахать же под всякий хлеб землю глубока, так, чтобы соха почти до материка достигала» [8, с. 20].

Более качественная подготовка почвы была необходимым условием для интенсификации аграрного производства, для введения многопольных севооборотов, для интродукции ранее не выращиваемых растений. Вместе с этим надо было решать и совершенно новую задачу – утвердить в России земледельческую науку, изучающую законы жизни и развития почвы и растений, а также науку о сельскохозяйственных машинах. По утверждению Комова, нужно было «постараться облегчить труд земледельцев изобретением новых или поправлением старых орудий земледельных» [7, с. 10].

К сожалению, после исследования Комова в течение столетия «вся литература и рекомендации по сельскохозяйственной технике сводились почти исключительно к тому, что называется «описательным машиноведением»... Теоретических разработок было очень мало» [9, с. 32].

Таким образом, мы установили и рассмотрели взаимосвязь между развитием сельскохозяйственной техники и систем земледелия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Милов, Л. В. Великорусский пахарь и особенности российского исторического процесса / Л. В. Милов. – М. : РОССПЭН, 1998. – 573 с.
2. Васильев, В. П. Модификация трехпольной системы земледелия в XVIII веке / В.П. Васильев, Н.А. Пичужкин. – М. : ООО УМЦ «Триада», 2014. – 171 с.
3. Труды ВЭО. – 1767. – Ч. VII.

4. Минаев, Е. П. Агрэкономические отношения в России (IX-XX вв.) / Е. П. Минаев, В. П. Васильев, Н. А. Пичужкин. – М. : ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. – 124 с.
5. Труды ВЭО. – 1766. – Ч. II.
6. Комов, И. М. О земледелии / И. М. Комов. – М. : Типография Пономарева, 1788. – 378 с.
7. Комов, И. М. О земледельных орудиях / И. М. Комов. – СПб. : Типография Б. Л. Гэка, 1785. – 51 с.
8. Васильев, В. П. Вопросы развития земледелия в сельскохозяйственных журналах второй половины XVIII века / В. П. Васильев, Н. А. Пичужкин. – М. : ООО УМЦ «Триада», 2013. – 53 с.
9. Иофинов, С. А. Становление агроинженерной науки и образования в России (XIX-XX вв.) / С. А. Иофинов, В. Г. Еникеев, В. Ф. Скробач. – СПб. : СПГАУ, Химиздат, 1999. – 352 с.

Об авторе:

Пичужкин Николай Александрович, доцент кафедры истории ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат исторических наук, доцент, belavinka@mail.ru.

About the author:

Nikolay A. Pichuzhkin, associate professor of the Department of History, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (History), associate professor, belavinka@mail.ru.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ СИНТЕТИЧЕСКИХ МОЮЩИХ СРЕДСТВ

В. М. Корнеев

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

***Аннотация.** В статье приведены свойства моющих средств. Рассмотрено влияние моющих средств на эффективность очистки. Изложены технологические режимы процесса очистки.*

***Ключевые слова:** загрязнения; моющие средства; очистка; технологический режим; эффективность.*

TECHNOLOGY OF APPLICATION OF AQUEOUS SOLUTIONS OF SYNTHETIC DETERGENTS

V. M. Korneev

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

***Abstract.** The article describes the properties of detergents. The influence of detergents on cleaning efficiency is considered. The technological regimes of the cleaning process are outlined.*

***Keywords:** pollution; detergents; cleaning; technological mode; efficiency.*

В процессе эксплуатации и хранения сельскохозяйственной техники на наружных поверхностях машин и рабочих поверхностях деталей откладываются различные виды загрязнений, которые не только препятствуют качественному проведению контрольно-регулирующих работ, но и снижают эксплуатационную надежность и ресурс машин. В этой связи особую актуальность приобретают вопросы обеспечения качества очистки в ремонтно-обслуживающем производстве [1].

Эффективность очистки во многом определяется видом моющего средства и технологическими режимами процесса (концентрация моющего средства в моющем растворе, температура моющего раствора, продолжительность очистки). При выборе

моющего средства необходимо учитывать особенности технологического процесса очистки, состав и свойства загрязнений, физико-механические свойства материалов объектов очистки [2].

Из-за разнообразного состава реальных загрязнений наиболее эффективными и наиболее распространенными для их удаления являются *синтетические моющие средства (СМС)*, основу которых составляют смеси щелочных солей и поверхностно-активных веществ (ПАВ). Препараты МС-15, МС-17, МС-18, МС-26, МС-37 применяют для удаления масляно-грязевых, смолистых и асфальтено-смолистых отложений с поверхностей деталей из черных и цветных металлов. Очищенные детали не корродируют и не требуют ополаскивания [3].

Растворы СМС обладают высокой абсорбционной способностью, что определяет устойчивость мелкодиспергированных частиц загрязнений против их обратного оседания (ресорбции) на очищенную поверхность детали.

Моющее средство МС-15 предназначено для очистки машин, агрегатов и деталей от грязе-масляных отложений, растительных остатков, смазочных материалов, асфальтено-смолистых отложений в моечных машинах погружного типа с интенсивным возбуждением моющего раствора концентрацией 15...20 г/л и температурой 75...85°C.

Моющее средство МС-17 целесообразно применять в выварочных ваннах, в погружных моечных машинах шлюзового типа, вибрационных, роторных, циркуляционных и других моечных машинах с концентрацией 15...20 г/л и температурой раствора 80...85°C.

Моющее средство МС-18 предназначено для очистки ремонтируемых объектов в струйных моечных машинах с давлением в напорном трубопроводе 0,6...1,0 МПа, концентрацией 10...15 г/л и температурой 75...80°C.

При очистке в струйных моечных машинах можно использовать также МС-17, с концентрацией 7...10 г/л, МС-37 – 10...15 г/л.

Моющие средства МС-26 и МС-26М предназначены для очистки ремонтируемых объектов от смолистых и масляных загрязнений в любых моечных установках с концентрацией 10...25 г/л, температурой раствора 70...75°C. МС-26 позволяет удалять старые лакокрасочные материалы с деталей из цветных

металлов и сплавов при концентрации 50...70 г/л и температуре раствора 90...95°C.

Моющее средство МС-37 рекомендуется для использования при очистке деталей от масляных и смолистых отложений.

СМС следует растворять в предварительно подогретой до 50...60°C воде.

В установках струйного типа при давлении свыше 0,4...0,5 МПа во избежание в первый период пенообразования рекомендуется СМС заправлять за 2...3 приема.

При этом уровень воды в ванне с моющим раствором должен быть ниже кромки на 0,5...1,0 м для создания пенного пространства. Через 3...4 ч работы моечной машины с накоплением в ванне загрязнений пенообразование моющего раствора резко снижается. В этом случае производят дозаправку моющего средства и воды до нормы.

Причиной недостаточной эффективности моющего раствора и качества очистки может быть низкая температура раствора и недостаточная его концентрация, плохое возбуждение раствора, малое время очистки, неправильный выбор моющего средства для данной технологической операции.

Эффективность и качество очистки повышаются с увеличением температуры раствора.

Температура очистки является одной из важнейших технологических характеристик раствора синтетических моющих средств. Поэтому температуру поддерживать нужно в оптимальных пределах.

Концентрация моющего раствора так же, как и температура, оказывает влияние на эффективность и качество очистки. Если растворы используются согласно технологическим рекомендациям, изложенным выше, то повышение концентрации не всегда приводит к улучшению моющего действия. В этом случае целесообразнее увеличить продолжительность очистки. Увеличение времени пребывания очищаемых деталей в рабочей зоне при высокой температуре способствует размягчению загрязнений, что повышает эффективность их отмыва.

Некоторые виды загрязнений в виде отложений тугоплавких смазок, осадков и смолистых отложений обладают слабой жидкостекучестью и структурно-механическими свойствами, поэтому их

очистка в установках струйного типа затруднительна и продолжительна. К тому же, как правило, эти загрязнения находятся в труднодоступных для очистки местах: глухих и сквозных отверстиях, глубоких карманах и т.д. Очистку деталей от этих загрязнений следует проводить в погружных моечных машинах и выварочных ваннах. Ваннный способ очистки позволяет повысить температуру моющего раствора до 95...100°C. В результате этого смолистые отложения приобретают жидкотекучесть, легко деформируются под действием поверхностных и выталкивающих сил и внешних механических воздействий. При этом наибольший эффект (20 г/л) достигается с использованием МС-15, МС-17, МС-26 и МС-37.

Один из способов повышения качества очистки, на которой следует обратить внимание, – это отделение сильно загрязненных деталей из общего потока. Такие детали в зависимости от вида загрязнений подвергаются различным способам предварительной обработки в растворителях, в концентрированных щелочных растворах или очищают вручную, а затем направляют на производственную линию очистки.

Очень часто детали засыпаются в поддон и корзины беспорядочно, без правильной укладки, что снижает эффективность и качество очистки. Детали целесообразно навешивать на специальные подвески или укладывать с просветом для обильного обмыва моющим раствором.

Для эффективной работы установок струйного типа необходимо ежедневно прочищать сопла душевого устройства, раствор фильтровать, а плавающие по поверхности нефтепродукты следует собирать и удалять.

Растворы СМС особой опасности в использовании не представляют, но поскольку они используются сильно нагретыми (75...85°C), то их попадание на кожу недопустимо. При случайном попадании на кожу раствор следует удалить холодной водой. Длительный контакт с моющими растворами может вызвать обезжиривание кожного покрова рук. Для предупреждения этого явления рекомендуется перед работой смазывать руки защитным силиконовым кремом.

При засыпании порошка СМС в емкость моечной машины возможно образование пылевого облака. В таких случаях следует

применять средства индивидуальной защиты: очки, респиратор или марлевую повязку, перчатки.

Таким образом, синтетические моющие средства на основе поверхностно-активных веществ обладают способностью понижать свободную энергию жидкости и увеличивать ее смачивающую способность, что характеризует химическую активность моющего раствора [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корнеев, В. М. Технология ремонта машин / В. М. Корнеев, И. Н. Кравченко, Д. И. Петровский. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 314 с.
2. Тельнов, Н. Ф. Технология очистки сельскохозяйственной техники / Н. Ф. Тельнов. – М. : Колос, 1983. – 256 с.
3. Рекомендации по применению моющих средств для очистки машин и деталей при ремонте. – М. : ГОСНИТИ, 1984. – 97 с.
4. Митрохина, Е. В. Совершенствование технологического процесса мойки деталей при ремонте техники в сельском хозяйстве : 05.20.03 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Митрохина Екатерина Владимировна, 2021. – 140 с.
5. Дидманидзе, О. Н. Технический сервис в АПК / О. Н. Дидманидзе, В. М. Корнеев. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2015. – 110 с.

Об авторе:

Корнеев Виктор Михайлович, доцент кафедры технического сервиса машин и оборудования ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, доцент.

About the author:

Victor M. Korneev, associate professor of the Department of Technical Service of Machinery and Equipment, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49). Cand.Sc. (Engineering), associate professor.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ МИРОВОГО ТРАКТОРОСТРОЕНИЯ

**И. А. Старостин, А. В. Ещин, С. А. Давыдова, Е. Д. Дегтярева,
Г. В. Сысоев**

Федеральный научный агроинженерный центр «ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

***Аннотация.** Проведен анализ распределения представленных ведущими производителями на мировом рынке моделей сельскохозяйственных тракторов по мощности, основным типам трансмиссий и ходовых систем.*

***Ключевые слова:** сельскохозяйственный трактор; мощностной диапазон; коробка переключения передач; автоматическая трансмиссия; ходовая система.*

ANALYSIS OF THE STATE OF THE WORLD TRACTOR INDUSTRY

**I. A. Starostin, A. V. Yeshchin, S. A. Davydova, E. D. Degtyareva,
G. V. Sysoev**

Federal Scientific Agroengineering Center «VIM», Moscow, Russian Federation

***Abstract.** The analysis of the distribution of agricultural tractor models presented by leading manufacturers on the world market in terms of power, main types of transmissions and running systems is carried out.*

***Keywords:** agricultural tractor; power range; gear box; automatic transmission; chassis system.*

Сельскохозяйственное машиностроение является одним из ключевых сегментов машиностроительного комплекса, нацелено на решение задач импортозамещения и модернизации сельского хозяйства и способствует обеспечению продовольственной безопасности страны. Современной основой механизации сельскохозяйственного производства являются тракторы. Для определения перспективных направлений развития отечественного тракторостроения актуально проведение исследований по выявлению общих трендов развития мирового рынка тракторов.

Цель исследования – выявить общемировые тренды развития тракторостроения по преобладающим мощностным диапазонам, типам трансмиссий и ходовых систем, производящихся ведущими фирмами сельскохозяйственных тракторов.

Материалы и методы

Объектом исследования являлись модели современных сельскохозяйственных тракторов, представленных на мировом рынке. Для проведения исследований выбраны 490 моделей современных колесных и гусеничных сельскохозяйственных тракторов, производящиеся в России, Индии, Китае, США, Японии, странах СНГ и ЕС. Основой исследования послужили информационные материалы российских и зарубежных предприятий-изготовителей сельскохозяйственных тракторов. В процессе исследования использовались такие методы, как информационный анализ и синтез.

Результаты и обсуждение

В настоящее время выпускается широкий спектр тракторной техники, в различных вариациях оснащения, размеров и мощности. Региональная структура мирового экспорта сельхозтехники во многом объясняется размещением основных производственных активов крупнейших компаний-производителей. Продолжительное время определяющую роль на мировом рынке сельскохозяйственных машин играют всего несколько компаний: John Deere (США), Case New Holland (CNH) (США), AGCO Corporation (США), Claas (Германия), Same-Deutz-Fahr (SAME, Италия), Kubota Corporation (Япония), Mahindra Tractors (Индия). Большую долю рынка сельскохозяйственных машин (около 30 %) занимают тракторы. Географически подавляющий объем производства для собственного использования и реализации на экспорт тракторов сосредоточен в двух регионах мира: Северной Америке и Европе. Из прочих регионов следуют выделить Азиатско-Тихоокеанский, где основными производителями и странами-экспортерами являются Япония и Республика Корея, в значительной степени работающие на рынок США, а также Китай, имеющий широкую географию поставок, заметную долю в которой занимают страны Африки [1].

В настоящее время на мировом рынке сельскохозяйственных тракторов представлено более 30 фирм-производителей из различных стран мира. Используя информацию, представленную на

официальных сайтах производителей [2-8], построены гистограммы распределения моделей по мощности (рисунок 1).

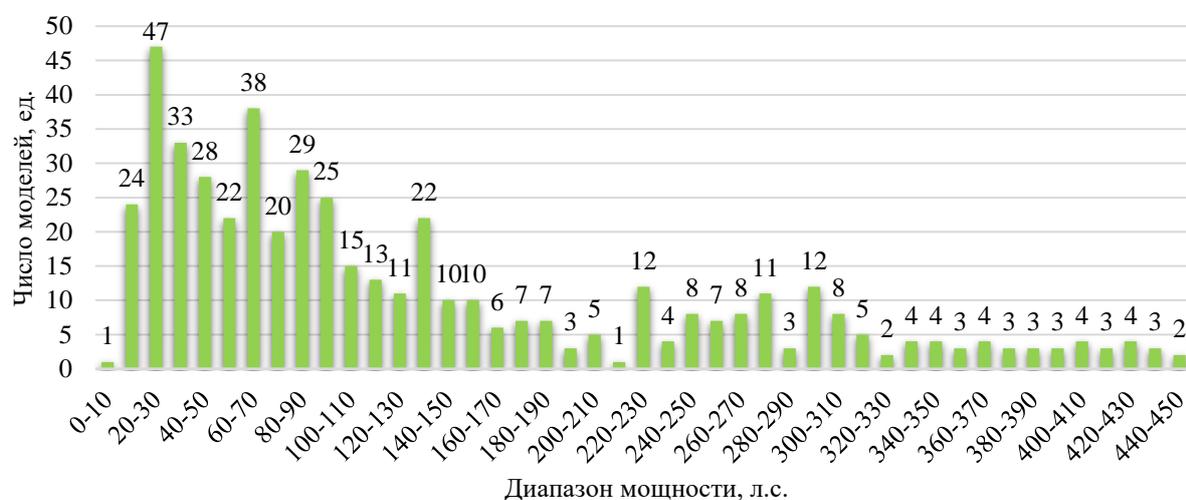


Рисунок 1 – Распределение моделей тракторов на рынке по мощности

Анализ распределения моделей тракторов по мощности показывает, что наибольшее число представленных моделей имеют мощность от 20 до 100 л. с. При этом в данном мощностном диапазоне преобладают азиатские производители: Mahindra, Kubota, Kioti, Branson, Dongfeng и др. Связано это в первую очередь с особенностями сельскохозяйственного производства в данных регионах. Европейские и американские производители ориентируются на производство тракторов мощностью свыше 60 л. с. В целом производители, реагируя на потребности рынка, делают ставку на тракторы мощностью: 20...50 л. с., 60...70 л. с., 80...100 л. с., 130...140 л. с., 220...230 л. с., 270...280 л. с. и 290...300 л. с.

Предлагаемые на рынке модели тракторов имеют три основных типа трансмиссии: механическую, автоматическую ступенчатую и автоматическую бесступенчатую (вариатор). Анализ распределения предлагаемых на рынке моделей тракторов по мощности (рисунок 2) показывает, что механическая трансмиссия наиболее распространена на тракторах мощностью до 100 л. с., автоматическая ступенчатая – преобладает на тракторах мощностью свыше 100 л. с., а автоматическая бесступенчатая встречается в моделях мощностью как от 20 до 80 л. с., так и в более мощных – от 130 до 380 л. с.

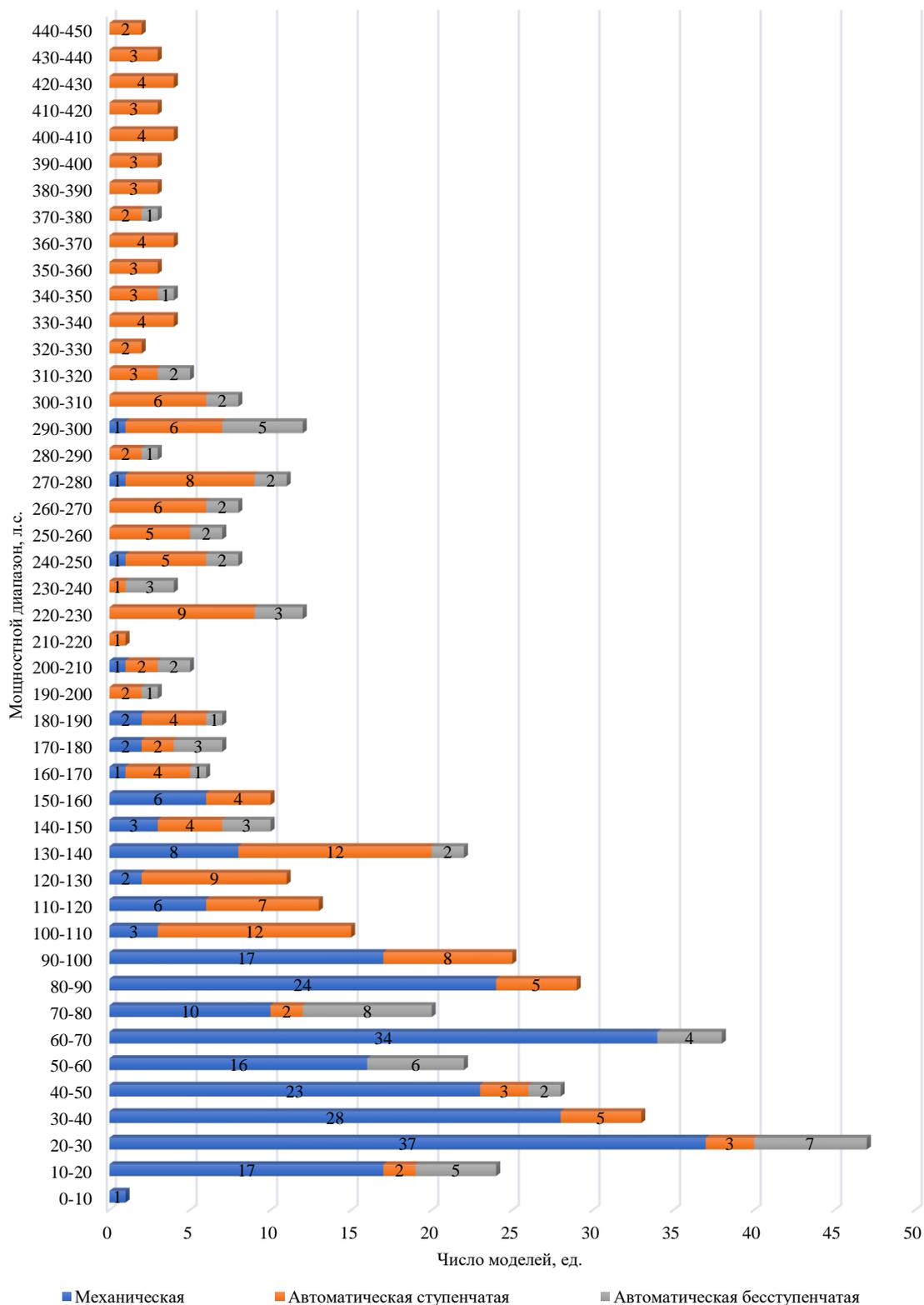


Рисунок 2 – Распределение моделей тракторов на рынке по мощности и типу трансмиссии

Анализ распределения предлагаемых на рынке моделей тракторов по производителю и типу трансмиссии показывает, что

автоматическая трансмиссия предлагается в основном на тракторах Case, Claas, Deutz-Fahr, John Deere, New Holland, Valtra и Ростсельмаш. Основным производителем тракторов с бесступенчатой трансмиссией является Fendt. При этом модели с бесступенчатой трансмиссией предлагают также Claas, Deutz-Fahr, JCB, Kioti, Valtra и другие.

Число представленных на рынке гусеничных моделей тракторов относительно не велико. Распределение гусеничных моделей тракторов по мощности показывает, что преобладающее их число находится в мощностных диапазонах 130...140 л. с., 220...230 л. с., 240...250 л. с., 270...280 л. с., 300...330 л. с. и свыше 340 л. с. (рисунок 3). Основными производителями представленных на российском рынке гусеничных тракторов являются Challenger, John Deere, Fendt, Case, Ростсельмаш, Агромаш и Брянский тракторный завод.

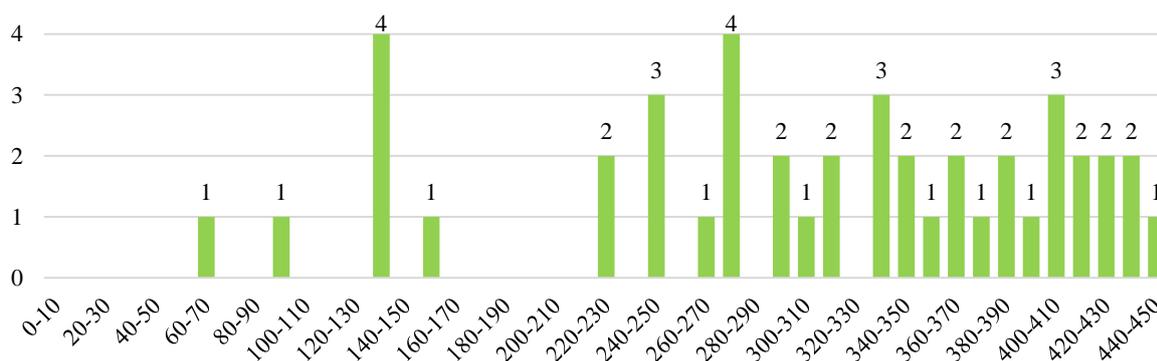


Рисунок 3 – Распределение гусеничных моделей тракторов по мощности

Выводы

Анализ мирового рынка сельскохозяйственных тракторов показывает, что наибольшее распространение получают тракторы мощностью: 20...50 л. с., 60...70 л. с., 80...100 л. с., 130...140 л. с., 220...230 л. с., 270...280 л. с. и 290...300 л. с. Механическая трансмиссия наиболее распространена на тракторах мощностью до 100 л. с., автоматическая ступенчатая – преобладает на тракторах мощностью свыше 100 л. с., а автоматическая бесступенчатая встречается в моделях мощностью как от 20 до 80 л. с., так и в более мощных – от 130 до 380 л. с. Автоматическая трансмиссия предлагается в основном на тракторах Case, Claas, Deutz-Fahr, John

Deere, New Holland, Valtra и Ростсельмаш. Основным производителем тракторов с бесступенчатой трансмиссией является Fendt, при этом модели с бесступенчатой трансмиссией также предлагают Claas, Deutz-Fahr, JCB, Kioti, Valtra и другие. Преобладающее число гусеничных моделей тракторов находится в мощностных диапазонах 130...140 л. с., 220...230 л. с., 240...250 л. с., 270...280 л. с., 300...330 л. с. и свыше 340 л. с., а основными их производителями являются Challenger, John Deere, Fendt, Case, Ростсельмаш, Агромаш и Брянский тракторный завод.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проблемы формирования Российского парка и рынка сельскохозяйственных тракторов с учетом состояния и перспектив развития их производства в России и за рубежом / А. Ю. Измайлов, Н. М. Антышев, Г. С. Гурылев, В. Г. Шевцов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2008. – № 5. – С. 7-17.
2. Анализ технического уровня современных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 1,4 / А. С. Дорохов, С. А. Давыдова, И. А. Старостин, В. Я. Гольдяпин // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 12 (282). – С. 8-13.
3. Анализ технического уровня современных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 2 / С. А. Давыдова, И. А. Старостин, А. В. Ещин, В. Я. Гольдяпин // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 3 (285). – С. 2-9.
4. Тенденции развития современных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 3 / И. А. Старостин, С. А. Давыдова, А. В. Ещин, В. Я. Гольдяпин // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 9 (291). – С. 2-8.
5. Анализ технического уровня современных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 4 / И. А. Старостин, С. А. Давыдова, А. В. Ещин, В. Я. Гольдяпин // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 3 (297). – С. 12-19.
6. Тенденции развития современных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 5 / И. А. Старостин, С. А. Давыдова, А. В. Ещин [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 7 (301). – С. 8-15.
7. Анализ технических характеристик современных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 6 / И. А. Старостин, С. А. Давыдова, А. В. Ещин, В. Я. Гольдяпин // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 1 (307). – С. 7-12.

8. Современные сельскохозяйственные тракторы тягового класса 8 / И. А. Старостин, С. А. Давыдова, А. В. Ещин, В. Я. Гольдяпин // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 6 (312). – С. 2-7.

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

Об авторах:

Старостин Иван Алексеевич, старший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, Российская Федерация, Москва, 1-й Институтский проезд, 5), кандидат технических наук, starwan@yandex.ru.

Ещин Александр Вадимович, старший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, Российская Федерация, Москва, 1-й Институтский проезд, 5), кандидат технических наук, eschin-vim@yandex.ru.

Давыдова Светлана Александровна, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, Российская Федерация, Москва, 1-й Институтский проезд, 5), кандидат технических наук, davidova-sa@mail.ru.

Дегтярева Елена Дмитриевна, младший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, Российская Федерация, Москва, 1-й Институтский проезд, 5), alenakozh@yandex.ru.

Сысоев Георгий Владимирович, главный специалист ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5), sysoev.gv@gmail.com.

About the authors:

Ivan A. Starostin, senior researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutional Project, 5), Cand.Sc. (Engineering), starwan@yandex.ru.

Alexander V. Eshchin, senior researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutional Project, 5), Cand.Sc. (Engineering), eschin-vim@yandex.ru.

Svetlana A. Davydova, leading researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutional Project, 5), Cand.Sc. (Engineering), davidova-sa@mail.ru.

Elena D. Degtyareva, junior researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutional Project, 5), alena-kozh@yandex.ru.

Georgy V. Sysoev, chief specialist, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutional Project, 5), sysoev.gv@gmail.com.

СИСТЕМА ВЕСОВОГО КОНТРОЛЯ ГРУЗОВОГО АВТОТРАНСПОРТА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

В. Л. Пильщиков, О. П. Андреев

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

***Аннотация.** Автомобильные дороги функционируют под действием различных динамических нагрузок движущихся транспортных средств, жестких климатических условий, воздействия химических веществ. Сохранение длительной исправной работы дороги зависит от соблюдения правил движения крупногабаритного грузового транспорта, соблюдения допустимых нагрузок на оси, ограничения скорости движения. Системный подход к весогабаритному контролю транспортных средств на автомобильных дорогах – гарантия сохранности и безопасности движения перевозчиков.*

***Ключевые слова:** автомобильный транспорт; тяжеловесные транспортные средства; габаритные и весовые параметры; дорожная инфраструктура; нормативные нагрузки; пункты весогабаритного контроля.*

METHOD FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF LUBRICATING OILS

V. L. Pilshchikov, O. P. Andreev

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

***Abstract.** Highways operate under the influence of various dynamic loads of moving vehicles, harsh climatic conditions, and exposure to chemicals. The preservation of long-term serviceable operation of the road depends on compliance with the rules of movement of large-sized cargo transport, compliance with permissible axle loads, and speed limits. A systematic approach to the weight and dimensional control of vehicles on highways is a guarantee of the safety and security of the movement of carriers.*

***Keywords:** road transport; heavy vehicles; overall and weight parameters; road infrastructure; regulatory loads; weight and dimensional control points.*

Крупногабаритный грузовой транспорт, передвигающийся с нарушением габаритных и весовых параметров, снижает ресурс дорожного полотна, уменьшает целостность дорожных

конструкций (мостов, развязок), дорожной инфраструктуры. Грузовое или легковое транспортное средство с перегрузом представляет собой серьезную опасность для всех участников движения на автомобильной дороге: ТС движется неустойчиво; тормозной путь удлиняется, что может привести к столкновению; перегруз может привести к поломке ТС в движении, в том числе и самой оси; перегруз ведет к увеличению содержания твердых частиц в выхлопных газах; перегруз грузового ТС приводит к разрушению дороги и мостовых конструкций. В результате наносится ущерб в размере 2,5 трлн рублей в год, ускоряется износ деталей автотранспортных средств в размере до 30 % ресурса, возникают риски дорожно-транспортных происшествий с другими участниками дорожного движения.

По данным статистики на российских дорогах каждый третий грузовой автомобиль имеет перегруз, из них процент превышения разрешенной нагрузки по общей массе составляет 20 % машин, нагрузка на ось – 80 %.

Дорожные покрытия рассчитаны на определенные суммарные нагрузки, при их превышении разрушения возникают значительно быстрее.

Весовому контролю необходимо подвергать автотранспортные средства с нагрузкой на ось более 6-ти тонн, а также все грузовые автомобили, общий вес которых превышает 20 тонн.

Весогабаритный контроль – это проверка параметров массы и габаритов автомобилей, такие как вес, ширина, высота и длина. Он необходим для предотвращения ДТП, связанных с перегрузкой или непроходимостью дороги для транспортного средства. От перегруза повреждается не только дорога, но и транспортное средство. Целью контроля перегруза является предотвращение его на дорогах.

Порядок регулирования весогабаритного контроля выполняет ст. 31 закона от 28.04.2023 № 172-ФЗ и Приказ Минтранса России от 31.08.2020 № 348. При этом необходимо учитывать нормативное удельное давление, которое не должно превышать $p = 0,6$ МПа с учетом расчетного диаметра следа колеса автомобиля. Этот расчетный параметр – удельное давление P , является самым объективным и физически обоснованным для решения вопроса о допустимых нагрузках на дорогу.

Автомобильная дорога является сложной многослойной дорожной конструкцией, выполненной на земляном полотне [3]. Качество материалов и соблюдение технологий строительных работ позволяет создавать автомобильные дороги различного вида, классифицируемые 1...5 категориями (рисунок 1).



Рисунок 1 – Слои дорожной конструкции для автодороги 1 категории под осевую нагрузку 11,5 т.

В процессе эксплуатации автомобильной дороги происходит деформирование слоев нежестких дорожных конструкций.

В нормативных государственных документах [1] содержатся требования по нагрузкам транспортных средств, расчетные схемы, габариты. Грузовой транспорт должен соответствовать параметрам, которые прописаны в Приложениях к Постановлению Правительства РФ от 21.12.2020 № 2200.

В Постановлении Правительства РФ от 31 января 2020 г. № 67 «Об утверждении Правил возмещения вреда, причиняемого тяжеловесными транспортными средствами, об изменении и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации» содержатся требования о возмещении вреда, причиняемого проездом крупногабаритного транспорта. Размер вреда, причиняемого тяжеловесными транспортными средствами, рассчитывается с учетом:

а) превышения, установленных Правительством Российской Федерации, запрещающими дорожными знаками 3.11 «Ограничение массы» и (или) 3.12 «Ограничение массы, приходящейся на ось транспортного средства» или решением о временном ограничении движения транспортных средств, принимаемом в

соответствии со статьей 30 Федерального закона, значений: допустимой массы транспортного средства; допустимой нагрузки на ось транспортного средства;

б) протяженности участков автомобильных дорог, по которым проходит маршрут транспортного средства;

в) базового компенсационного индекса текущего года.

Для снижения вредного воздействия принят Приказ Министерства транспорта РФ 31 августа 2020 г. № 348 «Об утверждении Порядка осуществления весового и габаритного контроля транспортных средств».

Весогабаритный контроль транспортных средств на автомобильных дорогах Российской Федерации осуществляется в пунктах весового и габаритного контроля транспортных средств (далее – пункты весогабаритного контроля), организуемых в соответствии с главой IV настоящего Порядка, в целях обеспечения сохранности автомобильных дорог.

Стационарные пункты весогабаритного контроля транспортных средств (далее – СПВГК) и автоматические пункты весогабаритного контроля транспортных средств (далее – АПВГК) организуются владельцами автомобильных дорог или назначенными ими лицами (далее – оператор СПВГК и оператор АПВГК соответственно) и должны быть обустроены техническими средствами организации дорожного движения в соответствии с проектами организации дорожного движения, разработанными с учетом Правил подготовки документации по организации дорожного движения.

Передвижные пункты весогабаритного контроля транспортных средств (далее – ППВГК) организуются на базе автомобиля или прицепа на автомобильных дорогах федерального значения уполномоченным контрольно-надзорным органом, а на иных автомобильных дорогах – уполномоченным контрольно-надзорным органом, владельцем таких автомобильных дорог или назначенным им лицом (далее – оператор ППВГК).

Осуществление весогабаритного контроля на СПВГК и ППВГК включает в себя следующие способы контроля: 1) визуальный; 2) инструментальный; 3) документальный.

Визуальный контроль осуществляется должностным лицом уполномоченного контрольно-надзорного органа путем визуального выявления в транспортном потоке транспортного средства с

возможным превышением весогабаритных параметров и направления такого транспортного средства к месту размещения СПВГК или ППВГК для контроля весогабаритных параметров.

Признаками возможного превышения весогабаритных параметров транспортного средства являются: загрузка сверх бортов кузова или наличие наращенных бортов кузова; просадка узлов подвески; снижение динамических характеристик транспортного средства при движении; выступающий за габариты транспортного средства груз.

Визуальный контроль на СПВГК или ППВГК включает: определение типа подвески (пневматическая или эквивалентная ей); определение скатности колес на каждой оси транспортного средства.

При наличии на СПВГК работающих в автоматическом режиме специальных технических средств, имеющих функции фото- и киносъемки, видеозаписи для фиксации весогабаритных параметров транспортных средств, решение об остановке транспортного средства может приниматься на основании результатов проверки его весогабаритных параметров такими специальными техническими средствами.

Должностным лицом уполномоченного контрольно-надзорного органа самостоятельно либо во взаимодействии с владельцем автомобильной дороги или оператором СПВГК (ППВГК) проводится инструментальный контроль, включающий: измерение габаритных параметров транспортного средства (длина, ширина и высота); измерение расстояний между осями; определение групп сближенных осей; измерение (определение) весовых параметров транспортного средства (нагрузка на ось, нагрузка на группу сближенных осей, масса).

По требованию должностного лица уполномоченного контрольно-надзорного органа водитель транспортного средства представляет следующие документы: специальное разрешение на движение ТКТС (при наличии); документы на перевозимый груз; водительское удостоверение; регистрационные документы на транспортное средство.

На автоматическом пункте весогабаритного контроля транспортных средств (АПВГК) осуществляется фиксация весовых и габаритных параметров с использованием специальных

технических средств, работающих в автоматическом режиме и имеющих функции фото- и киносъемки, видеозаписи. По результатам инструментального контроля должностным лицом уполномоченного контрольно-надзорного органа, или владельцем автомобильной дороги, или оператором СПВГК (ППВГК) незамедлительно, но не позднее 3 часов, составляется акт результатов измерений весовых и габаритных параметров транспортного средства.

АПВГК должен включать: оборудование измерения нагрузок на оси транспортных средств; датчики определения скатности (количества колес) оси; датчики определения количества осей транспортного средства и расстояния между ними; оборудование для измерения габаритных параметров транспортных средств; средства для формирования обзорной фотографии транспортных средств; средства фотовидеофиксации государственных регистрационных номеров транспортных средств с функцией распознавания таких номеров и формирования фронтальной фотографии транспортных средств; средства искусственного освещения дорожного полотна (для работы в темное время суток); контроллеры взаимодействия с измерительным оборудованием; оборудование, обеспечивающее криптографическую защиту передаваемой информации; телекоммуникационное оборудование; опоры для размещения навесного оборудования; шкаф в антивандальном исполнении для размещения вычислительного и телекоммуникационного оборудования.

Участки автомобильной дороги протяженностью 100 метров до места установки и 50 метров после места установки оборудования автоматического измерения весогабаритных параметров должны отвечать следующим требованиям: продольный уклон не более 10 промилле (постоянный); поперечный уклон не более 30 промилле; прямые с допустимым радиусом кривизны в плане не менее 1 000 метров; поперечная и продольная ровность проезжей части не должна превышать нормативных показателей и должна обеспечивать возможность измерений согласно метрологическим характеристикам средств измерений.

Оборудование АПВГК устанавливается на автомобильных дорогах на расстоянии не менее 100 метров перед и не менее 50 метров после участков ускорения или замедления движения (регулируемых или нерегулируемых перекрестков, специально отведенных мест для отдыха, остановок общественного транспорта,

объектов сервиса, сужения или расширения дороги, примыкания полос торможения или разгона, железнодорожных переездов и иных мест), за исключением незаконных примыканий. АПВГК оборудуется программным обеспечением, позволяющим учитывать различный скоростной режим транспортного средства, в том числе при ускорении и замедлении движения транспортного средства.

После АПВГК по пути следования транспортных средств устанавливается оборудование, обеспечивающее визуальное информирование водителя ТКТС о превышении допустимых весогабаритных параметров транспортного средства.

Выводы

Штраф за проезд любого вида транспортного средства следует осуществлять за его перегруз. Учитывать необходимо нагрузки на одиночную ось и удельное давление на покрытие, определяемое соответствующими методами и измерительным оборудованием. Цель контроля весогабаритных параметров предотвратить перегруз на дорогах. Данные отдельных пунктов автоматического весогабаритного контроля необходимо объединить в единую федеральную государственную информационную систему весогабаритного контроля транспортных средств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 32960-2014. Межгосударственный стандарт. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения. – М. : Стандартинформ, 2016. – 8 с.
2. ГОСТ Р 52748-2007. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения. – М. : Стандартинформ, 2008. – 9 с.
3. Сильянов, В. В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц : учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. В. Сильянов, Э. Р. Домке. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. - 352 стр.
4. Постановление Правительства РФ от 31 января 2020 г. № 67 «Об утверждении Правил возмещения вреда, причиняемого тяжеловесными транспортными средствами, об изменении и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73395159>.

5. Приказ Министерства транспорта РФ 31 августа 2020 г. № 348 «Об утверждении Порядка осуществления весового и габаритного контроля транспортных средств» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/75003105>.

6. Дидманидзе, О. Н. Основы оптимального проектирования машинно-тракторных агрегатов / О. Н. Дидманидзе, Р. Н. Егоров. – М. : Учебно-методический центр «Триада», 2017. – 230 с.

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

8. Планирование автотранспортных перевозок в сельском хозяйстве / Ю. Н. Ризаева, В. Л. Пильщиков, Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2018. – 70 с.

Об авторах:

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

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

About the authors:

Vladimir L. Pilshchikov, associate professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, pilshikov@rgau-msha.ru.

Oleg P. Andreev, associate professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, aopmsau@rgau-msha.ru.

ДВИГАТЕЛЬ НИЗКОГО ТРЕНИЯ ДЛЯ ПРИУСАДЕБНОГО ХОЗЯЙСТВА

Д. В. Анашин

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

Аннотация. В статье приведено описание двигателя низкого трения, позволяющего получить максимальную эффективность использования техники при минимальных затратах.

Ключевые слова: двигатель; трение; ресурс работы; садовая техника.

LOW FRICTION ENGINE FOR HOUSEHOLD USE

D. V. Anashin

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

Abstract. The article describes a low-friction engine that allows you to maximize the efficiency of using technology at minimal cost.

Keywords: engine; friction; service life; gardening equipment.

На всем протяжении исторического развития человека, он был тесно связан с получением продуктов питания от земли. По мере развития сегодняшней цивилизации, повышения благосостояния людей, появляется все больше материальных возможностей для жизни без непосредственного участия в сельскохозяйственном производстве. Однако, стремление человека к общению с землей, выращиванию на ней растений, годами сформировано и у многих является потребностью. Типовым для нашей страны способом реализации таких стремлений является дача. Выращивание тех видов цветов, ягод, фруктов, которые нравятся конкретному человеку – уникальная возможность для реализации на даче. Вместе с тем, сегодняшняя цивилизация накладывает жесткие временные рамки на возможность занятия приусадебным хозяйством.

Сельскохозяйственная техника – ключ к решению большинства вопросов, возникающих перед владельцем дачного участка. Сегодня есть много возможностей по использованию робототехники и автоматики в помощи на дачном участке – от автоматического полива до роботов, ухаживающих за газоном. По мере роста количества и номенклатуры различной техники, растет и энергопотребление, все более актуальна потребность в широком спектре двигателей к технике. Во многих случаях техника комплектуется электродвигателями, но, в силу ряда причин, в т.ч. логистического характера, также актуальными остаются двигатели внутреннего сгорания, работающие на углеводородном топливе.

Анализ состояния вопроса показал, что одним из путей системного подхода к решению вопроса обеспеченности сельскохозяйственной техники двигателями внутреннего сгорания, может стать создание нового вида внутреннего сгорания с пониженным трением.

На кафедре тракторов и автомобилей Института механики и энергетики РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, в результате проведения анализа существующих решений в двигателестроении, используя методы функционально-стоимостного анализа, системы решения изобретательских задач ТРИЗ, была создана новая конструкция двигателя для сельскохозяйственной техники, в частности, для техники, используемой в приусадебном хозяйстве, такой, например, как мотокультиваторы, газонокосилки, снегоуборщики. Ограничивающими факторами при разработке нового двигателя были приняты возможность производства двигателя на существующих в широком использовании на большинстве предприятий технологическом оборудовании (штамповка); многотопливность эксплуатации двигателя (газ, бензин), высокие экологические требования, низкие эксплуатационные затраты.

Проведен анализ существующих на рынке конструкций двигателей иностранных компаний, а также перспективные разработки новых конструкций двигателей в разных странах.

Химическая энергия топлива «из скважины» преобразуется в полезную работу двигателя только частично: существуют большие затраты на преобразование углеводородного сырья в топливо; большие потери химической энергии топлива по пути

преобразования в полезную механическую энергию, в т.ч. большие потери энергии «в выхлопную трубу»; на некачественно и несвоевременно сгоревшее топливо; на теплотери – в рабочем объеме через стенки цилиндра и головку двигателя. Также потери энергии в фазе сжатия: из-за того, что при нагреве воздушно-топливной смеси при сжатии начинается реакция окисления топлива без горения, сопровождаемая выделением тепловой энергии, топливо теряет калорийность.

Механические потери двигателя: инерционные потери, связанные с высокой массой поршня и шатуна (особенно в четырехтактном двигателе); потери на трение поршня, связанные с разложением сил – сила давления сгоревших газов на головку шатуна P дает составляющую S , приводящую к движению коленчатого вала и боковую составляющую N на стенку цилиндра, приводящую к трению поршня.

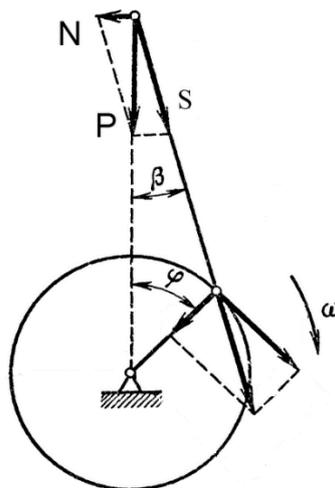


Рисунок 1 – Разложение силы давления сгоревших газов

Чем большая степень сжатия в двигателе, тем больше эти потери.

При классической схеме двигателя цилиндр больше поршня в диаметре, что приводит к появлению пятна контакта поршня и цилиндра. В этом месте идет увеличенный износ, приводящий к снижению рабочих характеристик и ресурса работы двигателя. В момент воспламенения топлива в верхней мертвой точке (ВМТ), шатун перпендикулярен оси коленчатого вала и через него происходят ударные нагрузки на поршневой палец и шейку

коленчатого вала, что приводит также к снижению ресурса работы двигателя. При переходе поршня через ВМТ происходит переколебательное движение поршня с кратковременным подклиниванием, особенно на непрогретом и плохо смазанном поршне – это также приводит к механическим потерям и износу поршневой группы. В двигателе также существуют механические потери на организацию работы вспомогательных механизмов: кулачкового распределительного механизма, привод насоса системы охлаждения.

Таким образом, проанализировав процессы, происходящие в классическом двигателе внутреннего сгорания, выявилось, что резервы ДВС можно найти в следующем:

- переход от четырехтактного цикла ДВС к двухтактному, в случае с садовой техникой – воздушного охлаждения. Это приведет к снижению габаритов и массы двигателя внутреннего сгорания, отказ от потерь во вспомогательных механизмах.
- снижение потерь в двигателе на трение.

При изучении существующих и перспективных конструкций двигателей, а также технической литературы, была проведена исследовательская работа и разработана конструкция двигателя внутреннего сгорания с попарным встречным движением поршней, находящихся в одном рабочем объеме. Такое техническое решение не является принципиально новым. Схема двигателя с ПДП (противоположно движущимися поршнями) известна с конца XIX века и в последствии двигатели по этой схеме были созданы в Германии, Англии, США, России. Двигатели на дизельном топливе с ПДП использовались, например, на немецких военных самолетах Юнкерс времен 2 мировой войны.

После войны, подобную конструкцию двигателей в нашей стране разрабатывал академик А. Д. Чаромский. Впоследствии, на Рыбинском КБ Моторостроения был изготовлен авиационный 3-х цилиндровый дизель с турбонаддувом с ПДП, имеющий крейсерскую мощность 130 л. с. при 2700 об/мин. Масса двигателя составляла 145 кг (удельная масса 1,12 кг / л. с). Также, двигатели конструкции ПДП выпускались в г. Коломне – для установки на тепловозах и в Ленинграде – для использования в качестве судовых двигателей.

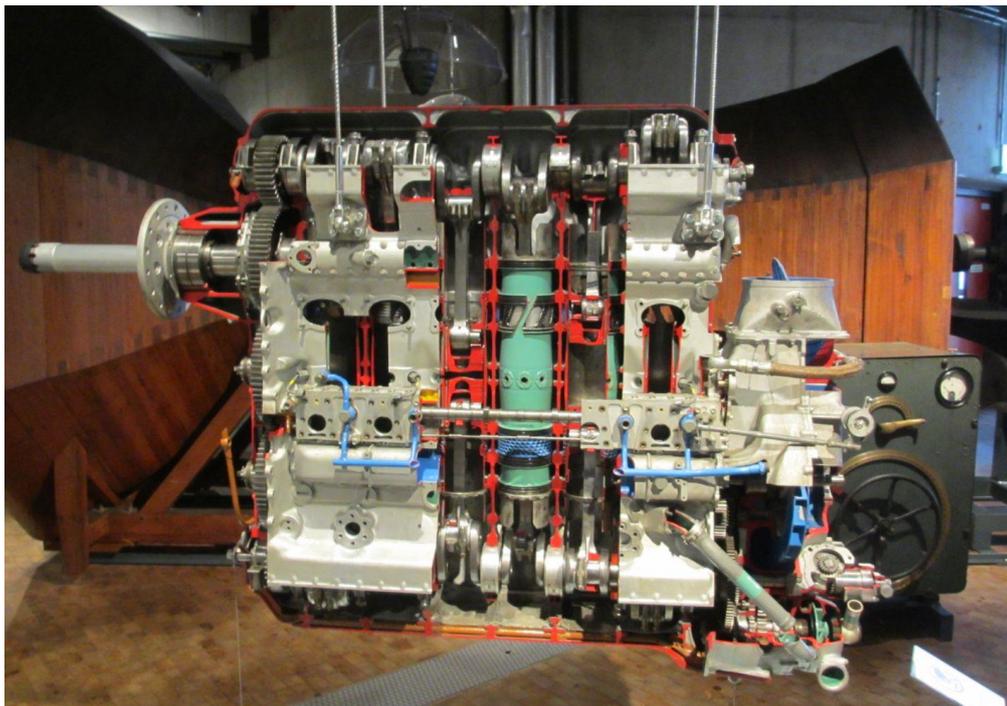


Рисунок 2 – Экспонат JUMO-205 из политехнического музея Берлина (фотография автора)

Примером сегодняшних разработок двигателя со встречными поршнями может быть двигатель E-REX от компании INNEngine, а также двигатель OP Engine от компании Achates Power (США). Двигатели с ПДП имеют в 1,5...2 раза меньшую удельную поверхность камеры сгорания, отнесенную к ее объему, т.е. меньшие тепловые потери рабочего заряда и выше индикаторный КПД цикла. Если тепловые потери в систему охлаждения у 4-х тактного двигателя составляют 20...35 %, то у двигателя с ПДП без охлаждения поршня они составляют порядка 12...15 %.

Отличительной особенностью предлагаемого в Тимирязевской академии двигателя является то, что поршни имеют прямоугольное сечение и совершают колебательное движение в рабочем объеме подковообразной формы, также прямоугольного сечения, при этом поршни не имеют прижимающего к стенкам «цилиндра» усилия. Это дает эффект снижения трения (стремится к нулю) и увеличения ресурса работы (примерно в 2 раза). Вторым положительным аспектом такого решения является то, что внешняя сторона такого «цилиндра» длиннее внутренней, благодаря чему скорости слоев газа в рабочем

пространстве будут различные и будет происходить турбулизация газовой смеси, что является положительным явлением для улучшения смесеобразования и процесса горения, особенно при использовании газового топлива.

Такая конструкция двигателя была в 2022 году направлена для регистрации в федеральный институт промышленной собственности и на нее был получен патент № 2796421.

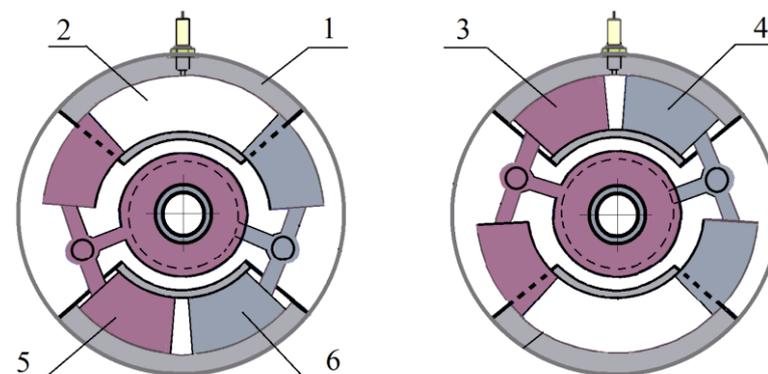


Рисунок 3 – Схема двигателя:

1 – корпус; 2 – рабочий объем; 3,4,5,6 – поршни

Двигатель оснащен двумя парами поршней: одна пара рабочих поршней (3 и 4 на рисунке), и одна пара – нагнетательные поршни, осуществляющие продувку камеры сгорания свежим воздухом. Выполнение экологических норм планируется осуществлять за счет впрыска топлива посредством форсунки и использования в двигателе газового топлива.

При рабочем цикле после воспламенения топлива сначала открываются выпускные окна, и чуть позже – впускные окна. Закрываются же сначала выпускные окна, и чуть позже впускные окна. Поршни попарно связаны с двумя эксцентриковыми валами по типу коленчатого вала. Эти два эксцентриковые вала через шестерни согласования выходят на рабочий вал.

Конструкция с прямоугольными в сечении поршнями выбрана для возможности многосерийного роботизированного производства с применением штамповки взамен литейных операций.

Реализация в двигателе с ПДП двухтактного цикла с прямоточной продувкой позволяет обеспечить улучшенные удельные весовые, габаритные и мощностные характеристики,

которые позволяют при одинаковых габаритах сравнительно с 4-х тактным двигателем внутреннего сгорания получить примерно в 1,5 раза большую мощность, а также упрощение конструкции. Упрощение конструкции и решение с изогнутым рабочим объемом приводит к повышению надежности двигателя и снижению эксплуатационных затрат.

К относительным недостаткам предложенной конструкции можно отнести более неравномерный крутящий момент (кривая 2 на рисунке ниже) по сравнению с существующими конструкциями двигателей (кривая 1).

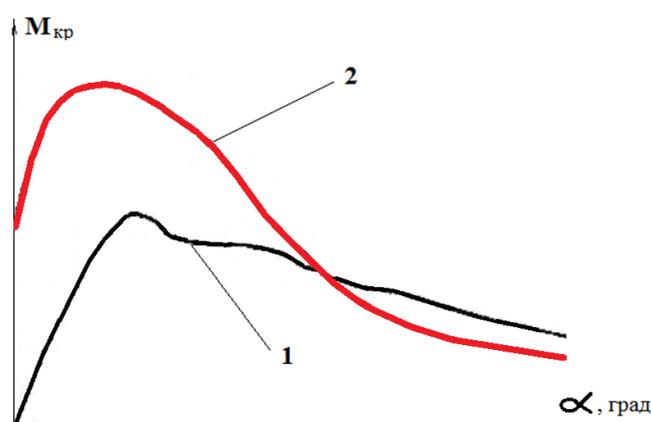


Рисунок 4 – Сравнительные характеристики крутящего момента

Однако, при использовании двигателя в садовой и коммунальной технике, например, в снегоуборщиках, это не так важно, как, например, в автомобилях, а в некоторых случаях использования двигателей такой конструкции может быть полезно.

Себестоимость предложенной конструкции двигателя по предварительным оценкам может быть ниже в сравнении с существующими двигателями порядка 20 % при сопоставимой мощности. Это станет возможным при массовом роботизированном производстве двигателей и применении наработок в использовании материалов от ведущих предприятий страны.

При правильно подобранных материалах двигателя, есть перспектива работы двигателя без смазки поршней, что приведет к значительному упрощению сервисного обслуживания. Возможна модульность при производстве двигателей, когда при изменении

полезной мощности двигателя, переделки потребует не весь двигатель, а только цилиндропоршневая группа.

В настоящее время изготовлена 3D модель, на которой проверены принципиальные вопросы конструкции.



Рисунок 5 – 3D-модель

Модель двигателя была представлена на выставке «Золотая осень», проводимой Министерством сельского хозяйства и получила призовое место.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент № 2796421 С1 Российская Федерация, МПК F02В 75/28, F02В 75/32. Двигатель внутреннего сгорания : № 2022134100 : заявл. 23.12.2022 : опубл. 23.05.2023 / Д. В. Анашин, С. А. Андреев, М. И. Белов [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».
2. Чаромский, А. Д. Повышение мощности и улучшение экономичности двигателей внутреннего сгорания / А. Д. Чаромский. – М. , 1959.
3. Орлин, А. С. Двигатели внутреннего сгорания / А. С. Орлин, М. Г. Круглов. – М. , 1990.
4. Техническая эксплуатация автомобилей / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, Д. Г. Асадов [и др.]. – М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2017. – 564 с. – ISBN 978-5-7367-1383-7.
5. Дидманидзе, О. Н. Способы повышения мощности двигателей тракторов / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, А. С. Гузалов // Чтения

академика В. Н. Болтинского : семинар : сборник статей, Москва, 22–24 января 2020 года. – М. : ООО «Мегаполис», 2020. – С. 233-239.

6. Анашин, Д. В. Энергетическая установка мобильного робота / Д. В. Анашин // В сб. Чтения академика В. Н. Болтинского. – Москва, 2023. – С. 245-251.

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

8. Будущее тракторостроения в России / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы : Сборник статей 26-ой Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 12-13 мая 2022 года. – М. : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 15-21.

9. Зарикеев, А. Р. Тенденции развития моторов для электромобилей и экологическая безопасность их производства / А. Р. Зарикеев, Н. Н. Пуляев // Наука без границ. – 2020. – № 4(44). – С. 42-45.

Об авторе:

Анашин Дмитрий Викторович, преподаватель кафедры автоматизации и роботизации, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), anashin@rgau-msha.ru.

About the author:

Dmitry V. Anashin, lecturer of the Department of Automation and Robotics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), anashin@rgau-msha.ru.

ОПТИМИЗАЦИЯ МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЯ

**Р. Н. Дидманидзе, Н. А. Майстренко, Д. Ю. Фролова,
А. А. Вехов**

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

***Аннотация.** В статье отмечается целесообразность обоснования рационального энергосбережения в системном виде на примере оптимизации одного вида использования МТА, так как изменение каждого из параметров по-разному влияет на показатели качества. Применение методов моделирования позволяет определить рациональное сочетание между показателями качество и эффекта работы.*

***Ключевые слова:** растениеводство; технология; менеджмент качества; моделирование технологических процессов; алгоритм производства продукции; корректировка показателей качества.*

OPTIMIZATION OF MACHINE USE

R. N. Didmanidze, N. A. Maistrenko, D. Yu. Frolova, A. A. Vekhov
*Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russian Federation*

***Abstract.** The article notes the expediency of justifying rational energy saving in a systematic way, for example, optimizing one type of MTA use, since changing each of the parameters affects quality indicators in different ways. The use of modeling methods allows us to determine a rational combination between the indicators of quality and the effect of work.*

***Keywords:** plant growing; technology; quality management; technological process modeling; production algorithm; quality indicators adjustment.*

В растениеводстве полевые механизированные работы осуществляются машинно-тракторными агрегатами (МТА). Результат применения каждого из них характеризуется продолжительностью, качеством и эффектом. Следовательно, понимается качество как состояние, эффект – как объём работы. Вместе они трактуют – целесообразность соблюдения долевого соотношения между

механическими, качественными и экономическими показателями применения МТА.

Соблюдение такого обстоятельства обусловлено сложностью нивелирования изменений внешних условий. А именно, в каких случаях этого следует достигать варьированием параметров конструкции рабочих органов машины, или режимов движения МТА.

К тому же затруднительно практически реализовать обоснованное для заданных условий сочетание ширины захвата B и скорости движения агрегата V . Так как изменение каждого из параметров по-разному влияет на изменение конкретного показателя качества. Данное положение не позволяет расширить диапазон применения агрегата и в полной мере использовать его энергетические возможности.

Применение методов моделирования технологического равновесия позволяет определить рациональное сочетание между показателями качества и эффекта работы. Изначально предлагается исследовать взаимосвязи показателей и факторы, изменяющие эти связи. Затем установить зависимость ценовой функции от оптимизируемых параметров. Подобрать способ поиска экстремума критерия с учётом ограничений.

Базовые параметры машиноиспользования B и V взаимосвязаны. Необходимо установить раздельное влияние каждого из них на показатели качества P_k , финансирования C_{Π} и производительности Π .

Связь между взаимозависимыми параметрами B и V устанавливается на основе законов механики из мощностного баланса упрощённой формулой: $B \cdot V = N \cdot \varepsilon_N / P_N$. Из которой следует, что для конкретного состава МТА мощностью N каждое сочетание B и V влияет на допустимый уровень загрузки двигателя ε_N и на удельные (на единицу объёма работы) энергозатраты P_N . Они, в свою очередь, обусловлены внешними условиями, видом работы, особенностями конструкции рабочих машин и типом движителей энергомашины.

Данные факторы, в целом, учитываются общим удельным тяговым сопротивлением машины K_a и тяговым КПД энергомашины η_T . Из их соотношения определяются численные значения удельных энергозатрат $P_N = K_a / \eta_T$ и производительности $\Pi = N \cdot \varepsilon_N / P_N$.

В заданных условиях агрегат может реализовать показатель

Π с максимальным эффектом за счёт сочетания B и V , при котором достигается максимум η_T и обеспечивается уменьшение K_a .

Влияние комбинаций B и V на показатели η_T и K_a иллюстрируется на рисунке 1 – фрагменте потенциальной тяговой характеристики агрегата.

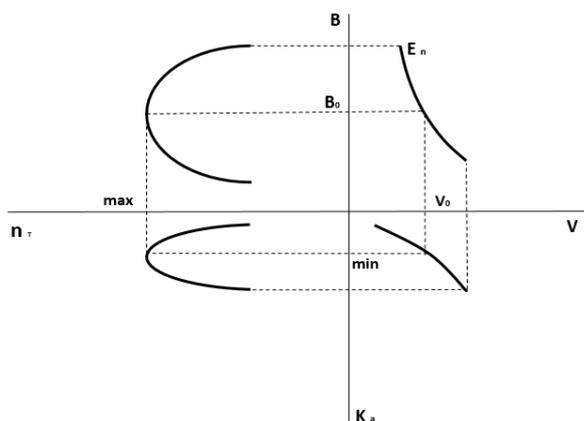


Рисунок 1 – Графический способ обоснования параметров МТА по критерию $\eta_T \rightarrow \max$

Из анализа графических зависимостей следует, что из множества комбинаций (B_i и V_i) только одно (B_0 и V_0) обеспечивает выполнение критерия $\eta_T \rightarrow \max$, что эквивалентно $\Pi \rightarrow \max$ или $P_N \rightarrow \min$.

Численные значения B_0 и V_0 определяются классическими методами оптимизации.

Пример 1. При энергетической оценке МТА для химической обработки посевов определяем КПД трактора η_T для различных комбинаций параметров B и V . Результаты экспериментов отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные сочетания рабочих параметров МТА

Комбинация	Скорость движения V , м/с	Ширина захвата B , м	Тяговый КПД η_T	Уровень качества ε_K
С	2,6	12	0,60	0,85
Д	2,2	10	0,65	0,70
Е	1,1	23	0,64	0,80

В таблице приведены только те комбинации, в которых значения B и V соответствуют агротребованиям и обеспечивают допустимое значение ε_N . Из анализа данных таблицы 1 следует, что

максимум η_T соответствует комбинации E . Агрегат с такими параметрами высокопроизводителен.

Но выполненная работа агрегатом с такими параметрами должна соответствовать также и показателям качества P_K , их агротехническим допускам.

С этой целью необходимо исследовать влияние каждого из эксплуатационных параметров на тот или иной показатель P_K . Например, при распределении удобрений по полю неравномерность дозы внесения увеличивается в меньшей степени от ширины захвата, чем от скорости движения МТА.

Выявлен факт значительного изменения показателя качества при малом варьировании параметра V . И, наоборот, широкий диапазон изменения B мало влияет на тот же показатель качества.

Это обстоятельство, наряду с другими, возможно, и давало повод оправдывать концепцию разработки скоростных рабочих органов машины энергонасыщенных тракторов. Это позволяло реализовывать мощность в большей степени для повышения скорости, при этом ширина захвата практически изменялась мало. Разный характер проявления изменений качественного показателя отдельно от B и от V приводит к сужению диапазона выбора сочетаний B_k и V_k , обеспечивающих качественную работу.

Иллюстрируются отмеченные особенности на рисунке 2.

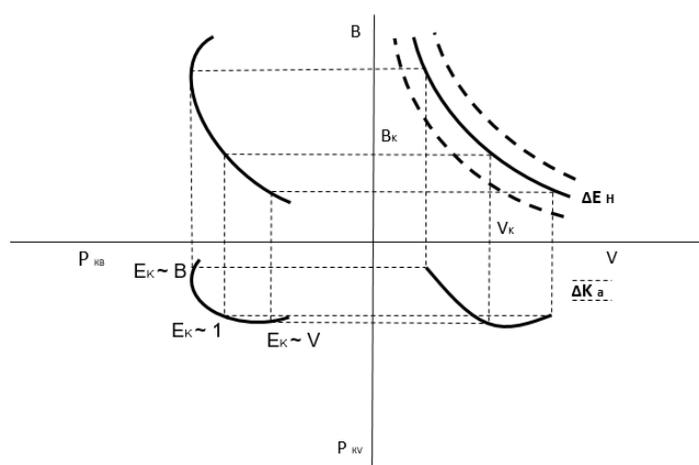


Рисунок 2 – Графический способ обоснования параметров МТА по критериям качества

Изменение показателей качества математически отражается равенствами: $P_{KB} = a \cdot B - B^c$; $P_{KV} = dV - V^e$. Коэффициенты a, d, c, e зависят от категории и размерности показателя качества, вида

работы и типа рабочих органов.

В теории качества метод определения данных коэффициентов требует совершенствования, поэтому необходимы исследования отдельного влияния каждого из параметров B и V на показатель качества. График III квадранта (рисунок 2) представляет взаимосвязь показателей P_{KB} и P_{KV} , которую можно выразить математическим уравнением.

Применение классических методов поиска экстремума функции позволит определить наибольшую степень совпадения показателей ε_K и соответствующие значения B_K и V_K . Агротехнический показатель $P_{KV} = \varphi(V)$ строго ограничивается, а для показателя $P_{KB} = \varphi(B)$ допускается более широкое варьирование, не нарушая стыковые междурядья от предыдущих операций и обеспечивая копирование поля.

Различные сочетания B и V в большинстве случаев не обеспечивают совпадение экстремумов показателей P_K .

Для установленного диапазона загрузки двигателя $\Delta\varepsilon_N$ степень соответствия показателей качества P_{KB} и P_{KV} агротехническим требованиям ΔK_a определяется по параметру ε_K из равенства $\varepsilon_K = P_{KB} / P_{KV}$ и иллюстрируется III квадрантом (рисунок 2).

Рекомендуется выбирать те комбинации B_K и V_K , которые соответствуют агродопускам и обеспечивают условие $\varepsilon_K \approx 1$. Тем самым предоставляется возможность определить сочетания B и V , которые выходят за границы допустимых отклонений и при которых может возникать брак в работе.

Пример 2. Оценка качественных показателей P_{KB} и P_{KV} работы МТА (для условий примера 1) выполнялась по каждой комбинации С, D и E (таблица 1). По ним выявлены и другие сочетания B и V , реализация которых позволяет выполнить работу, соответствующую требованиям агротехники и допуску отклонений $\Delta\varepsilon_N$ в пределах 0,70...0,85.

Численные значения варьируемых параметров МТА отражены в таблице 2.

Из анализа данных таблиц следует, что в сравнении с комбинацией E комбинация С во всех вариациях обеспечивает $\varepsilon_K \approx 1$, что позволяет считать сочетание параметров B_K и V_K в большей степени обеспечивающим качество и в меньшей – производительность.

Таблица 2 – Допустимые сочетания рабочих параметров МТА

Комбинация	I итерация			Комбинация	II итерация		
	V	B	ε_k		V	B	ε_k
C_1	3,2	12	0,9	C_2	2,7	9	0,8
D_1	2,4	16	0,7	D_2	1,9	13	0,6
E_1	1,8	24	0,8	E_2	1,4	20	0,7

Следующий этап действия метода рассматривает связи механических и качественных функций МТА. С этой целью выполняется наложение одних зависимостей (рисунок 1) на другие (рисунок 2) и анализируется зона их совпадения и координации. Анализ графиков (рисунок 2) позволяет констатировать факт несовпадения энергетических сочетаний B_0 и V_0 с качественным сочетанием B_k и V_k (рисунок 3). Это характерно практически для всех полевых работ.

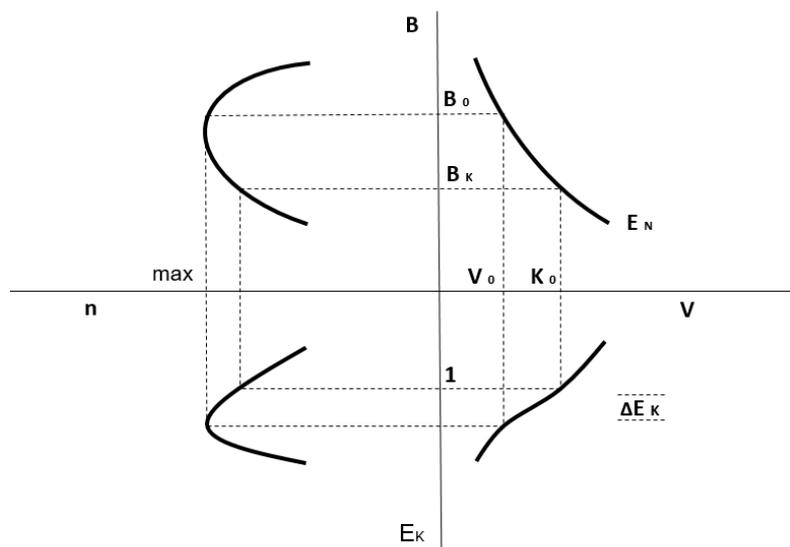


Рисунок 3 – Графическая модель координации показателей

Такие несовпадения объясняются тем, что максимум η_T соответствует малой скорости движения, а максимум P_k – большей ширине захвата. Данное обстоятельство выявило дилемму между качеством и эффектом: необходимость выбора наилучшего их соотношения.

В связи с этим заключительное действие метода определяет правило выбора компромиссной комбинации параметров B_p и V_p , которая соответствовала бы как одному, так и другому фактору

рациональности машиноиспользования.

Представляется сложным полезность качества и эффекта измерить количественно, точно также как объем, ширину, скорость, неравномерность, повреждаемость. Для решения такого рода технической задачи следует воспользоваться экономическим законом убывающей предельной полезности и на его основе моделировать поиск равновесного технологического состояния процесса. При достижении такого состояния можно констатировать экономическую, качественную и энергетическую рациональность использования МТА.

Решение задачи следует начинать с построения графиков функций и анализа кривых безразличия к комбинациям значений показателей (рисунок 4). Средняя линия (0 – 0) на графике отражает все комбинации двух показателей, которые приносят одинаковые удовлетворения, равнополезны и не имеют предпочтений. Область выше кривой (0 – 0) отражает более ценные комбинации, а ниже кривой сосредоточены менее ценные.

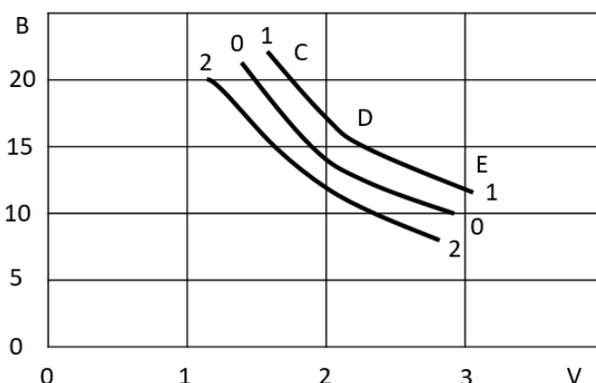


Рисунок 4 – Модель потребительского безразличия

Данные таблицы 2 иллюстрируются двумя дополнительными (1 – 1) и (2 – 2) кривыми безразличия – правее и левее начальной (0 – 0). Кривые не могут пересекаться между собой по определению. Область между кривыми (1 – 1) и (2 – 2) – допустимые безразличия. Уместно напомнить, что по смыслу данные кривые обозначают границы диапазона агротребований.

Таким образом, графически иллюстрируется модель безразличия или ее смысловой антипод – система потребительских предпочтений. Высокий уровень полезности соответствует кривой,

отстоящей дальше от начала координат. Любая точка на кривой (1 – 1) предпочтительней любой точки на кривой (0 – 0) и (2 – 2).

Дальнейшее решение задачи основывается на раскрытии свойств кривых безразличия. Начиная с любой комбинации чисел (точки на кривой), некоторое дополнительное увеличение одного показателя вызывает некое уменьшение другого показателя при неизменном уровне удовлетворения. Вследствие чего происходит замещение одного показателя B другим показателем V .

Предельная норма замещения НЗ рассчитывается по формуле: $НЗ = \Delta V / \Delta B$ и характеризует степень замещения: каким значением ΔV показателя V потребитель может пренебречь, чтобы получить дополнительную ΔB единицу показателя B . В силу замещаемости показателей параметр НЗ может принимать только отрицательные значения.

Определение численных значений НЗ для рассматриваемого примера приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Значения нормы замещения

Перемещение	Изменение скорости, ΔV	Изменение ширины, ΔB	Предельная норма замещения НЗ
от С до D	- 0,9	+ 4	- 0,225
от D до E	- 0,6	+ 7	- 0,086

Применительно к рассматриваемому заданию можно предложить вариант рациональности применения более производительного агрегата с параметрами комбинации E1 за счет снижения цены параметра V , что эквивалентно дотации на топливо.

В заключение следует отметить целесообразность обоснования оптимального использования техники с учетом взаимосвязей факторов агротехники, механики и экономики. Предлагаемый метод позволяет более полно раскрыть смысловое содержание рациональности в сфере агромашиноиспользования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе, Р. Н. Обоснование методов оптимального моделирования производственных процессов / Р. Н. Дидманидзе // Международный технико-экономический журнал. – 2018. – № 2. – С. 66-71.

2. Дидманидзе, Р. Н. Повышение эффективности производственных процессов с обеспечением конкурентоспособности продукции / Р. Н. Дидманидзе, А. С. Гузалов // В сборнике: ДОКЛАДЫ ТСХА: Материалы международной научной конференции. – 2018. – С. 91-93.

3. Дидманидзе, Р. Н. Потребительские аспекты обеспечения качества технических процессов / Р. Н. Дидманидзе, В. П. Уваров // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горюхина». – 2007. – № 2. – С. 63.

4. Моделирование и оптимизация технологических процессов в растениеводстве / А. Н. Скороходов, А. Г. Левшин, В. П. Уваров, Р. Н. Дидманидзе. – М. : ФГБОУ ВПО МГАУ. – 2013. – 145 с.

5. Скороходов, А. Н. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка / А. Н. Скороходов, А. Г. Левшин // М. : БИТКОМ; ТРАНСЛОГ. – 2017. – 478 с.

6. Уваров, В. П. Практикум по обеспечению качества технологических процессов в растениеводстве / В. П. Уваров, Р. Н. Дидманидзе. – М. : МГАУ, 2006. – 60 с.

7. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.

8. Будущее тракторостроения в России / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы : Сборник статей 26-ой Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 12-13 мая 2022 года. – М. : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 15-21.

9. Пуляев, Н. Н. Инновационное развитие сельского хозяйства / Н. Н. Пуляев, Д. Г. Асадов // Доклады ТСХА, Москва, 02–04 декабря 2020 года. Том ВЫПУСК 293 Часть III. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2021. – С. 186-188.

Об авторах:

Дидманидзе Ремзи Назирович, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат экономических наук, доцент, rdidmanidze@rgau-msha.ru.

Майстренко Николай Александрович, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка ФГБОУ ВО «Российский государственный

аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, доцент, nmaystrenko@rgau-msha.ru.

Фролова Дарья Юрьевна, аспирант ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), dfrolova@rgau-msha.ru.

Вехов Александр Анатольевич, студент ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

About the authors:

Remzi N. Didmanidze, associate professor of the Department of Machine and Tractor Fleet Operation, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Economic), associate professor, rdidmanidze@rgau-msha.ru.

Nikolay A. Maistrenko, associate professor of the Department of Machine and Tractor Fleet Operation, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, nmaystrenko@rgau-msha.ru.

Darya Yu. Frolova, postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), dfrolova@rgau-msha.ru.

Aleksandr A. Vehov, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

РАСЧЕТНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕТОНАЦИИ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИЗБЫТКА ВОЗДУХА

**А. В. Капустин¹, Б. А. Жоробеков², В. Л. Чумаков³,
А. В. Бижаев³**

¹ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», г. Великий Новгород, Российская Федерация

²Ошский технологический университет имени М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан

³ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Статья посвящена совершенствованию методов расчетного моделирования рабочего цикла двигателей внутреннего сгорания. На основе сравнения экспериментальных и расчетных исследований показано, что «классические» формулы прогнозирования детонации без учета состава топливоздушную смеси не позволяют достоверно прогнозировать детонацию на современных двигателях, имеющих повышенные степени сжатия и работающих на переобедненных составах смеси.

Авторы, на основе проведенных расчетных и экспериментальных исследований предлагают использовать уточненные «классические» эмпирические закономерности, описывающие моменты начала детонации для бензинов октановым числом 92, 100 и двигателей с высокими степенями сжатия, работающих на бедных смесях $\alpha = 1,2 \dots 1,8$. Предлагаемые зависимости обеспечивают удовлетворительную сходимость расчетных и экспериментальных исследований при прогнозировании детонации.

Ключевые слова: математическая модель; рабочий цикл двигателя; детонация; степень сжатия; состав топливоздушную смеси; расчеты; эксперименты.

CALCULATED PREDICTION OF DETONATION TAKEN INTO ACCOUNT OF THE INFLUENCE OF EXCESS AIR RATIO

**A. V. Kapustin^a, B. A. Zhorobekov^b, V. L. Chumakov^c,
A. V. Bizhaev^c**

^aNovgorod State University named after Yaroslav the Wise, Veliky Novgorod, Russian Federation

^b*Osh Technological University named after Academician M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan*

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

Abstract. *The article is devoted to improving methods for computational modeling of the working cycle of internal combustion engines. Based on a comparison of experimental and computational studies, it is shown that «classical» formulas for predicting detonation without taking into account the composition of the fuel-air mixture do not reliably predict detonation on modern engines with increased compression ratios and operating on lean mixture compositions.*

The authors, based on the calculations and experimental studies carried out, propose to use refined «classical» empirical laws that describe the moments of the onset of detonation for gasoline with an octane number of 92, 100 and engines with high compression ratios operating on lean mixtures $\alpha = 1,2...1,8$. The proposed dependencies provide satisfactory convergence of computational and experimental studies in predicting detonation.

Keywords: *mathematical model; engine operating cycle; detonation; compression ratio; air-fuel mixture composition; calculations; experiments.*

Современные форсированные бензиновые двигатели часто работают на грани начала детонации. В этой связи развитие методов расчетных исследований прогнозирования детонации на стадии разработки рабочего процесса и регулирования двигателя приобретают особое значение. В настоящей работе представлены результаты расчетных исследований влияния состава топливовоздушной смеси на возникновение детонации в бензиновом двигателе.

Исследования проводятся по 10-ти зонной модели рабочего цикла двигателя, предполагающего последовательное выгорание заряда по зонам. Используемая математическая модель цикла прошла экспериментальную проверку и показала хорошую сходимость расчетных и экспериментальных результатов [1]. Момент самовоспламенения последних порций заряда при моделировании детонации традиционно определяется по эмпирическим формулам, полученных разными методами для стехиометрического состава смеси. Из этих формул хорошо зарекомендовало себя кинетическое выражение Дауда и Ейза, полученное непосредственно при испытании бензиновых ДВС на эталонных изооктано-гептановых смесях [2]:

$$\frac{1}{19,75} \cdot \left(\frac{ON}{100}\right)^{-3.4107} \cdot \int_0^{\tau} (10,2 \cdot p)^{1,7} \cdot e^{-3800/T_H} \cdot d\tau \geq 1, \quad (1)$$

где ON – октановое число топлива: процентная объемная доля изооктан в смеси с нормальным гептаном;

p – текущее термодинамическое давление цикла, МПа;

T_H – текущая термодинамическая температура несгоревшей части заряда, К;

τ – время, мс.

Эта формула, однако, как и другие известные кинетические выражения, не учитывает влияния состава смеси (коэффициента избытка воздуха) на самовоспламенение топливной смеси и, следовательно, на детонацию в ДВС.

В данной работе поставлена задача численным методом по математической модели цикла двигателя с прогнозированием детонации оценить отклонения результатов расчетов детонации по формуле Дауда и Ейза (1) от экспериментальных статистических данных антидетонационных свойств поршневых ДВС и найти уточняющие поправки для корректирования формулы (1) в зависимости от состава смеси.

На рисунке 1 сплошными линиями показаны экспериментальные зависимости допустимой по условиям детонации степени сжатия от коэффициента избытка воздуха – α для двух топлив с октановым числом 100 (ОЧ 100) и октановым числом 92 (ОЧ 92). Среднестатистические экспериментальные данные приняты по данным [3]. Пунктирные линии соответствуют расчетным данным, полученным в сравнимых условиях зависимости по формуле (1). Как видно в области изменения коэффициента избытка воздуха от $\alpha = 0,8$ до $\alpha = 1,2$ расчетные показатели с приемлемой точностью прослеживают экспериментальные показатели изменения допустимой по детонации степени сжатия. В области бедных смесей при $\alpha > 1,2$ начинается резкое отклонение расчетных данных от данных эксперимента. Область богатых составов смеси (богаче $\alpha = 0,9$) для анализа критических условий детонации практического значения не имеет и далее в статье не рассматривается. Заметим, что расчеты момента детонации в [4] по формулам, полученным на установках импульсного сжатия, дают близкие результаты с расчетами по формуле (1).

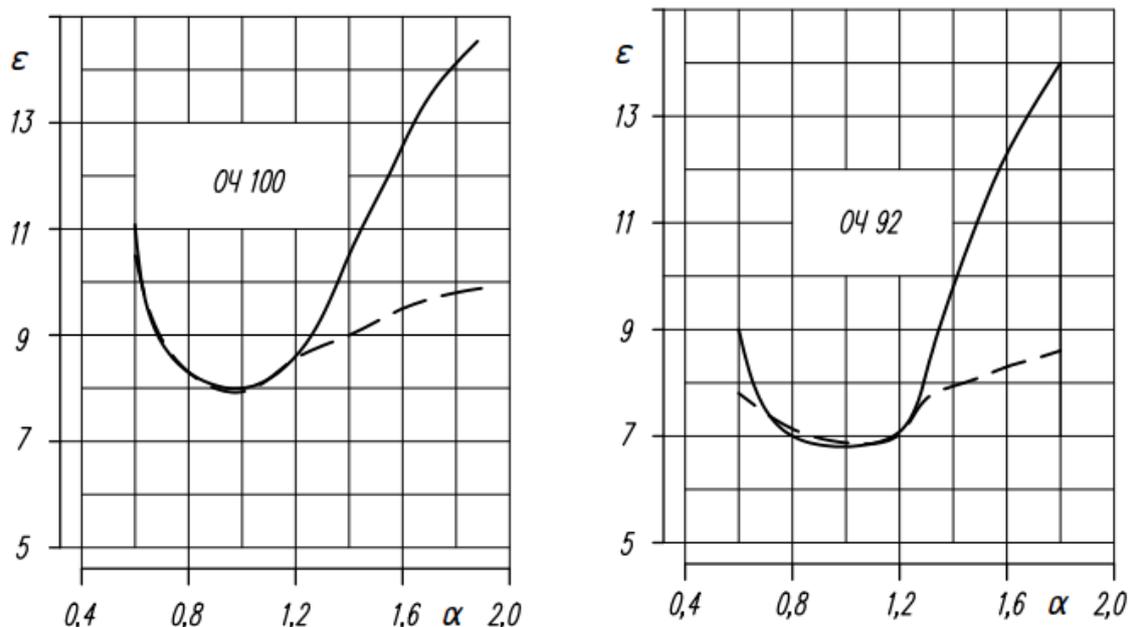


Рисунок 1 – Сравнение зависимостей допустимой по условию детонации степени сжатия от коэффициента избытка воздуха:

— — — экспериментальные данные [3],
 — — — расчетные данные по формуле Дауда и Эйза [2]

Для корректирования формулы (1) будем исходить из следующих соображений. Данная формула получена на основе представлений о скорости экзотермической брутто-реакции окисления, определяемой формально-кинетическое выражением

$$w = A \cdot p^m \cdot e^{-E/(R \cdot T)} \quad (2)$$

где $A = \text{const}$ – предэкспонентный множитель;

m – эмпирический показатель, характеризующий условный порядок брутто-реакции;

p, T – термодинамические давление и температура газовой смеси;

$E = \text{const}$ – величина, условно характеризующая энергию активации;

R – универсальная газовая постоянная.

Известные фундаментальные закономерности кинетики химических реакций [5] показывают, что при изменении коэффициента избытка воздуха изменяется концентрация реагирующих веществ: углерода, кислорода, и водорода, и реакция окисления должна бы осуществляться в результате одновременного столкновения трех реагирующих частиц. В этом случае концентрация каждого из реагирующих веществ входит в выражение скорости реакции в

степени, равной соответствующему коэффициенту в уравнении реакции. Но реакция окисления при самовоспламенении протекает по цепному механизму с большим количеством участвующих частиц. Сложные реакции, уравнения которых содержат большое число частиц, представляют собой совокупность последовательно или параллельно протекающих процессов, каждый из которых происходит при столкновении двух частиц или распада отдельной частицы. В подобных случаях закон действия масс применим только к каждой отдельной реакции, но не к реакции в целом. Поэтому определить степень реакции теоретически сложно. Но в любом случае при изменении концентрации топлива в смеси должна меняться степень этой концентрации в формуле скорости химической реакции, и в выражении (2) нужно корректировать степень « m », а в формуле (1) изменять степень 1,7 при давлении p . Отметим, что с точки зрения химической теории величина константы скорости реакции (предэкспонентный множитель в формуле 2) как и энергия активации не зависят от концентрации веществ.

Таким образом, далее по математической модели цикла ДВС методом последовательных приближений определялся такой показатель при давлении m (вместо значения 1,7) в формуле (1), при котором расчетная допустимая по детонации степень сжатия совпадала с экспериментальной степенью сжатия с точностью 0,1 при коэффициентах избытка воздуха более 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7 и 1,8. Для сравнения в адекватных условиях, экспериментальные значения допустимой по детонации степени сжатия для бензинов с различным октановым числом выбраны по условиям опытов [6].

Результаты этих расчетов представлены на рисунке 2, где значками (крестик, круг) обозначены расчетные точки. Точность определения экспериментальных ε по данным [2] невысокая, и сложно по расчетным точкам судить о форме кривых зависимости $\varepsilon=f(\alpha)$. Поэтому, в первом приближении, эти зависимости приняты прямыми (линейными). По тангенсу угла наклона прямых линий можно получить формулы для расчета показателя m при коэффициентах избытка воздуха в диапазоне от $\alpha=1,2$ до $\alpha=1,8$.

Эти формулы имеют вид:

$$\text{ОЧ 100 } m = 1,7 - 0,55 \cdot (\alpha - 1,2) \quad (3)$$

$$\text{ОЧ 92 } m = 1,7 - 0,75 \cdot (\alpha - 1,2) \quad (4)$$

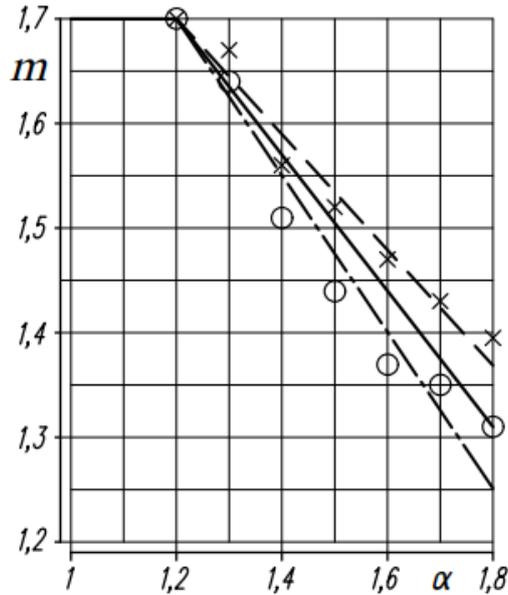


Рисунок 2 – Зависимость показателя при давлении m (в уравнении 2) от коэффициента избытка воздуха для бензинов с октановыми числами 92, 100:

× — — × – ОЧ 100, ○ — — — ○ – ОЧ 92,
 ————— – осредненная линейная зависимость

Из рисунка 2 следует, что расчетные зависимости для определения показателя m отличаются для топлив с различной детонационной стойкостью. Это создает сложности для математического моделирования. Но возможно, точность определения этого показателя достаточно грубая и все расчетные точки для топлив ОЧ 100 и ОЧ 60 находятся в поле отклонений одной зависимости, общей для всех топлив. Исходя из этого, графически определена осредненная прямая зависимость показателя $m = f(\alpha)$, которая на рисунке 2 показана сплошной прямой линией и имеет формулу:

$$m = 1,7 - 0,65 \cdot (\alpha - 1,2) \quad (5)$$

В этом случае формула (1) примет вид:

$$\frac{1}{19,75} \cdot \left(\frac{ON}{100}\right)^{-3,4107} \cdot \int_0^{\tau} (10,2 \cdot p)^{1,7 - 0,65 \cdot (\alpha - 1,2)} \cdot e^{-3800/T_H} \cdot d\tau \geq 1 \quad (6)$$

Формула (6) справедлива в диапазоне изменения коэффициента избытка воздуха от $\alpha = 1,2$ до $\alpha = 1,8$.

Результаты расчетов по этой формуле представлены на рисунке 3.

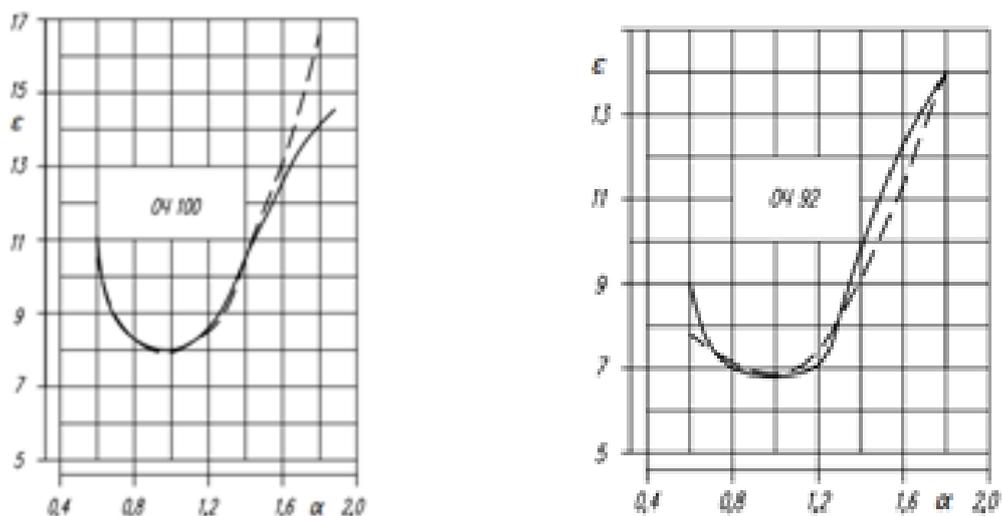


Рисунок 3 – Прогнозирование допустимой по условию детонации степени сжатия от коэффициента избытка воздуха при работе на переобедненных смесях:

— — — экспериментальные данные [3],
 — — — расчет по откорректированной формуле 6

Формула (5) требует уточнения, для чего нужны среднестатистические данные зависимостей допустимой по детонации степени сжатия в зависимости от состава смеси. Но и по этой формуле можно проводить ориентировочные прогнозные расчеты по детонации. Например, можно расчетом оценить, до какого значения α можно обогащать смесь газовым топливом при конвертировании дизеля на газодизельный процесс без изменения степени сжатия. Можно оценивать некоторые компромиссные решения. Например, что выгоднее для бензиновых ДВС исходя из условий детонации: повышение степень сжатия при обеднении смеси или же работа на мощностном составе при меньшей степени сжатия и др.

Выводы.

1. Традиционные формулы расчета допустимой по условиям детонации степени сжатия без учета реального состава топливно-воздушной смеси справедливы для коэффициентов избытка воздуха в диапазоне $\alpha = 0,8 \dots 1,2$. Для смесей переобедненных смесей, характерных для газодизелей и бензиновых двигателей с расслоенным зарядом при коэффициентах избытка воздуха более 1,2 результаты расчетов сильно расходятся с экспериментальными данными.

2. Расчетное моделирование рабочего цикла двигателя требует учета реального состава топливо-воздушной смеси в кинетических закономерностях Дауда и Ейза, что позволяет достоверно прогнозировать появление детонации в переобедненной смеси с коэффициентами избытка воздуха от 1,2 до 1,8 для современных двигателей с повышенной степенью сжатия и расслоенным зарядом топливовоздушной смеси в камере сгорания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Капустин, А. В. Математическая модель рабочего цикла двигателя с искровым зажиганием / А. В. Капустин, С. В. Смирнов, В. Л. Чумаков // В сборнике: Чтения академика В. Н. Болтинского. – 2021. – С. 86-95.
2. Dauaud, A. M. Four Octane – Number Method for Predicting the Anti-Knock Behavior of fuels and Engines / A.M. Dauaud, P. Eyzat // SAE Transactions. – 1978. – vol. 87, Sec. I, pap. 780080. – P. 294-308.
3. Математическое моделирование детонации в двигателях с искровым зажиганием / А. В. Капустин, В. Л. Чумаков, С. Н. Девянин, Б. А. Жоробеков // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 4. – С. 43-51.
4. Воинов, А. Н. Анализ макрокинетических зависимостей при низко- и высокотемпературном самовоспламенении углеродовоздушных смесей / А. Н. Воинов, Д. И. Скорodelов // Труды МАДИ. Двигатели внутреннего сгорания. – 1972. – Вып. 49. – С. 82-90.
5. Глинка, Н. Л. Общая химия в 2 т. Том 1 : учебник для вузов / Н. Л. Глинка ; под редакцией В. А. Попкова, А. В. Бабкова. – 20-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2024. – 353 с.
6. Автомобильные двигатели. «Двигатели внутреннего сгорания» / В. Л. Лурье, В. А. Мангушев, И. В. Маркова, Б. Я. Черняк. – М. : ВИНТИ, АН СССР, 1985. – Т. 3. – 232 с.

Об авторах:

Капустин Александр Васильевич, доцент кафедры энергетики и транспорта ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого» (173003, Российская Федерация, г. Великий Новгород, Большая Санкт-Петербургская ул., 41), кандидат технических наук, доцент, aleksandr.kapustin@novsu.ru.

Жоробеков Болотбек Астаевич, кандидат технических наук, доцент, Ошский технологический университет имени Академика М.М. Адышева (Кыргызстан, г. Ош, ул. Исанова, д.81).

Чумаков Валерий Леонидович, профессор кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, профессор, valery.chumakov@gmail.com.

Бижаев Антон Владиславович, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент.

About the authors:

Alexander V. Kapustin, associate professor of the Department of Energy and Transport, Yaroslav the Wise Novgorod State University (173003, Russian Federation, Veliky Novgorod, Bolshaya St. Petersburg st., 41), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, aleksandr.kapustin@novsu.ru.

Bolotbek A. Zhorobekov, associate professor, Osh Technological University named after Academician M.M. Adyshev (Kyrgyzstan, Osh, Isanova str., 81) Cand.Sc. (Engineering).

Valery L. Chumakov, professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), professor, valery.chumakov@gmail.com.

Anton V. Bizhaev, associate professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering).

**РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ
ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА
ТОПЛИВОВОЗДУШНОГО ЗАРЯДА НА
АНТИДЕТОНАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ДВИГАТЕЛЯ**

А. В. Капустин¹, Б. А. Жоробеков², В. Л. Чумаков³,

А. В. Бижаев³

¹ ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», г. Великий Новгород, Российская Федерация

² Ошский технологический университет имени М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан

³ ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

***Аннотация.** На основе расчетного моделирования рабочего цикла поршневого бензинового двигателя прогнозируется влияние интенсивности теплообмена топливовоздушного заряда на антидетонационные характеристики и КПД двигателя. Расчеты и их экспериментальная проверка на серийном двигателе ВАЗ-2108 показывают, что наибольшее влияние на улучшение детонационных характеристик двигателя оказывает интенсификация теплообмена в процессе сжатия.*

***Ключевые слова:** расчетное моделирование; эксперименты; рабочий цикл; теплообмен; детонация.*

**COMPUTATIONAL STUDIES OF HEAT TRANSFER
INTENSITY INFLUENCE OF FUEL-AIR CHARGE ON
ANTI-KNOTTING ENGINE CHARACTERISTICS**

A. V. Kapustin^a, B. A. Zhorobekov^b, V. L. Chumakov^c,

A. V. Bizahaev^c

^a Novgorod State University named after Yaroslav the Wise, Veliky Novgorod, Russian Federation

^b Osh Technological University named after Academician M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan

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

Abstract. *Based on computational modeling of the operating cycle of a piston gasoline engine, the influence of the intensity of heat exchange of the fuel-air charge on the anti-knock characteristics and engine efficiency is predicted. Calculations and their experimental verification on the production VAZ-2108 engine show that the greatest influence on improving the engine's detonation characteristics is exerted by the intensification of heat transfer during the compression process.*

Keywords: *computational modeling, experiments, operating cycle, heat transfer, detonation.*

Современные бензиновые двигатели внутреннего сгорания (ДВС) работают на бензинах с высоким октановым числом (ОЧ). Самовоспламенение последних порций заряда в ДВС для таких бензинов протекает по высокотемпературному механизму, который чувствителен к изменению температур, а, следовательно, к изменению условий теплообмена в ДВС.

В реальном двигателе управление тепловыми потоками в двигателе затруднительно, но при проектировании нового двигателя можно за счет тех или иных конструктивных решений повлиять на условия теплообмена. Например, увеличение площади вытеснителей повысит охлаждение последних порций заряда, а применение материалов с более высоким коэффициентом теплопроводности повлияет на теплоотвод от всего заряда. Дифференцированное охлаждение отдельных поверхностей может привести к изменению теплообмена в отдельные периоды цикла. Поэтому представляет интерес количественная оценка влияния на детонацию различных мероприятий по изменению условий теплообмена. В данной работе выполнена такая оценка расчетным методом.

Расчеты момента детонации выполнялись по методике, изложенной в [1], а особенности моделирования рабочего цикла двигателя представлены в [2]. При этом расчет самовоспламенения последних порций заряда выполнялся по двум эмпирическим формулам, полученным разными методами. В первом случае по формулам Воинова и Скорodelова, полученным при исследовании самовоспламенения эталонных смесей в установках адиабатного сжатия. Во втором случае по формуле Дауда и Эйза, полученной при исследовании детонации на поршневых ДВС.

Методика расчетных исследований предполагала в качестве объекта исследований выбор двигателя ВАЗ-2108, с

соответствующими конструктивными параметрами – диаметром цилиндра, ходом поршня, отношением радиуса кривошипа к длине шатуна, площадью поверхности камеры сгорания и другим. В качестве основного режима работы выбрана частота вращения 2000 об/мин, полное открытие дроссельной заслонки с коэффициентом наполнения $\eta_v = 0,84$. Угол зажигания – оптимальный по мощности на всех режимах работы. Расчеты выполнены для стехиометрического состава смеси – коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1$. На основании обработки индикаторных диаграмм, по статистическим данным, длительность горения принята от момента отрыва линии сгорания от линии сжатия до максимума температуры цикла $\phi_T = 50$ °ПКВ (градусов поворота коленчатого вала). Средние температуры поверхностей камеры сгорания (головки, днища поршня, стенок цилиндра) в основном варианте расчета приняты равными 450 К.

Интенсивность теплообмена по заряду задавалась коэффициентом теплоотдачи α_t , который, в свою очередь, рассчитывался по эмпирической формуле Вошни [2] для каждой отдельной зоны как сгоревшего, так и несгоревшего заряда. Изменение условий теплоотдачи от всего заряда в процессе горения моделировалось введением в исходные данные программы условного множителя – коэффициента $K\alpha$. При оценке изменения теплоотдачи только от несгоревших зон, расчетный коэффициент теплоотдачи α_t для этих зон умножался на $K\alpha_n$. В качестве топлива принят изооктан. Оценочными параметрами исследования приняты коэффициент активного тепловыделения в конце сгорания ξ_a , допустимая по детонации степень сжатия ϵ , и индикаторный КПД рабочего цикла η_i . Результаты этих расчетов приведены на рисунке 1.

Из рисунка 1 следует, что повышение интенсивности теплоотдачи позволяет уменьшить вероятность детонации и увеличить степень сжатия, но оказывает сложное влияние на индикаторный КПД цикла в зависимости от сгоревшего или несгоревшего заряда. При увеличении теплоотдачи в целом от всего заряда в процессе сгорания КПД цикла снижается несмотря на увеличение допустимой по детонации степени сжатия. Одновременно снижается и коэффициент активного тепловыделения в конце сгорания ξ_a . В случае увеличения теплоотдачи от несгоревшего заряда растет как допустимая степень сжатия, так и КПД цикла, хотя этот рост незначителен, а тепловыделение остается также неизменным.

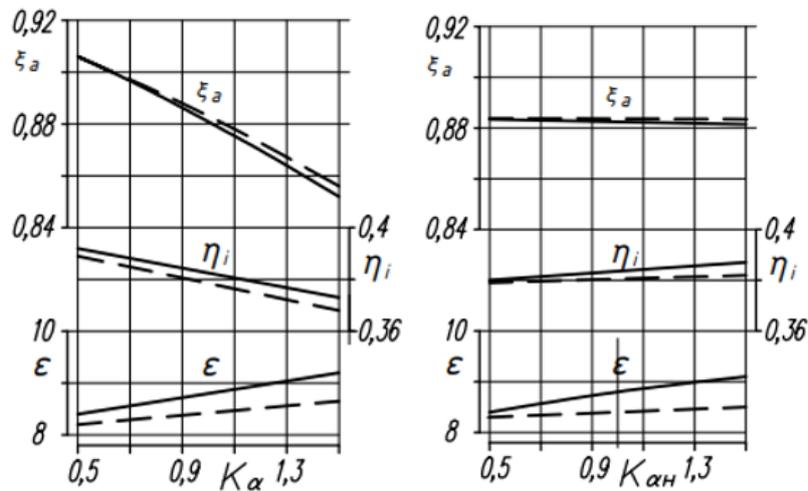


Рисунок 1 – Влияние изменения теплообмена при сгорании на допустимую по условиям детонации степень сжатия (топливо – изооктан):

————— – расчет по формулам Воинова и Скороделова,
 - - - - - – расчет по формуле Дауда и Ейза

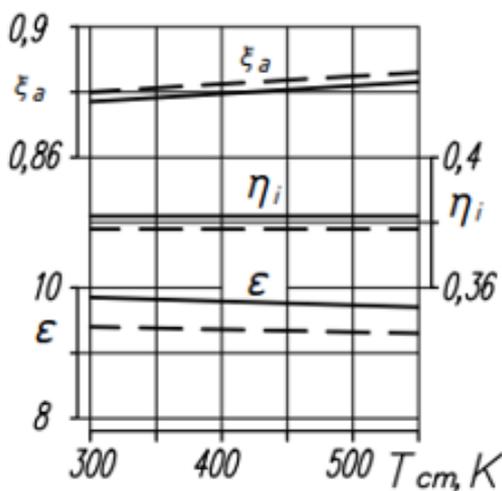


Рисунок 2 – Влияние температуры стенок камеры сгорания на допустимую степень сжатия, индикаторный КПД и коэффициент активного тепловыделения конца сгорания

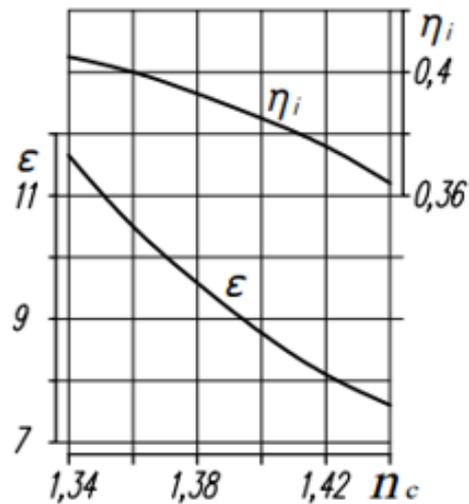


Рисунок 3 – Влияние коэффициента политропы сжатия на допустимую по детонации степень сжатия и КПД двигателя

На рисунке 2 показано влияние средней температуры стенок, определяющих зону сгорания, на детонацию (все обозначения соответствуют рисунку 1). Видно, что изменение температуры

стенок в 2 раза практически почти не оказывают влияния на показатели цикла и в расчетах можно принимать осредненную температуру стенок примерно равной 450 К.

На рисунке 3 представлено влияние условий теплообмена в процессе сжатия на расчетные показатели рабочего цикла. В качестве основного изменяемого фактора принят средний показатель политропы сжатия, рассчитанный от нижней мертвой точки до момента начала видимого сгорания nc (т.е. оцениваемого по точке отрыва линии сгорания от линии сжатия на индикаторных диаграммах). Расчеты на рисунке 3 представлены для изооктана с оценкой самовоспламенения топлива по формулам Воинова и Скороделова. Расчеты с оценкой самовоспламенения по формулам Дауда и Ейза показывают близкие результаты.

Расчетное моделирование рабочего цикла показывает, что охлаждение заряда в процессе сжатия, задаваемое показателем политропы сжатия, оказывает сильное влияние на детонацию (рисунок 3).

Для экспериментальной проверки расчетных данных были проведены опыты с охлаждением днища поршня маслом на выделенном цилиндре двигателя ВАЗ-2108 с экспериментальной головкой цилиндров со степенью сжатия $\varepsilon = 9,52$. Выделенный, 4-й цилиндр, имел отдельную впускную систему с отдельным карбюратором. Детонационная стойкость бензина не позволяла выйти на оптимальный угол опережения зажигания. Поэтому показатели ДВС снимались при угле начала детонации (меньше оптимального угла), который определялся по осциллографу при индицировании двигателя.

Результаты индицирования осредненных циклов с охлаждением днища поршня и без охлаждения приведены на рисунке 4, из которого видно, что охлаждение днища поршня приводит к заметному увеличению давлений цикла по условиям детонации.

Улучшение детонационных характеристик двигателя, находит свое подтверждение в характере изменения значений политропы сжатия для двигателя, работающего с охлаждением и без охлаждения днища поршня маслом (рисунок 5).

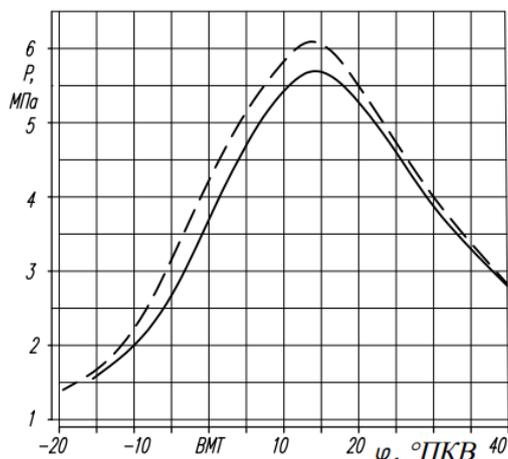


Рисунок 4 – Индикаторные диаграммы без охлаждения и с охлаждением днища поршня маслом:

———— без охлаждения; — — — с охлаждением днища поршня маслом

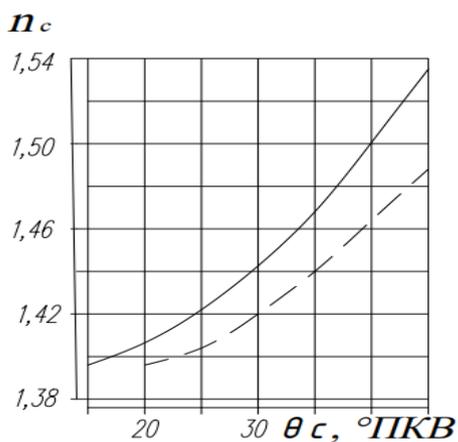


Рисунок 5 – Средние показатели политроп процесса от начала сжатия (НМТ) до угла θ_c :

———— без охлаждения
— — — с охлаждением днища поршня маслом

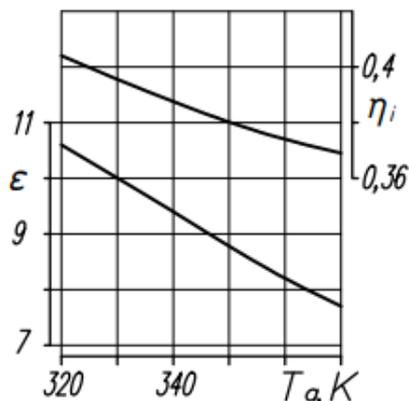


Рисунок 6 – Влияние температуры конца наполнения на показатели цикла по условиям детонации (расчеты по формулам Воинова и Скороделова)

Средний показатель политроп сжатия определялся по давлениям индикаторных диаграмм от начала сжатия до угла θ_c , отсчитываемого от ВМТ против вращения вала двигателя. Из рисунка 5 следует, что охлаждение днища поршня приводит к заметному уменьшению показателя политропы сжатия. Это подтверждает справедливость математических моделей рабочего цикла двигателя и прогнозирования режимов детонации.

Условия теплообмена можно изменить различными методами, например, в процессе впуска, что вызовет изменения температуры в конце наполнения – T_a . Поэтому были выполнены также расчеты влияния этой температуры на показатели цикла по началу детонации. Результаты расчетов по формулам Воинова и Скороделова представлены на рисунке 6. Видно, что изменение температуры в конце наполнения оказывает тоже достаточно сильное влияние на детонацию. Хотя, для существенного влияния на условия детонации, реальный диапазон изменения температуры T_a должен быть достаточно большим, что трудно реализуемо на практике.

Таким образом, наиболее сильное влияние на детонации оказывают условия теплообмена в процессе наполнения и в процессе сжатия. Причем, практичнее искать способы эффективного охлаждения смеси при сжатии. Изменения условий охлаждения в процессе сгорания не дают положительного эффекта по улучшению антидетонационных свойств двигателей.

Выводы

1. Интенсификация теплообмена заряда с окружающей средой оказывает существенное влияние на детонационные характеристики двигателя. Увеличение коэффициента теплоотдачи в процессе сгорания повышает допустимую по условиям детонации степень сжатия, но при этом индикаторный КПД двигателя не увеличивается.

2. Изменение интенсивности охлаждения стенок камеры сгорания в диапазоне от 350 до 550 К оказывает несущественное влияние на показатели рабочего цикла и двигателя.

3. Наиболее сильное влияние на возникновение детонации оказывает интенсификация теплообмена заряда в процессе сжатия. Например, уменьшение среднего показателя политропы сжатия от 1,42 до 1,38 позволяет увеличить допустимую степень сжатия более чем на 1,5 ед. и повысить индикаторный КПД почти на 0,02. Это наиболее практичный способ повышения антидетонационных свойств двигателя за счет изменения условий теплообмена в ДВС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Математическое моделирование детонации в двигателях с искровым зажиганием / А. В. Капустин, В. Л. Чумаков, С. Н. Девянин, Б. А. Жоробеков // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 4. – С. 43-51.

2. Капустин, А. В. Математическая модель рабочего цикла двигателя с искровым зажиганием / А. В. Капустин, С. В. Смирнов, В. Л. Чумаков // В сборнике: Чтения академика В. Н. Болтинского. – 2021. – С. 86-95.

Об авторах:

Капустин Александр Васильевич, доцент кафедры энергетике и транспорта ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого» (173003, Российская Федерация, г. Великий Новгород, Большая Санкт-Петербургская ул., 41), кандидат технических наук, доцент, aleksandr.kapustin@novsu.ru.

Жоробеков Болотбек Астаевич, кандидат технических наук, доцент, Ошский технологический университет имени Академика М. М. Адышева (Кыргызстан, г. Ош, ул. Исанова, д.81).

Чумаков Валерий Леонидович, профессор кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, профессор, valery.chumakov@gmail.com.

Бижаев Антон Владиславович, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент.

About the authors:

Alexander V. Kapustin, associate professor of the Department of Energy and Transport, Yaroslav the Wise Novgorod State University (173003, Russian Federation, Veliky Novgorod, Bolshaya St. Petersburg st., 41), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, aleksandr.kapustin@novsu.ru.

Bolotbek A. Zhorobekov, associate professor, Osh Technological University named after Academician M.M. Adyshev (Kyrgyzstan, Osh, Isanova str., 81) Cand.Sc. (Engineering).

Valery L. Chumakov, professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), professor, valery.chumakov@gmail.com.

Anton V. Bizhaev, associate professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ РАЗБОРКИ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ТЯГОВОЙ БАТАРЕИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ ИСХОДЯ ИЗ ЦЕЛЕЙ ДАЛЬНЕЙШЕГО ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Г. Е. Митягин¹, М. К. Бисенов²

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

² УО «Кызылординский открытый университет», г. Кызылорда, Республика Казахстан

***Аннотация.** Разборка высоковольтной тяговой батареи электромобиля один из наиболее ответственных технологических процессов ремонта или утилизации электромобиля. От качества проведения работ по разборке высоковольтной тяговой батареи электромобиля зависит не только безопасность этого технологического процесса и всего предприятия в целом, но и количество деталей, которые можно использовать повторно. Опыт авторемонтных производств указывает на возможность повторного использования до 70 % деталей, извлекаемых из разбираемых агрегатов или узлов. Достоверных данных о доле годных для повторного использования деталей высоковольтной тяговой батареи электромобиля после завершения его эксплуатации нет, хотя конструкция высоковольтной батареи и принцип ее работы предполагает, что значительная часть ее компонентов, за исключением самих ячеек, не должна претерпевать изменений. Соответственно, количество годных деталей и трудоемкость их демонтажа зависят от организации и технологии разборочных работ. Некорректная технология разборочных работ, неправильный выбор последовательности демонтажа деталей, подбор не подходящего инструмента приводит к появлению на демонтированных деталях трещин, обломов, особенно на пластиковых деталях, срыв резьбы и другие дефекты приводят к невозможности повторного использования. Особое внимание требуется уделять электронным компонентам ввиду опасности повреждения изоляции проводников, выхода из строя локальных предохранителей и других визуально не заметных повреждений, приводящих к неработоспособности демонтированного электронного элемента. В статье представлены результаты исследования глубины разборки высоковольтной тяговой аккумуляторной батареи электромобиля на основе определения последовательности разборочных операций, которые могут быть реализованы в рамках технологического процесса ремонта или утилизации высоковольтной тяговой аккумуляторной батареи.*

Ключевые слова: электромобиль; гибридный автомобиль; высоковольтная тяговая батарея; схема разборки изделия; технологическая операция; норма времени; ремонт; утилизация.

DETERMINATION OF THE OPTIMAL DEPTH OF DISASSEMBLY OF THE HIGH-VOLTAGE TRACTION BATTERY OF AN ELECTRIC VEHICLE BASED ON THE PURPOSES OF ITS FURTHER USE

G. E. Mityagin^a, M. K. Bisenov^b

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

^b *Kyzylorda Open University, Kyzylorda, Republic of Kazakhstan*

Abstract. *Disassembly of the high-voltage traction battery of an electric vehicle is one of the most responsible technological processes for repairing or disposing of an electric vehicle. The quality of work on disassembling the high-voltage traction battery of an electric vehicle depends not only on the safety of this technological process and the entire enterprise as a whole, but also on the number of parts that can be reused. The experience of car repair industries indicates the possibility of reuse of up to 70% of the parts extracted from disassembled units or assemblies. There is no reliable data on the proportion of reusable parts of the high-voltage traction battery of an electric vehicle after its operation is completed, although the design of the high-voltage battery and the principle of its operation suggest that a significant part of its components, with the exception of the cells themselves, should not undergo changes. Accordingly, the number of suitable parts and the complexity of their dismantling depends on the organization and technology of disassembly. Incorrect disassembly technology, incorrect selection of the sequence of disassembly of parts, selection of an unsuitable tool leads to cracks, fragments on dismantled parts, especially on plastic parts, thread failure and other defects lead to the impossibility of reuse. Special attention should be paid to electronic components due to the risk of damage to the insulation of conductors, failure of local fuses and other visually imperceptible damage leading to inoperable dismantled electronic element. The article presents the results of a study of the depth of disassembly of a high-voltage traction battery of an electric vehicle based on determining the sequence of disassembly operations that can be implemented as part of the technological process of repair or disposal of a high-voltage traction battery.*

Keywords: *electric car; hybrid car; high-voltage traction battery; product disassembly scheme; technological operation; time limit; repair; disposal.*

Цель статьи – представить результаты эксперимента по

оценке глубины разборки высоковольтной тяговой батареей электромобиля, определению границ детализации разборочных операций и выделения демонтированных элементов в единицы складского учета для повторного использования при ремонте или реализации на вторичном рынке.

Введение

Актуальность исследований послеексплуатационных технологических процессов обращения с электромобилями и гибридными автомобилями становится очевидной если проанализировать статистику продаж этих видов транспортных средств в 2023 году в сравнении со всеми предшествующими периодами (рисунок 1) [1, 2]. В прошлом году новые электромобили преодолели первую знаковую точку структуры продаж новых транспортных средств – их доля составила 1,3 %. Считается, что, если будет достигнут следующий показатель – пять процентов, популярность электромобилей будет нарастать более высокими темпами, однако, это утверждение подтверждается пока только на примере стран Европы и Китая. Помимо общего стремительного роста количества электромобилей изменилась структура транспортных средств, имеющих на борту высоковольтную батарею – электромобили существенно потеснили гибридные автомобили, достигнув доли более 40 процентов [1].

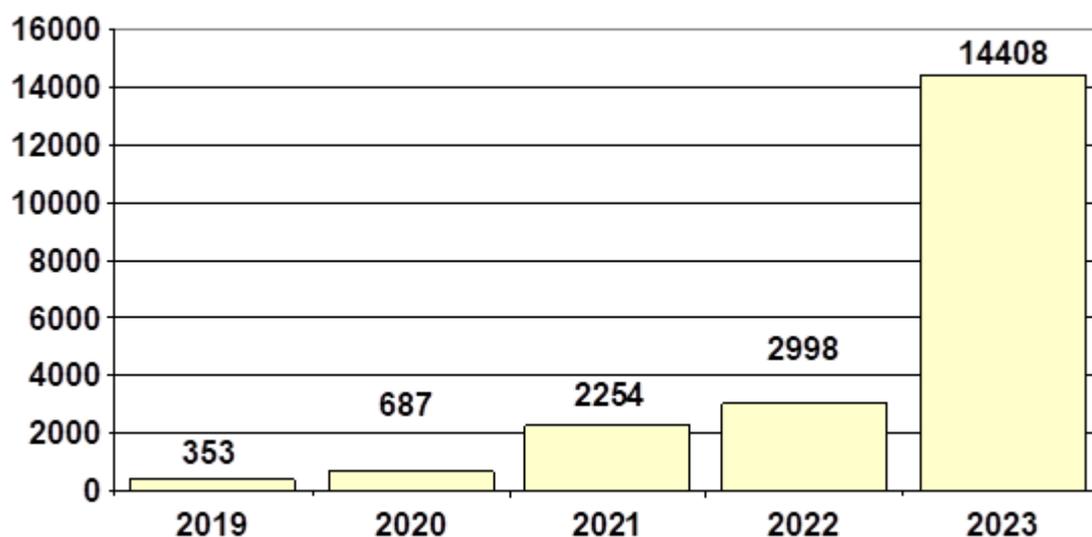


Рисунок 1 – Динамика продаж новых электромобилей, шт.

Анализируя марочный состав электромобилей следует отметить, что импортозамещение в этом сегменте пока признать невозможно и весь рост, несмотря на значительное расширение производства электромобилей в России, даже не принимая во внимание их происхождение, был достигнут за счет импорта, в первую очередь из Китая (рисунок 2) [1, 3]. Если в 2013 году на рынке в России было доступно около шести моделей электромобилей, то в 2023 году их количество превысило несколько десятков, однако, из всего разнообразия моделей электромобилей только восемь достигли количества в 500 реализованных покупателям экземпляров (рисунок 3) [4].

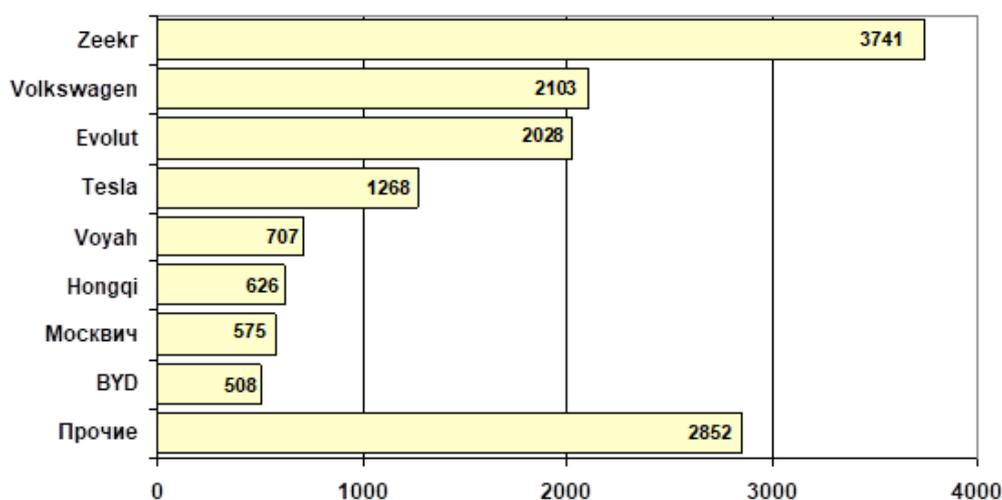


Рисунок 2 – Структура продаж электромобилей по маркам в 2023 году, шт.

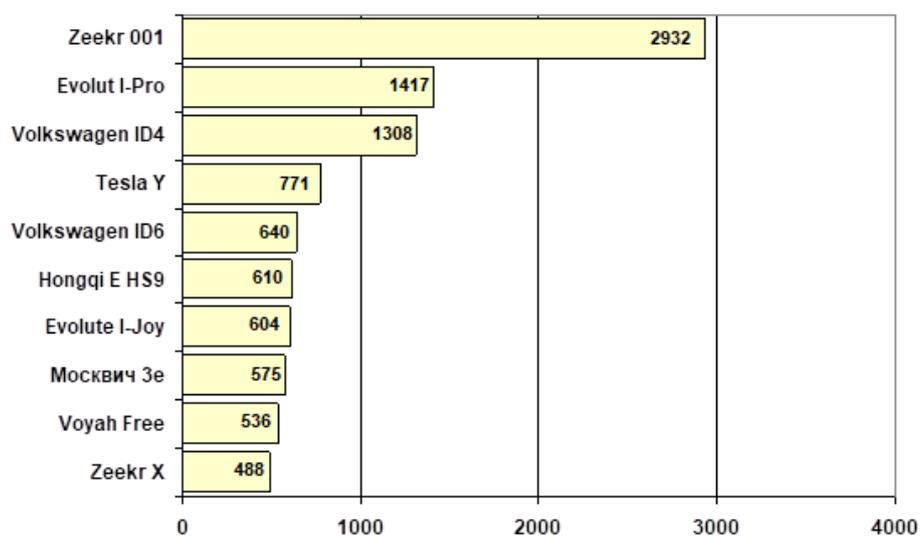


Рисунок 3 – Наиболее популярные модели электромобилей в 2023 году, шт.

Анализируя данные 2023 года, можно сделать вывод, что имеет место тенденция вытеснения электромобилей, разработанных путем конвертации автомобилей с ДВС, электромобилями, разработанными на современных электромобильных технологических платформах, не предполагающих версий с ДВС, либо допускающие гибридные версии с ДВС без связи с трансмиссией. Для таких электромобилей характерна особая конструкция кузова, предполагающая интеграцию корпуса высоковольтной тяговой батареи в силовой каркас, а также формирование стандартизированных требований к размерам высоковольтных батарей и к используемым ячейкам. Например, для бескорпусных литий-ионных «пакет-ячеек», используемых в современных электромобилях, стал применяться стандарт VDA355, предполагающий типовой размер ячейки, имеющей размеры $303 \times 100 \times 12,3$ мм [5]. Такой формат ячейки под индексом 123100302E1, предполагается к производству на готовящейся к запуску в 2025 году гигафабрике по производству накопителей «РЭНЕРА» [6]. На базе ячейки этого формата уже предлагаются готовые батарейные модули, включающие 12 ячеек, имеющие различные характеристики, подходящие как для электромобилей, так и для других транспортных средств. Например, ME120-022 (конфигурация 2P6S, номинальное напряжение 22,2 В, номинальная емкость 120 А·ч), ME180-014 (конфигурация 3P4S, номинальное напряжение 14,8 В, номинальная емкость 180 А·ч), ME600-044 (конфигурация 1P12S, номинальное напряжение 44,4 В, номинальная емкость 60 А·ч) [7].

Учитывая вышесказанное, для определения оптимальной глубины разборки высоковольтной тяговой батареи электромобиля желательно использовать образец, наиболее полно отвечающий современным тенденциям развития конструкций высоковольтных аккумуляторных батарей.

Методы

Для определения оптимальной глубины разборки высоковольтной тяговой батареи электромобиля необходимо выполнить следующие шаги:

1. Определение цели разборки высоковольтной батареи. Цель разборки будет определять применяемую технологию разборки, применяемый инструмент и приемы работы с ним.

2. Определение объекта исследования, важно чтобы он

соответствовал перспективным тенденциям развития конструкции высоковольтных батарей и наиболее массовым конструктивным схемам.

3. Сбор данных. Для сбора данных следует использовать различные источники, например, базы данных производителей электромобилей, отчеты сервисных центров, опросы владельцев электромобилей и т.д. Учитывая современные ограничения доступа к актуальной технической информации, незначительный опыт работы сервисных предприятий с электромобилями, особенно современными, целесообразно провести исследование технологического процесса разборки непосредственно на высоковольтной батарее, исполняя трудовые движения в порядке, который позволит достичь требуемого результата.

4. Анализ данных. Необходимо проанализировать данные, чтобы выявить оптимальную последовательность выполнения разборочных работ, среднее время демонтажа элементов высоковольтной батареи, наиболее часто встречающиеся проблемы, соответствие применяемого инструмента целям работы с батареей.

5. Формулирование рекомендаций и составление схемы разборки. На основе анализа данных необходимо сформулировать рекомендации, например, по последовательности выполнения действий, по механизации трудовых действий исполнителей или по рекомендуемому количеству и квалификации исполнителей, занимающихся с высоковольтной батареей, рекомендации по используемому инструменту и даже требованиям безопасности.

Разборка высоковольтной аккумуляторной батареи может являться частью производственного процесса ремонта электромобиля, частью процесса утилизации как всего электромобиля, так и отдельно высоковольтной батареи, а также элементам процесса реновации батареи для последующего использования по штатному или альтернативному назначению. Следует отметить, что такой процесс применим для батарей, где ячейки и электронные компоненты размещены внутри герметичного корпуса, который характерен для современных серийных электромобилей.

Рабочей документацией для разборки как правило являются схемы разборки, технологические карты или руководства по ремонту. Учитывая новизну и, как правило, отсутствие необходимой квалификации и опыта работы с высоковольтными батареями

предпочтительна разработка схемы разборки для применения ее в перспективе в условиях предприятий.

Схема разборки высоковольтной батареи представляет собой иерархическое дерево состояний объекта разборки [8], при этом возможно ее использование для сборки, при условии выполнения манипуляций в обратном порядке. При сопоставлении схемы и хронометража можно определить оптимальную глубину разборки исходя из применяемых критериев, например, минимум трудоемкости, максимум стоимости фонда оборотных деталей, чистота выхода материалов для целей переработки.

Для оценки технологического процесса разборки использован, разработанный на кафедре тракторов и автомобилей учебный стенд-тренажер «Высоковольтная аккумуляторная система» [9]. Учебный стенд-тренажер «Высоковольтная аккумуляторная система» предназначен для отработки и закрепления навыков выполнения основных видов работ по техническому обслуживанию и ремонту элементов. На диэлектрическом основании стенда-тренажера неподвижно закреплен корпус высоковольтной батареи в котором при помощи штатного крепежа закреплены: панель с каналами охлаждения модулей батареи; блок батареи, включающий 6 или 8 модулей (24 или 32 субмодуля) в зависимости от модификации; передний высоковольтный разъем; задний высоковольтный разъем; разъем инвертера; блок предохранителя; блок управления батареями; блок управления ячейками батареи; силовое реле; низковольтный разъем связи и питания.

Смонтированная на стенде высоковольтная аккумуляторная батарея применялась на электромобиле КИА EV-6. Она обладает всеми характерными признаками современной «типовой» высоковольтной аккумуляторной батареи, содержит шесть сдвоенных ячеек «SK Innovation E556» в одном модуле (схема 2P6S).

Разработка технологического процесса разборки и соответствующей ему схемы включает девять этапов [8], однако для определения оптимальной глубины достаточно лишь первых четырех:

- изучение конструкции разбираемой высоковольтной батареи;
- разбивка объекта на разборочные группы и подгруппы;

- выбор наиболее оптимального метода рациональной организации разборки;
- определение последовательности разборочных операций, установление режимов разборки и норм времени на выполнение разборочных операций.

Результаты и обсуждение

Изучение конструкции разбираемой высоковольтной батареи позволило разделить ее на разборочные группы (рисунок 4).

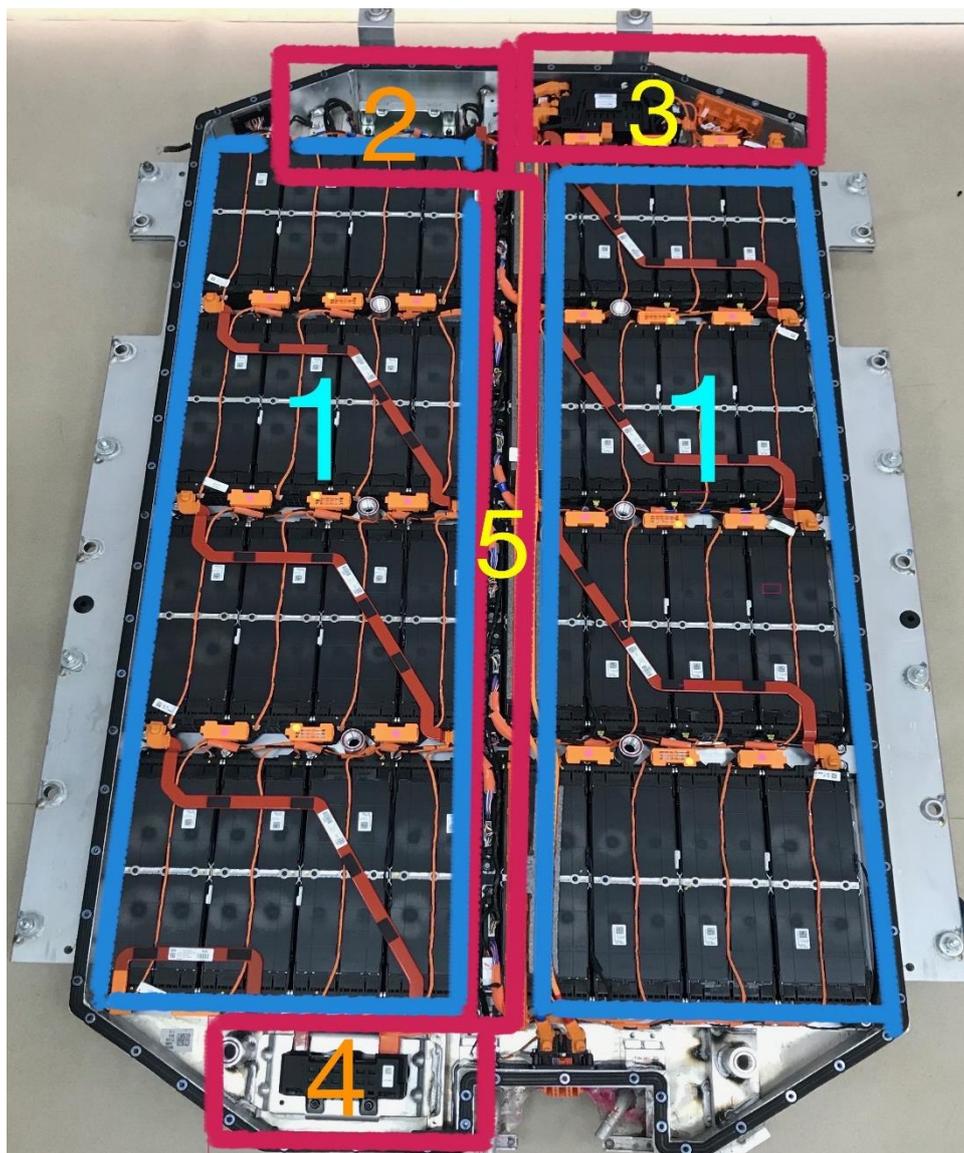


Рисунок 4 – Общий вид высоковольтной тяговой батареи со снятой крышкой и разделением на разборочные группы:

1 – модули; 2 – блок управления батареями; 3 – блок силового реле; 4 – блок силового предохранителя; 5 – зона группового размещения блоков управления ячейками батареи и кабеля контроля параметров и управления

В моноблоке высоковольтной батареи электромобиля следует выделить пять основных групп: 1 – модули (на рисунке 4 показана версия батареи состоящей из двух половин по четыре модуля – всего 8 модулей, включающих 32 submodule); 2 – блок управления батареей (BMU); 3 – блок силового реле (PRA); 4 – блок силового предохранителя; 5 – зона группового размещения блоков управления ячейками батареи и кабеля контроля параметров и управления.

В зависимости от целей, которые были поставлены, разборка может быть частичная или полная. Частичная разборка высоковольтной батареи имеет место при текущем ремонте, например, для замены отдельных модулей, или ячеек, или электронных компонентов, расположенных внутри корпуса батареи, к которым не предусмотрен доступ снаружи.

Полная разборка имеет место при реновации батареи, например при замене всех ячеек на новые вместо деградировавших или новые с повышенной емкостью с модернизацией системы мониторинга ячеек, а также при утилизации, для формирования фонда обменных деталей или сортировки по группам материалов.

Независимо от глубины разборки – частичной или полной – процесс будет включать две фазы. В первой фазе будет выполняться первичная оценка параметров безопасности батареи после демонтажа с электромобиля и вскрытие батареи с предварительной поэлементной оценкой. Технологические операции, входящие в эту фазу, необходимо выполнять в полном объеме. Во второй фазе, предполагающей дальнейшую работу с разборочными группами (рисунок 4), возможны различные траектории работы, так, при частичной разборке демонтаж выполняется по одной или нескольким разборочным группам, при полном – по всем.

Вывод

Определение оптимальной глубины разборки высоковольтной тяговой батареи электромобиля является важной задачей, позволяющей рационально подойти к организации технологического процесса разборки исходя из целей дальнейшего использования всей батареи или отдельных ее компонентов.

Как показал эксперимент целесообразно определение двух уровней глубины разборки – частичной и полной. Частичная разборка высоковольтной батареи будет целесообразна при выполнении текущего ремонта, а полная разборка при реновации батареи и

при утилизации как с разделением компонентов по видам материалов, так и с образованием обменного фонда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Российский рынок новых электромобилей в 2023 году вырос почти в 5 раз [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autostat.ru/news/56565>.

2. Митягин, Г. Е. Проблемы и перспективы производства и эксплуатации электротранспортных средств в России / Г. Е. Митягин, О. П. Андреев, А. А. В. Рупасингхе // Международный технико-экономический журнал. – 2022. – № 2. – С. 33-44.

3. Мировой рынок электромобилей в 2023 году вырос на треть [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autostat.ru/news/56581>.

4. В 2023 году на российском рынке появилось 16 новых электромобилей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autostat.ru/articles/56603>.

5. Модуль литий-ионной батареи VDA355 NMC 51 А·ч [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lythbattery.com/vda355-nmc-lithium-ion-battery-module-51ah-1p12s/?lang=ru>.

6. Российские литий-ионные АКБ для источников бесперебойного питания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://renera.ru/company/ustojchivoe-razvitie/files/brochure_Renera_210x297%20имиджевая_ver17.pdf?ysclid=lrt439emks415859030.

7. Накопители энергии ЕСОМЕТА. Литий-ионные батареи и системы накопления энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ecometa.ru/wp-content/uploads/2023/11/Katalog_ESOMETА_210x297.pdf.

8. Технология ремонта машин: учебник для вузов /Е. А. Пучин, О. Н. Дидманидзе, В. С. Новиков и др. – М. : Изд-во УМЦ «Триада». – Ч. 1. – 2006. – 348 с.

9. Митягин, Г.Е. Результаты исследования технологического процесса разборки высоковольтной тяговой батареи электромобиля / Г. Е. Митягин, М. К. Бисенов, А. О. Шамаева // Техника и технология: теория и практика. – 2022. – №4 (6). – С. 7-21.

Об авторах:

Митягин Григорий Евгеньевич, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, доцент.

Бисенов Мурат Кылышбаевич, старший преподаватель ОУ «Кызылординский открытый университет» (Республика Казахстан, г. Кызылорда, ул. Гани Муратбаев, д. 72а).

About the authors:

Grigory E. Mityagin, associate professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), associate professor.

Murat K. Bisenov, senior lecturer, Kyzylorda Open University (Republic of Kazakhstan, Kyzylorda, Gani Muratbayev str., 72a).

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА УСЛУГ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Г. Н. Темасова, О. А. Леонов, Ю. Г. Вергазова

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

***Аннотация.** Качество услуг предприятий технического сервиса может зависеть от многих факторов, включая квалификацию персонала, состояние оборудования, условия работы и т.д. В статье рассмотрены показатели качества услуг предприятий технического сервиса агропромышленного комплекса, предложена модель восприятия в оценке качества услуг.*

***Ключевые слова:** технический сервис; качество; показатели качества услуг; модель восприятия в оценке качества услуг.*

INDICATORS OF THE QUALITY OF SERVICES OF TECHNICAL SERVICE ENTERPRISES OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

G. N. Temasova, O. A. Leonov, Yu. G. Vergazova

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

***Abstract.** The quality of technical service companies' services may depend on many factors, including personnel qualifications, equipment condition, working conditions, etc. The article considers the indicators of the quality of services of the enterprises of technical service of the agro-industrial complex, a model of perception in assessing the quality of services is proposed.*

***Keywords:** technical service; quality; service quality indicators; perception model in assessing the quality of services.*

В современном мире организации все чаще внедряют инновационные методы для улучшения качества обслуживания клиентов [1, 2]. Успех и развитие любой организации зависят от внешних и внутренних факторов [3]. Однако центральное место занимает управление качеством продукции или услуг, поскольку оно позволяет оптимизировать использование ресурсов и снижать затраты

при одновременном повышении прибыли. Качество труда также играет важную роль в определении результативности деятельности предприятия [4].

Каждая организация стремится найти новые подходы и методы для повышения своей конкурентоспособности и успеха на рынке. Многие современные концепции повышения эффективности деятельности организации основаны на теории, методологии и практике управления качеством продукции, услуг и обслуживания [5, 6]. Традиционные подходы, реализуемые отдельными специалистами, уже не соответствуют современным требованиям. Большинство организаций переходят на системный и процессный подходы [7, 8].

Ключевыми принципами эффективного управления качеством являются: лидерство руководства, вовлечение персонала, ориентация на потребителя, партнерские отношения с поставщиками, принятие решений на основе фактов и постоянное улучшение деятельности организации [9, 10]. Эти принципы лежат в основе реализации успешной стратегии развития всех видов предприятий и организаций, включая предприятия технического сервиса АПК.

Технический сервис машин и оборудования является важным подразделением агропромышленного комплекса, призванным удовлетворять потребности сельскохозяйственных производителей. Изучение проблем качества в системе технического обслуживания является актуальной задачей. Стоит отметить, что в этой сфере постоянно возникают проблемы, среди которых наиболее распространенной является низкое качество предоставляемых услуг [11]. Это обусловлено устаревшим оборудованием и инструментами, а также недостаточной квалификацией персонала [12]. Еще одной проблемой является отсутствие единых стандартов качества в системе технического сервиса АПК [13]. Это приводит к тому, что потребители не могут быть уверены в качестве предоставляемых услуг и часто сталкиваются с недобросовестными исполнителями.

Для решения этих проблем необходимо внедрять новые методы управления качеством в систему технического обслуживания АПК. Необходимо повышать квалификацию персонала, внедрять современное оборудование и технологии, а также разрабатывать единые стандарты качества.

Эти меры позволят улучшить качество предоставляемых услуг и повысить удовлетворенность потребителей. Внедрение новых методов управления качеством в систему технического обслуживания АПК также позволит повысить конкурентоспособность предприятий технического сервиса и увеличить их доходы. Качественные услуги по техническому обслуживанию машин и оборудования являются важным фактором повышения эффективности сельскохозяйственного производства и обеспечения продовольственной безопасности страны.

Показатели качества услуг технического сервиса [13] представлены на рисунке 1.



Рисунок 1– Основные показатели качества услуг

Теперь рассмотрим модель восприятия в оценке качества услуг технического сервиса АПК. Модель восприятия в оценке качества услуг включает три основные части: базовое качество; требуемое качество; желаемое качество [14, 15].

Базовое (основное) качество [16, 17] – это совокупность тех свойств услуги, наличие которых потребитель считает

обязательным. Обеспечение базовых качеств услуги может требовать постоянных затрат ресурсов предприятия технического сервиса АПК. Производитель услуг обязан иметь в виду, что базовые показатели качества не вызывают ценности у клиентов, но если основное качество отсутствует, то оно может вызвать отрицательную реакцию у потребителя. Производителю необходимо обращать на базовое качество большее внимание, так как халатность может привести к ухудшению репутации компании в целом.

Требуемое (ожидаемое) качество [18] – является совокупностью технических и функциональных характеристик услуги. Характеристики показывают, как услуга соответствует планам производителя. Именно требуемые свойства услуги подвергаются рекламе и гарантии производителя.

Желаемое качество [19] – это неожиданные достоинства организации, которые вызывают удивление и одобрение потребителей. Главная особенность желаемых показателей качества в том, что потребитель данных услуг не обязан придумывать их самостоятельно. Он не требует их наличия, но в том числе, высоко оценивает неожиданные достоинства организации.

Осуществление желаемых показателей качества является результат больших знаний производителя услуг в сфере потребности сельхозпроизводителей.

Изучив основные показатели качества услуг предприятий технического сервиса агропромышленного комплекса, можно прийти к выводу, что для эффективного управления качеством услуг необходимо учитывать ряд важных факторов. Первым шагом является определение целевого потребителя и понимание его ожиданий и требований к услугам. Далее, необходимо разработать и внедрить систему управления качеством, которая будет отвечать международным стандартам, таким как ISO 9001 или ISO 14001. Эта система должна охватывать все процессы предприятия, от закупки сырья до доставки готовой продукции потребителю. Немаловажную роль играют кадровые ресурсы предприятия. Кроме того, необходимо уделять внимание внедрению инноваций и новых технологий в производственный процесс. Это позволит повысить эффективность и производительность предприятия, а также снизить себестоимость услуг. Также следует следить за техническим состоянием используемого в производстве оборудования. Важную

роль в повышении качества услуг играет внедрение современных методов маркетинга и продвижения. Кроме того, предприятие должно постоянно отслеживать и анализировать отзывы потребителей о качестве предоставляемых услуг. Это позволит своевременно выявлять и устранять недостатки, а также улучшать процессы и методы работы предприятия. Предприятие должно быть готово к изменениям во внешней среде и быстро реагировать на них. Это включает изменения в законодательстве, рыночных условиях и потребительских предпочтениях.

Таким образом, учитывая все эти факторы, предприятия технического сервиса АПК могут повысить эффективность и результативность своей деятельности, а также завоевать доверие и лояльность потребителей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новая стратегия технического обслуживания и ремонта машин / В. И. Черноиванов, В. А. Денисов, Ю. В. Катаев, А. А. Соломашкин // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 9 (291). – С. 33-36.
2. Система технического обслуживания и ремонта машин, как элемент технического сервиса / И. В. Козарез, А. А. Дрикоз, О. А. Купреенко, С. В. Уралов // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 6 (76). – С. 55-58.
3. Организация технического сервиса машин и оборудования : практикум / Ю. А. Кузнецов, И. Н. Кравченко, П. В. Сенин [и др.]. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 536 с.
4. Теоретические основы управления затратами на техническое обслуживание и текущий ремонт на предприятиях технического сервиса / Л. М. Стахеева, Г. А. Иовлев, А. В. Фетисова [и др.] // Право и управление. – 2023. – № 11. – С. 412-420.
5. Совершенствование QFD-анализа для оценки качества специальной техники / Н. Ж. Шкаруба, О. А. Леонов, Г. Н. Темасова [и др.]. – М. : Логос, 2020. – 90 с.
6. Леонов, О. А. Экономика качества, стандартизации и сертификации : / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Н. Ж. Шкаруба. – М. : Издательский Дом "Инфра-М", 2019. – 251 с.
7. Управление затратами на качество продукции и услуг предприятий ремонтного профиля : монография / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Г. Н. Темасова [и др.]. – Ставрополь : Логос, 2020. – 133 с.

8. Бураева, Г. М. Логистизация ремонта машин на предприятии технического сервиса / Г. М. Бураева, А. В. Шистеев // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2021. – № 41. – С. 14-19.
9. Теория и практика оценки рисков процессов контроля на предприятиях технического сервиса / Г. И. Бондарева, Н. Ж. Шкаруба, О. А. Леонов [и др.] // Сельский механизатор. – 2021. – № 11. – С. 29-30.
10. Оценка потерь от несоответствий процесса обслуживания и ремонта техники при послепродажном сервисе / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Г. Н. Темасова [и др.] // Сельский механизатор. – 2021. – № 5. – С. 38-40.
11. Катаев, Ю. В. Состояние инженерной службы АПК Тамбовской области и перспективы ее развития / Ю. В. Катаев, М. С. Мордасова, В. С. Герасимов // Аграрная наука. – 2023. – № 2. – С. 111-116.
12. Assessing External Defects at Manufacturing Enterprises / G. I. Bondareva, G. N. Temasova, O. A. Leonov [et al.] // Russian Engineering Research. – 2022. – Vol. 42, No. 2. – P. 151-154.
13. Мартынов, А. В. Производственная эксплуатация технологического оборудования для технического обслуживания и ремонта машин / А. В. Мартынов, А. М. Давыдкин, А. М. Земсков. – Саранск : Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2020. – 84 с.
14. Помогаев, В. М. Информационное обеспечение в системе технического обслуживания и ремонта мобильных машин в сельском хозяйстве / В. М. Помогаев, Г. В. Редреев // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2(46). – С. 145-152.
15. Коцуба, В. И. Техническое обслуживание и ремонт тракторов и сельскохозяйственных машин / В. И. Коцуба, В. А. Хитрюк, А. К. Трубилов. – Минск : Учреждение образования «Республиканский институт профессионального образования», 2023. – 191 с.
16. Семенюк, Т. А. Применение новой методики планирования мероприятий технического обслуживания и ремонта строительных машин (на примере мобильного бетоносмесителя) / Т. А. Семенюк, С. В. Репин, Т. В. Виноградова // Русский инженер. – 2023. – № 4(81). – С. 46-48.
17. Влияние управляющих параметров на основные показатели надежности деталей машин / Ю. В. Катаев, А. А. Соломашкин, В. С. Герасимов, Е. Ф. Малыха // Вестник машиностроения. – 2023. – № 7. – С. 560-565.
18. Катаев, Ю. В. Контроль технического состояния сельскохозяйственной техники через онлайн мониторинг параметров / Ю. В. Катаев, Е. А. Градов, И. А. Тишанинов // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2022. – № 1. – С. 14-19.
19. Антипов, Д. В. Комплексный показатель оценки устойчивости систем менеджмента качества / Д. В. Антипов, О. Г. Губанова // Известия

Об авторах:

Темасова Галина Николаевна, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат экономических наук, доцент, temasova@rgau-msha.ru.

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

Вергазова Юлия Геннадьевна, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, vergazova@rgau-msha.ru.

About the authors:

Galina N. Temasova, associate professor of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Economic), associate professor, temasova@rgau-msha.ru.

Oleg A. Leonov, Head of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), D.Sc. (Engineering), professor, oaleonov@rgau-msha.ru.

Yulia G. Vergazova, associate professor of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Engineering), vergazova@rgau-msha.ru.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ВНЕДРЕНИЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Е. А. Яшина

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

Аннотация. В статье описаны способы и механизмы совершенствования инженерного образования за счёт внедрения в образовательные программы предпринимательских компетенций.

Ключевые слова: предпринимательское образование; студенты инженерных специальностей; предпринимательские компетенции; предпринимательское мышление.

IMPROVING ENGINEERING EDUCATION AND INTRODUCING ENTREPRENEURIAL COMPETENCIES

E. A. Yashina

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

Abstract. The article describes the ways and mechanisms of improving engineering education through the introduction of entrepreneurial competencies into educational programs.

Keywords: entrepreneurial education; engineering students; entrepreneurial competencies; entrepreneurial thinking.

Предпринимательские компетенции, включенные в образовательные программы, предоставляют студентам информацию и знания, необходимые для открытия своего бизнеса, а также помогают их вдохновить на открытие своего дела. Выпускники с предпринимательскими компетенциями, имеют более высокую вероятность инициировать свои стартапы [1]. Предпринимательские компетенции обычно заложены в образовательные программы студентов 38 УГСН, но в последнее время это и для других направлений подготовки, включая инженерные специальности.

Практика показывает, что студенты-инженеры имеют высокий потенциал стать предпринимателями, и большое количество студентов-инженеров после окончания учебы фактически создают свой собственный бизнес [2].

Более того, в настоящее время все больше студентов инженерных специальностей получают предпринимательские компетенции, однако методы, используемые в предпринимательском образовании, различаются в зависимости от университета и факультета, поскольку не существует универсального единого способа обучения предпринимательству на инженерных специальностях.

Студенты-инженеры способны развивать технологические компании. Предпринимательская деятельность студентов-инженеров способствует созданию превосходных стартапов, которые могут создать рабочие места и улучшить экономику.

Хотя инженерное образование с включением предпринимательских компетенций вызывает растущий интерес со стороны исследователей и ученых со всего мира и несмотря на введение курсов в этой области, понимание инженерного образования в области предпринимательства все еще находится в стадии развития, а понимание его значения, компонентов и основных направлений продолжают совершенствоваться и развиваться. Интеграция предпринимательских компетенций в инженерную образовательную учебную программу должна усиливаться. В учебные планы необходимо включать совместные междисциплинарные проектные занятия и семинары, которые направлены на развитие предпринимательского мышления путем объединения студентов инженерных специальностей со специалистами практиками (бизнесменами) [3].

Предлагаемый вариант совершенствования образовательных программ инженеров можно разделить на два варианта/режима проведения. Первый режим – очные семинары на территории образовательной организации, второй вариант – онлайн-курсы для самостоятельного обучения.

Обучение по первому варианту дает обзор предпринимательства и инноваций, учит тому, как создавать инновационные бизнес-модели и бизнес-план на основе спроса и желательности продукта, а также процессу дизайнерского мышления. Второй вариант помогает развивать предпринимательское мышление, уделяя особое

внимание многим навыкам, таким как бизнес-планирование, ведение переговоров, финансовая грамотность и решение бизнес-проблем. Более подробная программа обучения, проводимого по двум режимам, представлена ниже в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1 – Схема и обзор учебной программы по первому варианту

Наименование темы	Краткое содержание
Инновационная бизнес-модель	График инноваций Виды инноваций Процесс дизайнерского мышления Личные критерии. Профессиональные критерии
Бизнес-планирование	Компоненты бизнес-плана Компоненты бизнес-концепции Денежные потоки
Идея и творчество	Инновационное мышление. Модель дизайн-мышления Успешные продукты дизайн-мышления Инновации, основанные на дизайне Банковские инновации
Инновации и устойчивое развитие	Виды инноваций Инновации и конкурентоспособность Устойчивое развитие и инновации Аспекты устойчивых инноваций Этапы устойчивых инноваций От продукта к услуге
Прототипирование продукта	Виды прототипирования Причины Работает как прототип Почему важно выбирать материал Что следует учитывать при механическом проектировании

В этом режиме студенты физически посещают очные семинары на территории образовательной организации.

Содержание режима 2 разбито на семь модулей, которые включают практические задания и тесты для оценки понимания. Студенты могут записаться на курс самостоятельно.

Студенты всех инженерных специальностей обязаны пройти один из ранее описанных режимов. Предоставление сертификата об окончании обучения является обязательным условием для прохождения курса практики.

Таблица 2 – Схема и обзор учебной программы по второму варианту

Модуль/кейс-стади	Обзор
Изменение ради опыта	<p>Как определить личные навыки, определить продукт или услугу и определить цену. Понять рентабельность инвестиций.</p> <p>Дополнительные темы включают навыки презентации и обслуживания клиентов, программы удержания и лояльности, решение конфликта.</p>
Открытие своего бизнеса	<p>Знакомит с предпринимательским мышлением и объясняет, чем предпринимательство отличается от других возможностей трудоустройства. Определяются инструменты бизнес-исследований и подготавливается бизнес-план.</p>
Как сделать бизнес успешным	<p>Изучается, как помочь бизнесу оставаться прибыльным, определяя процесс изменений, анализируя преимущества и недостатки изменений продукта, подготавливая план изменений и сообщая об изменениях всем заинтересованным сторонам.</p>
Беря на себя инициативу	<p>Как перенести навыки из одного вида занятости в другой, чтобы добиться успеха на рынке. Рассматривает юридические аспекты владения бизнесом, использование социальных сетей как инструмента бизнеса и обсуждает, как подготовить предложение о финансировании, как создать консалтинговый бизнес</p>
Ведение электронного бизнеса	<p>Дает определение электронного бизнеса и описывает способы использования приложений электронного бизнеса для решения бизнес-задач. Представлено управление проектами и рассмотрены инструменты, используемые для оценки эффективности бизнеса. Показатели электронного бизнеса. Интернет-маркетинг</p>
Предоставление аутсорсинговых услуг	<p>Исследует важность оформления деловых отношений посредством контракта, включая юридическую структуру контракта, анализ общего делового контракта, а также запрос предложений и результирующую заявку. Возможности трудоустройства по контракту. Роль договоров в деловых отношениях. Тендерный процесс</p>
Построение подрядного бизнеса	<p>Рассматривает несколько аспектов владения бизнесом, включая ресурсы, процесс принятия решений, контракты и исследования. Также представлены обычные бизнес-структуры, ведомственные обязанности и установление бизнес-кредита.</p>

Онлайн-опрос был использован для выявления и понимания влияния обязательного внедрения предпринимательских компетенций с использованием двух режимов на мышление студентов. Выпускникам инженерных специальностей было предложено пройти опрос.

Опрос, включавший одиннадцать вопросов, касался следующего.

1. Инженерные специальности студентов.
2. Режим обучения, который выбрал студент.
3. Учебный год, в котором обучающийся проходил обучение.
4. Помогло ли обучение студенту развить чувство инициативы – своего рода предпринимательский настрой.
5. Помогло ли обучение лучше понять роль предпринимателей в обществе.
6. Как обучение повысило интерес студента стать предпринимателем.
7. Помогло ли обучение учащимся приобрести навыки и ноу-хау, необходимые для ведения бизнеса.
8. Как обучение помогло сформировать понимание взглядов, ценностей и мотивации предпринимателя (почему предприниматели действуют).
9. Как обучение помогло создать понимание действий, которые необходимо предпринять для открытия бизнеса.
10. Как обучение способствовало пониманию практических управленческих способностей и навыков, необходимых для начала нового бизнеса.
11. Как обучение способствовало развитию способности определять новые возможности (когда действовать).

52 ответа были получены от студентов-инженеров, окончивших обучение в течение четырех разных учебных лет (2019-2023). Больше всего ответов поступило от тех, кто окончил обучение в 2022/2023 учебном году. Это около 41,5 % от общего числа ответов. Считается, что это связано с тем, что на момент проведения опроса это были недавние выпускники, которые все еще имели более прочные связи с университетскими каналами коммуникации, которые использовались для донесения до них результатов опроса.

Самый высокий процент респондентов приходится на 11 УГСН «Электроника, радиотехника и системы связи» – 28,3 % от

общего числа полученных ответов. Далее следует 13 УГСН «Электро- и теплоэнергетика» – 20,8 %. При этом наименьший процент респондентов приходится на 09 УГСН «Информатика и вычислительная техника» – 13,2 %.

Результаты показывают, что большинство респондентов посещали занятия очно на территории образовательной организации (79,2 %). Остальные 20,8 % использовали второй режим обучения, который представлял собой онлайн-курс для самостоятельного обучения.

Опрос показал, насколько, по мнению студентов, обучение помогло им развить чувство инициативы – своего рода предпринимательскую позицию. 69,9 % ответивших студентов согласились, что обучение помогло обрести предпринимательский настрой. Кроме того, с точки зрения студентов, результаты показали, что занятия помогли лучше понять роль предпринимателей в обществе (75,5 %). Более того, 69,8 % ответивших студентов согласились, что обучение создало интерес к тому, чтобы стать предпринимателем.

43,4 % выпускников считают, что обучение помогло им приобрести навыки и ноу-хау, которые позволят им вести бизнес. 77,4 % ответов согласились, что тренинг помог им сформировать понимание взглядов, ценностей и мотивации предпринимателя и почему предприниматели действуют.

Кроме того, 50,9 % ответов показывают, что обучение помогло достичь очень хорошего понимания действий, которые необходимо предпринять для открытия бизнеса.

62,3 % студентов поняли, что обучение способствовало их пониманию практических управленческих способностей и навыков, необходимых для открытия нового предприятия.

Наконец, 71,7 % респондентов согласны с тем, что обучение способствовало развитию их способностей в выявлении новых возможностей.

При анализе индивидуальных ответов всех выпускников, прошедших два режима обучения, т.е. физическое очное обучение и онлайн-курс для самостоятельного обучения, не было выявлено четкого ответа. были выявлены преимущества одного типа над другим.

Наконец, результаты показывают, что предложенные семинары помогли студентам развить чувство инициативы, лучше

понять роль предпринимателей в обществе, повысили их интерес к тому, чтобы стать предпринимателями. Кроме того, обучение помогло развить навыки, способности, ноу-хау и действия, необходимые для ведения бизнеса [4]. Все это, помимо формирования отношений, ценностей и мотивации, способствовало развитию предпринимательского мышления студентов.

Результаты показывают, что обучающие семинары по предпринимательским компетенциям для инженеров в двух вариантах были очень успешными и достигли своей цели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Barba-Sánchez, V. Entrelireneurial intention among engineering students: The role of entrelireneurshili education / V. Barba-Sánchez, C. Atienza-Sahuquillo Euroleian // Research on Management and Business Economics. – 2018. – No. 24 (1). – P. 53-61.

2. Kariv, D. (2016). Entrepreneurial Education: Concept, Characteristics, and Contribution to Entrepreneurial Development / D. Kariv // Journal of Management Policy and Practice. – 2016. – No. 17 (2). – P. 1-18.

3. Организация агробизнеса. Цифровая трансформация / Л. И. Хоружий, О. Г. Каратаева, А. В. Шитикова [и др.]. – М/ : Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 189 с. – ISBN 978-5-4497-2009-2.

4. Яшина, Е. А. Предпринимательское образование: как развивать компетенции молодых предпринимателей / Е. А. Яшина // Аграрное предпринимательство: история, тренды, горизонты развития : материалы международной научно-практической конференции, Москва, 11-12 апреля 2023 года. – М. : РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – С. 246-252.

Об авторе:

Яшина Екатерина Алексеевна, старший преподаватель кафедры экономики, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), eanifontova@rgau-msha.ru.

About the author:

Ekaterina A. Yashina, senior lecturer at the Department of Economics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), eanifontova@rgau-msha.ru.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА МАКСИМАЛЬНЫЙ ТЯГОВЫЙ КПД

С. Н. Девянин, А. В. Куриленко

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

***Аннотация.** Среди большого числа машин, используемых в сельском хозяйстве тракторы, занимают одно из первых мест. В классической компоновке трактор создаёт энергию при помощи ДВС и передаёт её посредством трансмиссии и ВОМ, но постепенно на первый план выходят двигатели на электрической тяге, в которых потребность в механической трансмиссии отпадает. А значит встаёт вопрос эффективного управления таким двигателем или мотор-колесом. В данной статье предлагается рассмотреть критерий, по которому возможно эффективное управление ведущим колесом.*

***Ключевые слова:** трактор; энергоэффективность; буксование; производительность.*

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS ON THE MAXIMUM TRACTION EFFICIENCY

S. N. Devyanin, A. V. Kurylenko

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

***Abstract.** Among the large number of machines used in agriculture, tractors occupy one of the first places. In the classic layout, the tractor creates energy using the internal combustion engine and transmits it through the transmission and PTO, but gradually electric engines come to the fore in which the need for a mechanical transmission disappears. This means that the question of effective control of such an engine or a motor-wheel arises. This article proposes to consider the criterion by which it is possible to effectively control the driving wheel.*

***Keywords:** tractor; energy efficiency; slippage; performance.*

Ни одна сельскохозяйственная машина не является более вездесущей, чем трактор. По своей сути трактор – это транспортное средство, обеспечивающее высокую тяговую мощность на малых скоростях. Первые тракторы были не более чем двигателем и

колесами с рулевым колесом, но сегодня это передовые машины с продвинутыми вычислениями. Тракторы в основном используются для буксировки плугов, обрабатывающих почву, и оборудования для посева семян. До изобретения двигателей животные или люди должны были перемещать сельскохозяйственное оборудование. Двигатели намного мощнее, чем люди или животные, поэтому они работают намного быстрее и эффективнее.

Эффективность работы трактора в полевых условиях можно оценить по следствиям его эксплуатации, а именно:

- повышением производительности машины и сокращение сроков выполнения сельскохозяйственных работ;
- повышением надёжности работы трактора, в частности, исключая его работу с перегрузкой;
- повышение урожайности высаживаемых производителем сельскохозяйственных культур и рентабельности производства при использовании данного средства механизации.

Для обеспечения механизации сельского хозяйства эффективность работы трактора во многом определяется эффективностью его тягово-сцепных свойств, которые зависят от свойств опорной поверхности, почвы, свойств движителя поэтому улучшение сцепных качеств ведущих колёс определяет эффективность работы трактора.

Одним из способов повышения эффективности тягово-сцепных свойств трактора является обеспечение оптимального буксования, при котором достигается его максимальный тяговый КПД. Ведь буксование – это показатель потери скорости и обеспечения тяговой силы, его оптимизация обеспечит максимальный тяговый КПД и как следствие эффективность работы трактора.

Для получения взаимосвязи факторов влияющих на тягово-сцепные свойства трактора во время его работы с буксованием рассмотрим зависимость тягового КПД ведущего колеса от условий работы трактора рисунок 1 и выведем формулу для определения тягового КПД трактора через его буксование.

Трактор работает в изменяющихся условиях почвенного фона, а следовательно, его тяговая характеристика тоже изменяется как представлено на рисунке 1.

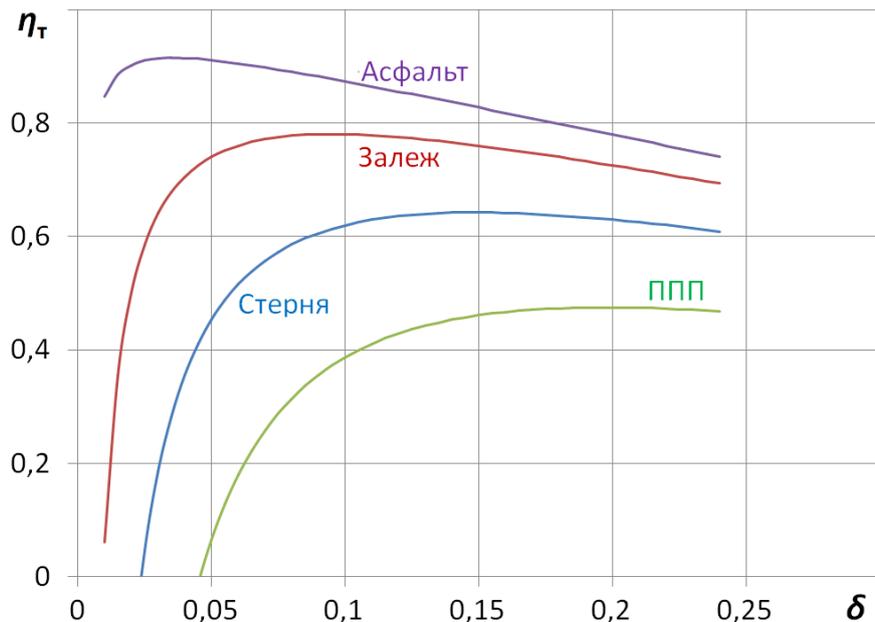


Рисунок 1 – Диаграмма зависимости тягового КПД от буксования ведущего колеса на различных почвенных фонах

Рассмотрим зависимость тягового КПД ведущего колеса от условий работы трактора.

Тяговый КПД ведущего колеса определяется по формуле:

$$\eta_k = \frac{N_T}{N_k}, \quad (1)$$

где N_T – тяговая мощность ведущего колеса;

N_k – мощность, подведенная к ведущему колесу;

Используем нижеприведённые зависимости для расчёта параметров:

$$N_T = P_{кр} \cdot V_k, \quad (2)$$

где $P_{кр}$ – тяговая сила на крюке;

V_k – действительная скорость колеса;

$$N_k = P_k \cdot r_d \cdot \omega_k, \quad (3)$$

где P_k – касательная сила тяги колеса;

r_d – динамический радиус колеса;

ω_k – угловая скорость колеса;

$$P_{кр} = (P_k - P_f), \quad (4)$$

где P_f – сила сопротивления качению;

$$P_f = G_g \cdot f, \quad (5)$$

где G_e – нагрузка на колесо;

f – коэффициент сопротивления качению;

$$\varphi(\delta) = P_k(\delta) / G_e, \quad (6)$$

где $\varphi(\delta)$ – соотношение между касательной силой тяги, буксованием и нагрузкой на колесо;

$$\omega_k = \omega_o / i_{mp}, \quad (7)$$

где ω_o – угловая скорость коленчатого вала двигателя;

i_{mp} – передаточное число трансмиссии;

$$\omega_k = \frac{V_T}{r_k}, \quad (8)$$

где V_T – теоретическая скорость колеса;

r_k – кинематический радиус колеса;

$$V_k = V_T \cdot (1 - \delta), \quad (9)$$

где δ – коэффициент буксования.

При индивидуальном приводе ведущих колёс целесообразно исключать потери КПД в трансмиссии.

После подстановки и преобразования, получим:

$$\eta_k = \left[1 - \frac{f}{\varphi(\delta)} \right] \cdot (1 - \delta) \quad (10)$$

Одним из направлений развития тракторов является использование электро-трансмиссии. Ее особенность заключается в том, что мы можем управлять каждым ведущим колесом, которое имеет отдельный автономный привод т.е. каждое колесо – это мотор колесо, отсюда тракторы с электрическим приводом имеют преимущество по сравнению с тракторами с механической трансмиссией. Отсюда встаёт вопрос, если трактор будет с индивидуальным приводом колёс, то нам необходимо правильно управлять этими колёсами и нам необходимо выбрать параметр, по которому мы будем управлять каждым ведущим колесом и в качестве такого параметра прилагается рассмотреть буксование ведущего колеса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Девянин, С. Н. Особенности тяговых характеристик тракторов с электроприводом / С. Н. Девянин, А. В. Бижаев // Чтения академика В. Н.

Болтинского: семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. – С. 292-299.

2. Гузалов, А. С. Улучшение мощностных показателей автотракторных двигателей / А. С. Гузалов, А. В. Куриленко // Тепловые двигатели, автомобили и тракторы : Материалы Международной студенческой научной конференции имени профессора А. М. Гуревича. Сборник научных трудов, Киров, 29 марта 2021 года. – Киров: ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет», 2021. – С. 3-4.

3. Севостьянов, А. Л. Тракторы и автомобили / А. Л. Севостьянов, Т. Г. Павленко. – Орёл: Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина, 2022. – 128 с.

4. Метод управления буксованием колесного движителя автомобиля и трактора / Р. Л. Газизуллин, Х. Чжен, Г. О. Котиев, Б. Б. Косицын // Тракторы и сельхозмашины. – 2021. – Т. 88, № 6. – С. 29-44.

5. Сидоров, М. В. Тракторы и автомобили. Конструкция автомобиля: Учебник / М. В. Сидоров, О. А. Царев, Н. И. Еременко. – Старый Оскол: ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2023. – 124 с.

6. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.

Об авторах:

Девянин Сергей Николаевич, профессор кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49). доктор технических наук, профессор.

Алексей Викторович Куриленко, аспирант ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49).

About the authors:

Sergey N. Devyanin, professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor.

Aleksej V. Kurilenko, postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

УДК 378.663:001:631.372(092)

ЗНАМЕНИТЫЙ, НО ЗАБЫТЫЙ – ПРОФЕССОР П. М. БЕЛЯНЧИКОВ

В. В. Шаров

Музей памяти Лопасненского края, г. Чехов, Российская Федерация

Аннотация. П. М. Белянчиков участник становления тракторостроения в СССР. Его деятельность началась в школе по обучению военных трактористов и продолжилась в ТСХА и ММЭИ им. Ломоносова. Он был помощником В. П. Горячкина на МИС. В 1927 г. П. М. Белянчиков возглавил жюри Всесоюзного конкурса по испытаниям тракторов, которое выявило лучшие в мировом тракторостроении тракторы и определило их для серийного производства в СССР. Политические репрессии остановили деятельность учёного и привели к забвению его имени.

Ключевые слова: трактор; тракторостроение; испытания; учебное пособие.

FAMOUS, BUT FORGOTTEN – PROFESSOR P. M. BELYANCHIKOV

V. V. Sharov

Lopasno Memory Museum, Chekhov, Russian Federation

Abstract. P. M. Belyanchikov participated in the formation of tractor building in the USSR. His activities began at the school for the training of military tractor drivers and continued at the Agricultural Academy and the Lomonosov Moscow State Institute of Economics. He was an assistant to V. P. Goryachkin at MIS. In 1927, P. M. Belyanchikov headed the jury of the All-Union Tractor Testing Competition, which identified the best tractors in the world tractor building and determined them for serial production in the USSR. Political repressions stopped the scientist's activities and led to the oblivion of his name.

Keywords: tractor; tractor building; tests; textbook.

Техническая политика в 1920-х годах по тракторостроению в нашей стране во многом формировалась с учётом мнения профессиональных специалистов.

Одним из таких специалистов был Павел Михайлович Белянчиков (1886-1940 гг.), имя которого незаслуженно забыто сегодня,

а в своё время он был авторитетным учёным, профессором, сподвижником В. П. Горячкина по работе на МИС. Он всю свою недолгую жизнь (54 года), посвятил тракторостроению.

В 1916 году П. М. Белянчиков был заведующим технической и учебной частью в Тракторном отделе при Военно-автомобильной школе, где проходило обучение солдат правилам эксплуатации самоходных машин.

Инженер-механик П. М. Белянчиков детально изучал конструкции импортных тракторов, проводил их подробное описание, разрабатывал учебные пособия, инструкции по эксплуатации, соответствующие методики и программы преподавания. *Такая работа в нашей стране проводилась впервые*, впоследствии П. М. Белянчиков перенесёт этот опыт и в практику ПСХА-ТСХА.

Приобретённые знания по устройству иностранной тракторной техники и правилам её эксплуатации П. М. Белянчиков активно публиковал в статьях и книгах. Его труды по устройству тракторов стали *основой для зарождающейся отечественной науки по конструированию тракторной техники*. Они служили своеобразным пособием для создателей нового вида техники и стали одним из исходных материалов, на которые опирались Е. Д. Львов и В. Ю. Гиттис при написании первых в нашей стране книг по теории трактора [1, 2].

После расформирования Военно-автомобильной школы П. М. Белянчиков стал вести учебную работу в ПСХА. Уже в 1919 году в издательстве Студентов ПСХА печатается его книга «Двигатель внутреннего сгорания. Общедоступное руководство», это учебное пособие излагало принципы работы и устройство тракторных двигателей, их регулировку и эксплуатацию. Новая книга стала *одной из первых в ряду учебников* для студентов ВУЗов.

В 1921 году выходит книга П. М. Белянчикова «Тракторы. Общедоступное руководство» объёмом в 141 страниц, которая логично дополняет ранее изданную книгу о ДВС и становится учебником для студентов академии. Впоследствии она дополняется и уже переиздаётся в 1930 году объёмом в 484 страниц.

В. П. Горячкин, учитывая знания, опыт, профессионализм и авторитет П. М. Белянчикова привлёк его к работе на МИС в качестве помощника (заместителя). Павел Михайлович сменил на этой должности В. А. Желиговского.

В 1922 году был сформирован инженерный факультет в Петровской с.-х. академии, именно на нём П. М. Белянчиков *одним из первых в нашей стране* стал читать самостоятельный курс по тракторам, который носил описательный характер и назывался «Мотокультура» [3]. Этот курс обучения прошёл будущий академик В. Н. Болтинский.

Одновременно с занятиями в академии П. М. Белянчиков читал эту же дисциплину и студентам ММЭИ имени М. В. Ломоносова. Одним из преподавателей этого института с 1922 года был и Евгений Дмитриевич Львов, который в 1924 году возглавил там кафедру «Тракторы». С 1926 года сотрудником кафедры становится Дмитрий Константинович Карельских, а с 1929 – Василий Николаевич Болтинский. Нет никаких сомнений, что все они сотрудничали в деле обучения студентов тракторной науке и обменивались мнениями по развитию тракторного дела в стране.



Рисунок 1 – В.П. Горячкин и работники МИС. 1927г.
(П.М. Белянчиков сидит второй справа)

Работая совместно с В. П. Горячкиным на МИС, П. М. Белянчикову удалось организовать испытания разнообразной тракторной техники, эти работы стали одним из перспективных направлений деятельности станции. С 1923 по 1931 гг. на МИС было испытано 25 единиц тракторов [4, с. 166]. Эти испытания проводил П. М. Белянчиков, он же и докладывал их результаты. Председателем расширенных заседаний всегда был В. П. Горячкин. Учитывая значимость развития тракторостроительной отрасли, на этих заседаниях присутствовали представители государственных органов,

образовательных учреждений, общественных организаций и представители прессы.

Понимая важность применения тракторной техники в сельском хозяйстве, П. М. Белянчиков был активным её сторонником, исследователем и популяризатором. По количеству изданных им книг, учебников, статей в газетах и журналах того времени он был несомненным лидером в своей области знаний.

С годами авторитет П. М. Белянчикова, как специалиста по тракторам возрастал. Его включают в комиссию при ВСНХ СССР, которая работает по вопросам развития отечественного тракторостроения. Он по праву становится руководителем тракторного дела в нашей стране, когда в 1927 году возглавил жюри Всесоюзного конкурса по испытаниям тракторов (ВКИТ). Жюри состояло из 81 одного члена, куда входили специалисты по машиностроению, агрономии, экономики и военному делу. В результате проведения конкурса в Персияновке компетентное жюри выбрало лучшие конструкции тракторов, это были колёсный «Mc-Cormik 15/30» и гусеничный «Caterpillar Sixty». Именно их поставили на производство на заводах под марками СТЗ-15/30 в Сталинграде и С-60 в Челябинске. Путёвку в жизнь этим машинам подписал известный и авторитетный учёный своего времени профессор П. М. Белянчиков.

Успешная педагогическая и научная деятельность П. М. Белянчикова оборвалась в 1930 году, когда его арестовали по обвинению во вредительстве и в сотрудничестве с так называемой «Трудовой крестьянской партией».

Наверное, после следствия его отпустили, так как в 1935-1937 гг. вновь появились научные статьи. Если судить по выходным данным этих публикаций, то П. М. Белянчиков стал работать в отрасли лесной промышленности, видимо на прежнем месте, оставаться было невозможным. Новая работа нашлась в Центральном научно-исследовательском институте механизации и энергетики лесной промышленности (ЦНИИМЭ).

Вновь развернувшиеся репрессии в 1937-1938 гг. по всей видимости не оставили в покое П. М. Белянчикова, скорее всего его могли вновь арестовать, как предполагает автор исторического блога «Вичугское краеведение» И. В. Матершев [5]. Основывается он на том, что местом захоронения П. М. Белянчикова является

Донское кладбище, где обычно в те годы кремировали и хоронили репрессированных. Так это или нет, точно утверждать сложно, необходимы дополнительные поиски. Тем не менее, начиная с 1940 г. не видно больше публикаций П. М. Белянчикова, что подтверждает предположение блоггера. Пропадают и ссылки на его работы в трудах специалистов по тракторной технике, выходящих после 1940 г. Такие уж были порядки в советские времена, учёный, попадающий в опалу органам власти, переставал печататься и упоминаться в трудах других исследователей.

Будет правильным, если извлечётся из забвения имя Павла Михайловича Белянчикова, как учёного и педагога много сделавшего для становления тракторостроения в СССР. Создавшего и применившего первым в нашей стране методику преподавания учебного курса по тракторам с написанием учебников для студентов ВУЗов. Опубликовавшего множество трудов по конструкции и применению трактора. Ближайшего соратника академика В. П. Горячкина при проведении испытаний тракторов на МИС. Сотрудничавшего с Е. Д. Львовым, Д. К. Карельских, В. Н. Болтинским в ММЭИ имени Ломоносова и ставшего одним из зачинателей науки о тракторе. Возглавившего жюри Всесоюзного конкурса по испытаниям тракторов и подписавшего заключительные протоколы, на много лет определившие развитие тракторостроения в СССР!

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Львов. Е. Д. Тракторы их конструкция и расчёты / Е. Д. Львов. – М. : Гозиздат, 1927. 498 с.
2. Гиттис, В. Ю. Тракторы. Теория и конструкция / В. Ю. Гиттис. – Л. : Брокгауз-Ефрон, 1928. 258 с.
3. Кленин, Н. И. Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина (1930-2005) / Н. И. Кленин. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 105 с.
4. Ерохин, М. Н. Василий Прохорович Горячкин: Страницы жизни / М. Н. Ерохин, Н. Л. Зайцева, Н. В. Алдошин. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 280 с.
5. Вичугский преподаватель: взлёт до руководителя тракторного дела в СССР и крах. Вичугское краеведение. Дзен (dzen.ru) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dzen.ru/a/YkDOJ2Pc N28cew>.

Об авторе:

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

About the author:

Vladimir V. Sharov, keeper of the funds, Museum of Memory of the Lopasnensky Territory (142306, Moscow Region, Chekhov, Chekhov Street, 28), Cand.Sc. (Engineering), sharov_vv56@mail.ru.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ В АВТОТРАКТОРНОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

С. М. Ветрова, А. С. Барчукова, Т. И. Балькова

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

***Аннотация.** В статье рассматриваются перспективы повышения механических свойств и износостойкости сталей, используемых для изготовления деталей сельскохозяйственных машин, путем добавление легирующих элементов, образующих твердые карбиды и измельчающих зерно.*

***Ключевые слова:** машиностроение; твердость; рабочие органы; износ; термическая обработка; легирующие элементы.*

PROSPECTS FOR THE USE OF LOW-ALLOY STEELS IN AUTOMOTIVE ENGINEERING

S. M. Vetrova, A. S. Barchukova, T. I. Balkova

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

***Abstract.** The article discusses the prospects for improving the mechanical properties and wear resistance of steels used for the manufacture of agricultural machinery parts by adding alloying elements that form solid carbides and grind grain.*

***Keywords:** mechanical engineering; hardness; working bodies; wear; heat treatment; alloying elements.*

Основой современного машиностроения справедливо считаются наукоёмкие технологии и инновации, возникающие на пересечении нескольких наук. В данный момент технический прогресс совместил в себе развитие энергетики, физические и химические достижения, высокоэффективные компьютерные технологии, программные продукты и пр. [1]. Такое сочетание позволяет разрабатывать современные материалы и методы их обработки для производства сменных деталей автотракторного машиностроения.

В процессе эксплуатации рабочие органы сельскохозяйственной техники находятся в непосредственном контакте с почвой, которая оказывает на них разрушающее воздействие. К основным факторам, определяющим износ рабочих органов почвообрабатывающих машин, относятся механический состав, влажность, плотность и однородность почвы, скорость движения и форма рабочих органов, а также свойства материалов, из которых они изготовлены [2].

В качестве материалов для изготовления деталей сельскохозяйственных машин чаще всего применяются углеродистые и легированные стали, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Материалы, используемые для изготовления деталей сельскохозяйственных машин [3]

Наименование детали	Материалы	Термообработка	Поверхностная твердость
Лемеха	Сталь 65Г; Сталь Л53	Закалка + отпуск	HRC 44...58
Звездочки и полувзвездочки	Сталь 45; 40; 40Х; 18ХГТ; 30ХГС	Закалка + отпуск	HB 167...229
Валы и оси	Сталь 45; 40; Сталь 3; Сталь 35; 18ХГТ	Закалка ТВЧ	HB 167...207 HRC 56...62
Втулки	Сталь 45; 40Х	Закалка + отпуск	HV 165...207 HV 177...228
Цепи	Сталь 45; 18ХГТ	Закалка + отпуск, Цементация	HV 165...207 HB 187...229

При обработке почвы в различных почвенно-климатических условиях влияние указанных выше факторов может существенно различаться и соответственно износостойкость одних и тех же материалов на разных участках почвы при прочих равных условиях будет неодинаковой. Относительная износостойкость материалов, представленных в таблице 1, невысокая и зависит от механических свойств материала, которая обусловлена химическим составом и принятой термической обработкой. Поэтому ведутся работы по легированию сталей элементами и разработке новых способов термической обработки, с целью повышения долговечности и ресурса сталей [3-5].

Для определения интенсивности износа материалов, перспективных для изготовления рабочих органов в различных почвенных условиях, проведены сравнительные лабораторные испытания (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты лабораторных испытаний

№ образца	Термообработка	Твердость HV	Интенсивность износа, г/м	K _и
Сталь 45	Закалка + отпуск	202,4	0,1000	1,0000
0,44C-1,81Si-1,33Mn-0,82Cr-0,28Mo	Закалка + отпуск	467,1	0,0692	1,4486
0,43C-1,60Si-0,01Mn-1,1Cr-0,95Mo-0,08V-0,05Nb-0,04Ti	Закалка + отпуск	610	0,0651	1,5405

Располагая необходимыми данными о характере и интенсивности износа, можно решать вопросы упрочнения как деталей сельскохозяйственных машин, так и штампового инструмента [6-8].

Наиболее эффективным способом, позволяющим получать деталь, обладающую высокой прочностью, твердостью и удовлетворительной ударной вязкостью, является добавление в сталь титана или ниобия, молибдена, хрома, образующих твердые карбиды и измельчающие зерно. Такие стали, наряду с хорошей износостойкостью, обладают высокой коррозионной стойкостью.

Таким образом, на основании проведенных сравнительных испытаний, можно сделать вывод о перспективе применения новых материалов в автотракторном машиностроении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Девятина, Д. Ш. Направления развития инноваций в машиностроении / Д. Ш. Девятина, О. А. Лобынцева, А. С. Бодров // *Мировая наука*. – 2021. – № 1 (46).
2. Ткачев, В. Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин / В. Н. Ткачев. - 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1971. – 264 с.

3. Ветрова, С. М. Влияние термической обработки на механические свойства низколегированной стали / С. М. Ветрова, А. С. Барчукова // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: Материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых, Могилев, 26-27 октября 2023 года. – Могилев : Белорусско-Российский университет, 2023. – С. 54.
4. Гайдар, С. М. Влияние легирующих элементов и термической обработки на механические свойства низколегированных сталей / С. М. Гайдар, С. М. Ветрова, А. С. Барчукова // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2023. – № 9. – С. 11-15.
5. Гайдар, С. М. Характеристика и показатели наноматериалов для снижения износа деталей сельхозмашин / С. М. Гайдар // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 12. – С. 20-22.
6. Гайдар, С. М. Применение нанотехнологий для повышения надежности машин и механизмов / С. М. Гайдар // Грузовик. – 2010. – № 10. – С. 38-41.
7. Прохорова, А. И. Оптимизация лазерного упрочнения штампового инструмента / А. И. Прохорова, Т. И. Балькова // Электрометаллургия. – 2018. – № 10. – С. 24-30.
8. Прохорова, А. И. Поверхностная лазерная обработка штампового инструмента / А. И. Прохорова, Т. И. Балькова // Машиностроение и инженерное образование. – 2017. – № 2(51). – С. 51-59.

Об авторах:

Ветрова Софья Михайловна, ассистент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), s.vetrova@rgau-msha.ru.

Барчукова Алина Сергеевна, ассистент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), bar-chukova@rgau-msha.ru.

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

About the author:

Sofya M. Vetrova, assistant, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), s.vetrova@rgau-msha.ru.

Alina S. Barchukova, assistant, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), barchukova@rgau-msha.ru.

Tatiana I. Balkova, associate professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Engineering), balkova@rgau-msha.ru.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова, Э. И. Черкасова

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

Аннотация. В статье рассмотрено применение цифровых технологий на ремонтных предприятиях, с учетом их особенностей.

Ключевые слова: цифровизация; моделирование; индустрия 4.0; ремонтное производство.

THE USE OF DIGITAL TOOLS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF REPAIR ENTERPRISES

P. V. Golinitzky, U. Y. Antonova, E. I. Cherkasova

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

Abstract. The article discusses the use of digital technologies in repair enterprises, taking into account features.

Keywords: digitalization; modeling; industry 4.0; repair production.

По данным ведущей научно-исследовательской организации «Федеральный научный агроинженерный центр «ВИМ» у техники отечественного производства около 85...90 % отказов узлов и деталей обусловлено производственными дефектами, которые вызваны отступлением геометрических размеров (до 31 %), несовершенством технологического процесса изготовления (до 20 %), неудовлетворительной качеством сборки, работой технологического оборудования и другими нарушениями производственных процессов (до 22 %).

Ремонтные предприятия, из-за высокой конкуренции с производителями, испытывают трудности с высококвалифицированными сотрудниками и в первую очередь отсутствуют кадры, умеющие работать с метрологическим оборудованием. Из-за

сложившейся ситуации предприятия вынуждены снижать требования к сотрудникам, что не позволяет использовать современные, в том числе и цифровые, средства измерения [1]. Помимо проблем с измерениями возникают сложности с определением годности, а также с определением необходимых объёмов и видов работ [2, 3].

Решить первую проблему может внедрение системы автоматизированного контроля (CAI – Computer-aided inspection) которая, получив информацию от цифрового средства измерения, сравнивает с имеющимися параметрами в базе данных и делает заключение о годности.

Более сложной задачей является решение второй проблемы, поскольку не существует единой технологии восстановления, из-за чего необходимо использовать комплекс программного обеспечения. Так, разработка технологического процесса осуществляется в программах для автоматизированной технологической подготовки производства (CAPP – Computer-Aided Process Planning), а управление оборудованием и сбор информации осуществляется посредством автоматизированных систем (CAM – Computer-aided manufacturing).

Внедрение каждой отдельной программы или отсутствие обмена информации между ними не позволит добиться желаемого эффекта поэтому их необходимо объединить на основе PLM (Product Lifecycle Management) / ERP (Enterprise Resource Planning) систем [4]. Все перечисленные системы образуют на предприятии единую информационную среду (ЕИС), которая позволит добиться желаемого результата [5].

Из вышеизложенного следует, что на этапе внедрения данного комплекса потребуются высокие как финансовые, так и трудовые затраты, которые могут не окупиться при низкой производительности предприятия, поэтому в дальнейшем будем рассматривать предприятие производящие ремонт от 1000 ДВС в год. С другой стороны, при внедрении ЕИС произойдет значительное снижение внутренних и внешних потерь от брака на предприятии [6].

Главными особенностями ремонтных предприятий является неоднородность выпускаемой продукции и неритмичность производственного процесса, что накладывает свой отпечаток на выбор средств измерений в пользу более «простых» и универсальных. Помимо этого, на ремонтных предприятиях осуществляется

сплошной контроль как при поступлении на ремонт деталей, так и после проведения восстановления.

Анализ полученных в результате внедрения данных, показал, что применение цифровых технологий позволяет снизить общее количество неправильно принятых деталей в 1,8 раз, а неправильно забракованных в 1,75 раз при применении более точного средства измерения.

Внедрение ЕИС позволяет исключить вероятность возникновения ошибок при обработке полученных данных, а также подобрать наиболее удачную технологию восстановления из доступных на предприятии вариантов. Исходя из этого процент бракованной продукции вовремя дефектации не превысит 4,5 %.

На подобных предприятиях используют универсальные средства измерения поэтому внедрение САИ системы незначительно повлияло на скорость измерений, но позволило собрать и обработать данные используя возможности ЕИС, благодаря чему произошло снижение временных затрат на весь процесс дефектации до 30 минут на один коленчатый вал.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Леонов, О. А. Совершенствование методики проведения микрометража и дефектации шеек коленчатых валов / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ – 2007. – № 3-1(23). – С. 81-85.
2. Ерохин, М. Н. Интеллектуальная система диагностирования параметров технического состояния сельскохозяйственной техники / М. Н. Ерохин, А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев // Агроинженерия. – 2021. – № 2(102). – С. 45-50. – DOI 10.26897/2687-1149-2021-2-45-50.
3. Проектирование и анализ качества контрольных процессов на ремонтных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. – М. : ООО «ОнтоПринт», 2020. – 95 с. – ISBN 978-5-6042437-3-2. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2021.77.78.001.
4. Цифровые технологии проектирования процессов в АПК / П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова, Э. И. Черкасова [и др.]. – Саратов : Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2023. – 187 с. – ISBN 978-5-00207-374-0.
5. Влияние цифровизации на эффективность технологических процессов современного производства / П. В. Голиницкий, Э. И. Черкасова, Ю. Г. Вергазова, У. Ю. Антонова // Компетентность. – 2021. – № 8. – С. 48-54. – DOI 10.24412/1993-8780-2021-8-48-54.

6. Применение цифровых инструментов для совершенствования производственного процесса / П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова, Л. А. Гринченко, С. Ю. Видникевич // Компетентность. – 2023. – № 5. – С. 32-37. – DOI 10.24412/1993-8780-2023-5-32-37.

7. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с. – ISBN 978-5-6049928-2-1.

Об авторах:

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

Антонова Ульяна Юрьевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук.

Черкасова Эльмира Исламовна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат сельскохозяйственных наук.

About the authors:

Pavel V. Golnitsky, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Engineering).

Ulyana Yu. Antonova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Engineering).

Elmira I. Cherkasova, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Agricultural).

КЛАССИФИКАЦИЯ И ПРИМЕНЯЕМОСТЬ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКЕ

Г. А. Нестеркин

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

***Аннотация.** Проведен анализ применяемости резиновых армированных манжет в сельскохозяйственной технике. Показано, что точностные параметры вала под манжету имеют различные значения в агрегатах и узлах машин.*

***Ключевые слова:** уплотнение; долговечность; допуск; отклонения; сельскохозяйственная техника.*

CLASSIFICATION AND APPLICABILITY OF SEALING DEVICES IN AGRICULTURAL MACHINERY

G. A. Nesterkin

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

***Annotation.** The analysis of the applicability of reinforced rubber cuffs in agricultural machinery is carried out. It is shown that the precision parameters of the shaft under the cuff have different values in the units and assemblies of the machines.*

***Keywords:** sealing; durability; tolerance; deviations; agricultural machinery.*

Вопросы обеспечения качества ремонта, его экономической эффективности и функциональности остаются актуальными на современном этапе развития техники [1-3]. Обеспечение точности ответственных соединений при ремонте должно соответствовать нормам взаимозаменяемости [4, 5] и обеспечивать их длительное сопротивление износу [6, 7]. Вопросы соответствия производственных процессов определённым критериям качества также являются актуальными [8, 9]. Большую роль в обеспечении качества играет метрологическое обеспечение производства и контроль деталей по размерам, массе и другим параметрам [10-13], в свою

очередь стабильная точность контроля не позволяет увеличиваться потерям от брака [14].

В уплотнительных устройствах сельскохозяйственных машин, в основном, применяются уплотнения контактного типа между неподвижными уплотнениями и вращающимся валом или между вращающимся валом и корпусом. Ниже приводится таблица 1, которая служит для ориентировочного подбора типа уплотнений в зависимости от условий эксплуатации, и категории сложности доступа к подшипниковому узлу [4].

Таблица 1 – Подбор типа уплотнений в зависимости от условий эксплуатации

Показатели	Тип машин		
	Тихоходные	Среднескоростные	Быстроходные
1. Частота вращения главного вала, мин ⁻¹	до 200	201...1500	1501...3000
2. Режим работы	легкий	легкий	легкий
3. Температура подшипникового узла при работе, °С	50...60	60...70	70...90
4. Окружная скорость вращения вала, м/с	2	5	8
5. Избыточное давление масляной среды, кг/см ²	1...2	3...5	3...5
6. Категория сложности доступа к подшипниковому узлу	1	2	3
7. Группа окружной скорости машины	тяжелая	средняя	тяжелая
8. Применяемые уплотняющие устройства	резиновые армированные манжеты	грубошерстный войлок резиновые армированные манжеты	тонкошерстный войлок фетр, резиновые армированные манжеты

В зависимости от величины окружной скорости, максимальной температуры в подшипниковом узле, избыточного давления все сельскохозяйственные контактные уплотнительные устройства делятся на пять групп.

По виду конструкции наиболее применимы манжеты нормального исполнения. Согласно техническим условиям, эти манжеты изготавливаются двух типов: однокромочные и однокромочные с пыльником. При этом манжеты первого типа предназначены для предотвращения вытекания уплотняемой среды, а манжеты второго типа, кроме того, и защиты от проникновения пыли.

Манжеты изготавливаются в двух исполнения (рисунок 1): с механически обработанной кромкой и с формованной кромкой. По ГОСТ предусмотрены следующие размеры манжет: наружный диаметр от 16 до 530 мм; высота от 5 до 22 мм – для манжет первого типа, для манжет второго типа высота от 10 до 28 мм.

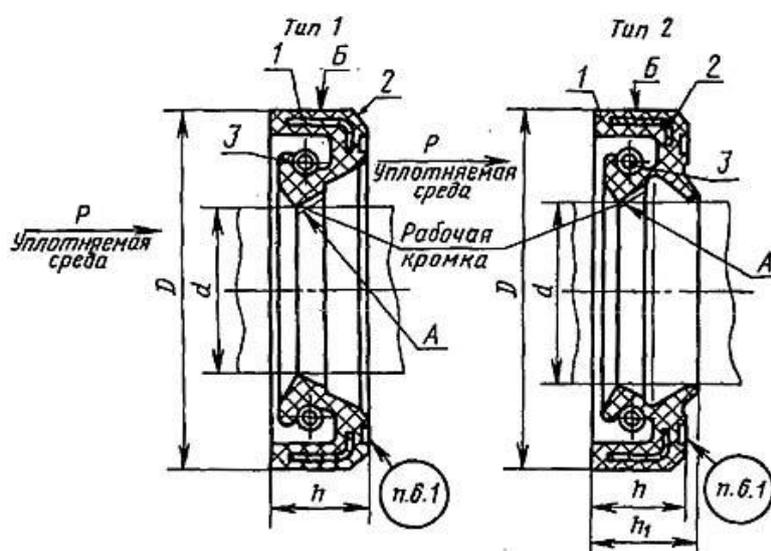


Рисунок 1 – Общий вид резиновых армированных манжет

Согласно технических требований, при изготовлении рабочая кромка и рабочая поверхность манжет должны быть гладкими и не иметь дефектов на расстоянии от кромки: до 2 мм – для валов диаметром до 19 мм; до 2,5 мм – для валов диаметром от 20 до 52 мм; до 3 мм – для валов диаметром от 55 мм и выше. На рабочих поверхностях не допускаются вырывы, трещины, расслоения, заусенцы, включения, а также возвышения и углубления, превышающие, по высоте 0,1 мм и 0,3 мм [4].

В качестве достоинств резиновых армированных манжет можно выделить следующие: самоподжимной уплотняющий эффект, простота конструкции, дешевизна, а также возможность быстрой сборки – разборки.

Недостатки манжет: потери на трение, усиление процессов старения уплотняемой среды или смазки и самого материала манжеты из-за взаимоокисления контактирующих поверхностей резины и уплотняемой жидкости, износ вала в зоне контакта с манжетой.

Манжеты работают в различных средах, включая минеральные масла, воду, дизельное топливо. Работоспособны при температуре от -60 до $+170$ °С (в зависимости от группы резины). Манжеты выпускаются следующих размеров:

- наружный диаметр от 28 до 340 мм;
- внутренний диаметр от 18 до 300 мм;
- высота от 4 до 14 мм.

В современном сельскохозяйственном, тракторном и автомобильном машиностроении применение манжет в соединении типа «вал-уплотнение» весьма распространено, таблицы 2 и 3.

Таблица 2 – Анализ точностных параметров соединения «вал – уплотнение» сельскохозяйственной техники

Наименование и марка машины	Место установки соединения	Размер вала по чертежу, мм	Допуск, мкм	R_a , мкм
Трактор МТЗ-82	Вал трансмиссии	$\text{Æ } 30_{-0,14}$	140	1,6
	Шестерня трансмиссии	$\text{Æ } 50_{-0,05}$	50	0,63
Трактор Т-25	Вал трансмиссии	$\text{Æ } 25_{-0,045}$	45	0,63
	Шестерня трансмиссии	$\text{Æ } 45_{-0,100}$	68	0,8
Трактор Т-40	Вал главного сцепления	$\text{Æ } 50_{-0,040}$	20	0,63
	Вал сцепления ВОМ	$\text{Æ } 60_{+0,15}$	60	1,6
	Вилка ведущей шестерни	$\text{Æ } 45_{-0,1}$	100	1,6
	Цапфа осевая	$\text{Æ } 50_{+0,125}$	50	1,6
Сеноуборочная машина КИК-1,4	Вал главной коробки	$\text{Æ } 45_{-0,62}$	620	2,0
	Вал червячного редуктора	$\text{Æ } 25_{-0,01}$	10	0,63
	Вал основного редуктора	$\text{Æ } 25_{-0,045}$	45	1,6

Так по данным В. М. Кряжкова, проведенный анализ конструктивно-технологических характеристик соединения «вал – уплотнение», по основным параметрам, показывает, что для сравнительно большого количества деталей (37 %) наиболее характерны диаметры валов 50...70 мм, материал – сталь 45, средняя масса 4 кг, твердость рабочей поверхности вала HRC 48...50 и их

шероховатость $R_a = 0,32$ мкм [4]. Применяемость манжет двухкромочных типа 2 с пыльниками у энергонасыщенных тракторов составляет 68 %, однокромочных типа 1 – 23 %, и 96 % – с двумя рабочими кромками. Широкое распространение в сельскохозяйственных машинах различного назначения получили унифицированные редукторы типа Н 090 ОАО «Моссельмаш», конструктивно разработанные в ОАО «ВИСХОМ». В этих редукторах происходит передача крутящего момента на 90° с различными передаточными отношениями. Наиболее распространена модификация Н 090.20.000, где передаточное отношение равно 1:1 и используются резиновые армированные манжеты с условным обозначением 1.1–32'52–1.

Инженером О. И. Кримененко, установлено, что наибольшее распространение в картофелеуборочных комбайнах ККУ-2 и КПК-3 получили манжеты 1.1–45'65–1, большинство которых – это пыльники для сборочных единиц подшипников качения с консистентной смазкой.

В силовых агрегатах техники, применяемой в сельском хозяйстве, уплотнения используются в двигателях, коробках передач и главных передачах (таблица 3). Наиболее распространены манжеты, приведенные в таблице 4.

Таблица 3 – Применяемость манжет в силовых агрегатах и автомобилях для сельского хозяйства

Наименование и марка силового агрегата и автомобиля	Место установки соединения	Манжета, ГОСТ 8752-79
ЯМЗ-236, 238: ЗИЛ, МАЗ, УРАЛ, КРАЗ, Комбайны Дон, Енисей, СКР-7 «Кубань» и др.	Коленчатый вал (201)	2.2-140'170-13
	Коленчатый вал (201)	2.3-64'95-10
	Манжета первичного вала КПП (240)	2.2-25'42-10
	Манжета первичного вала КПП (236)	2.2-42'64-10
	Манжета первичного вала КПП (210)	2.2-38'60-10
	Манжета вторичного вала КПП (210)	2.2-70'92-10
	Манжета вторичного вала КПП (238)	2.2-75'102-10
ЗИЛ-130, ЗИЛ-431480	Манжета ступицы заднего колеса	2.2-140'170-1
	Манжета ступицы	2.2-125'155-3
	Уплотнение подшипника карданного вала торцевое	1.2-25,3'38,5-1,7

Наименование и марка силового агрегата и автомобиля	Место установки соединения	Манжета, ГОСТ 8752-79
ГАЗ-53А	Сальник передний коленчатого вала	1.2-55'80-1
	Сальник крышки заднего подшипника вторичного вала коробки передач	2.1-51'76-1
	Сальник ступицы заднего колеса	2.2-95'130-1
КАМАЗ	Крышка заднего подшипника вторичного вала коробки передач	2.1-70'92 -1
	Картер маховика	1.2-105'130-1
	Корпус подшипника гидромфты	2.2-100'125-1
	Маховик двигателя	1.2-25'42-1
	Ступица заднего колеса	2.2-140'170-1
	Башмак рессоры задней подвески	1.2-115'145-1
	Крышка стакана подшипника ведущей конической шестерни заднего моста	2.2-70'92-1
	Крышка подшипника картера межосевого дифференциала	2.2-70'92-1
	Крышка подшипника заднего вала среднего моста	2.1-70'92-1

Таблица 4 – Применяемость манжет 1.2-25'42-10 и 2.2-25'42-10 в силовых агрегатах техники для сельского хозяйства

Манжета, ГОСТ 8752-79	Место установки соединения
1.2-25x42-10, либо 2.2-25x42-10	Сальник ЯМЗ – водяного насоса и первичного вала КПП. Двигатели А-01, Т-150К, Д-440, К-700, МТЗ, ЮМЗ, Т-28, ДТ-75

Вывод

В результате работы сформированы аспекты применимости резиновых армированных манжет в сельскохозяйственной технике. Также показаны несоответствия в вопросах назначения параметров точности валов под кромку манжет.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – № 8. – С. 701-704. – DOI 10.36652/0042-4633-2023 -102-8-701-704.

2. Оценка экономической эффективности функционирования системы менеджмента качества на ремонтных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Научный результат. Серия: Технология бизнеса и сервиса. – 2016. – Т. 2, № 1(7). – С. 51-56. – DOI 10.18413/2408-9346-2016-2-1-51-56.
3. Леонов, О. А. Построение функциональной модели процесса «Техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники» с позиции требований международных стандартов на системы менеджмента качества / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ – 2009. – № 7(38). – С. 35-40.
4. Леонов, О. А. Взаимозаменяемость унифицированных соединений при ремонте сельскохозяйственной техники / О. А. Леонов. – М., 2003. – 166 с. – ISBN 5-86785-121-4.
5. Изменения в стандарте единой системы допусков и посадок / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 12. – С. 39-42.
6. Расчет допуска посадки с зазором для повышения относительной износостойкости соединений / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова [и др.] // Трение и износ. – 2023. – Т. 44, № 3. – С. 261-269. – DOI 10.32864/0202-4977-2023-44-3-261-269.
7. Леонов, О. А. Модель параметрического отказа для расчета точностных параметров соединения с зазором / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Трение и износ. – 2019. – Т. 40, № 4. – С. 424-430.
8. Леонов, О. А. Технико-экономический анализ состояния технологического оборудования на предприятиях технического сервиса в агропромышленном комплексе / О. А. Леонов, Н. И. Селезнева // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2012. – № 5(56). – С. 64-67.
9. Quality Control in the Machining of Cylinder Liners at Repair Enterprises / O. A. Leonov, N. Z. Shkaruba, Y. G. Vergazova [et al.] // Russian Engineering Research. – 2020. – Vol. 40, No. 9. – P. 726-731. – DOI 10.3103/S1068798X20090105.
10. Леонов, О. А. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации / О. А. Леонов. – М.: Изд-во ФГОУ ВПО «МГАУ им. В. П. Горячкина», 2002. – 168 с. – ISBN 5-86785-109-5.
11. Леонов, О. А. Алгоритм выбора средств измерений для контроля качества по технико-экономическим критериям / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2012. – № 2(53). – С. 89-91.
12. Леонов, О. А. Нормирование погрешности косвенных измерений при приёмо-сдаточных испытаниях двигателей / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Измерительная техника. – 2022. – № 8. – С. 23-27. – DOI 10.32446/0368-1025it.2022-8-23-27.

13. Леонов, О. А. Управление качеством метрологического обеспечения предприятий / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Сборник научных докладов ВИМ. – 2012. – Т. 2. – С. 412-420.

14. Оценка внешнего брака на предприятиях машиностроения / Г. И. Бондарева, Г. Н. Темасова, [и др.] // Вестник машиностроения. – 2021. – № 11. – С. 93-96. – DOI 10.36652/0042-4633-2021-11-93-96.

Об авторе:

Нестеркин Геннадий Алексеевич, соискатель ученой степени, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

About the author:

Gennady A. Nesterkin, Ph.D. candidate, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

МЕТОДИКА ВЫБОРА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ОТВЕРСТИЯ И ВАЛА ПО УСЛОВИЮ МИНИМИЗАЦИИ СУММАРНЫХ ГОДОВЫХ ИЗДЕРЖЕК

О. А. Леонов¹, Н. Ж. Шкаруба¹, П. В. Авраменко²,
Ю. Г. Вергазова¹, С. А. Дрозд²

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

² ОУ «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы, связанные с обоснованием выбора универсальных средств измерений линейных размеров в машиностроительном и ремонтном производстве. Представлена методика выбора средств измерений для контроля линейных размеров деталей, образующих соединение.

Ключевые слова: средства измерений; потери от погрешности измерений; затраты на измерения; суммарные годовые издержки на измерения.

THE METHOD OF CHOOSING THE MEASURING INSTRUMENTS OF THE HOLE AND SHAFT ACCORDING TO THE CONDITION OF MINIMIZING THE TOTAL ANNUAL COSTS

O. A. Leonov^a, N. Zh. Shkaruba^a, P. V. Avramenko^b,
Yu. G. Vergazova^a, S. A. Drozd^b

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

^b Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The article deals with issues related to the choice of measuring instruments for linear dimensions in machine-building and repair production. A method for selecting measuring instruments for controlling the linear dimensions of the parts forming the joint is presented.

Keywords: measuring instruments; measurement error losses; measurement costs; total annual measurement costs.

На качество измерений и уровень метрологического обеспечения в целом на машиностроительных и ремонтных

предприятиях во многом повлияло принятие Законов РФ «О единстве измерений», «О техническом регулировании» и «О стандартизации». В соответствии с этими законами деятельность машиностроительных предприятий частично попадает, а для ремонтных предприятий – не попадает под сферу государственного регулирования в области обеспечения единства измерений. Сертификация изделий малого машиностроения может быть обязательной, а услуг по техническому обслуживанию и ремонту – только добровольной. Но требования к конечной продукции – одинаковые: они должны выполнять свои функции и быть работоспособными в определенный промежуток времени. Гарантии безопасности, предъявляемые к узлам и агрегатам после ремонта, такие же, как и к новым. Поэтому порядок получения данных о размерах деталей в процессе дефектации, контроля качества при выполнении технологических процессов, контроля деталей в процессе комплектации, требует особого обоснованного подхода. Несмотря на это, на машиностроительных предприятиях, выпускающих технику для производства и переработки сельхозпродукции и занимающихся ремонтом техники, нет технической документации, касающейся оценки качества измерительных процессов.

Таким образом, достоверность получаемой измерительной информации в процессах входного, промежуточного и выходного контроля, необходимо рационально обосновывать [1, 2, 3]

Такая наука, как взаимозаменяемость и технические измерения, нашла свое место на машиностроительных и ремонтных предприятиях, и уже сформированы различные методики по выбору средств измерений. Для области машиностроения существует стандарт ГОСТ 8.051-81 и методические рекомендации РД 50-98-86 по выбору средств измерений линейных размеров. основоположником исследований в области выбора средств измерений при ремонте машин является А. И. Иванов. В своих работах он установил взаимосвязь приемочных границ с пределами допускаемых погрешностей измерений, а также рассмотрел влияние погрешностей измерений при групповой сортировке (селекции). В качестве метода снижения погрешности измерений А. И. Иванов предложил использовать многократные измерения. Такой подход является не совсем верным, снизить инструментальную составляющую погрешности измерения путем многократных измерений нельзя.

Кроме этого, в своих работах он не рассматривал экономическую составляющую выбора средств измерений.

Широкое применение при выборе линейных средств измерений при ремонте машин получили номограммы. Это очень простой и быстрый способ выбора средств измерения линейных величин, но он не дает возможность уточнить выбор с учетом потерь от погрешности измерений и затрат на измерения, а также приводит к существенным искажениям в выборе.

Процесс измерения не сопровождается созданием материальных ценностей [4], а только затратами, поэтому экономическую составляющую контроля определить достаточно сложно.

Общетеоретические основы оптимизации погрешности измерения по технико-экономическим показателям разработаны Н. П. Мифом, который в своей работе [5] рассмотрел особенности математического описания функций потерь и их распределения при измерениях. При решении задач оптимизации точности важная роль отводится потерям, которые вызваны ошибками измерений 1-го и 2-го рода. Экономически оптимальная точность измерений соответствует минимуму суммы потерь из-за погрешности измерений и затрат на измерения [6, 7, 8].

В свою очередь, потери при контроле из-за ошибок 1-го рода включают в себя стоимость отказа в допуске продукции, которая соответствует требованиям, к продаже или использованию. Это может привести к необоснованным переделкам, росту брака, увеличению себестоимости и снижению прибыли. Потери из-за ошибок 2-го рода возникают из-за того, что несоответствующая продукция допускается до использования или продажи. Это может привести к повреждению техники и другого имущества, травмам или даже смерти водителя. Также возможны репутационные потери и дополнительные затраты на устранение последствий несоответствий.

Выбор средств измерений для контроля деталей, образующих соединение (отверстие и вал) можно осуществлять по представленной методики, включающей в себя восемь взаимосвязанных этапов:

1. Выбор номенклатуры средств измерений для отверстия и для вала с учетом метрологических характеристик из условия ГОСТ 8.051–81:

$$\Delta_{\text{lim}} \leq \delta, \quad (1)$$

где Δ_{lim} – предельная погрешность средства измерений;
 δ – допускаемая погрешность измерения.

2. Исследование статистических характеристик измерительного процесса отверстия и вала. Оценка СКО результатов измерений отверстия и вала.

3. Исследование распределения размеров измеряемых деталей. Оценка СКО распределения размеров измеряемых деталей.

4. Исследование вероятностных характеристик параметров контролируемого соединения. Для расчета вероятности появления бракованных соединений можно использовать специальные компьютерные программы [9, 10].

5. Расчет годовых потерь от применения выбранных средств измерений (для каждой выбранной пары средств измерения):

$$P_{\text{И}}^{\text{Г}} = P_{\text{ИЗ}} + P_{\text{ЭК}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{ИЗ}}$ – потери, обусловленные погрешностью измерения при контроле качества изготовления, ремонта и приемки продукции, р./год;

$P_{\text{ЭК}}$ – потери в сфере применения изделий, обусловленные пропуском дефектных изделий (ошибками 2-го рода) на выходном контроле продукции у изготовителя, р./год.

6. Расчет годовых затрат на проведение измерений (для каждой выбранной пары средств измерений):

$$Z_{\text{ИП}}^{\text{Г}} = Z_{\text{И}} + E_{\text{Н}} \cdot K, \quad (3)$$

где $Z_{\text{И}}$ – текущие годовые затраты на измерения контролируемого параметра, р./год;

K – удельные капитальные вложения и другие единовременные затраты, приходящиеся на измерения контролируемого параметра, р.

7. Расчет суммарных годовых издержек измерения (для каждой выбранной пары средств измерений):

$$I_{\Sigma}^{\text{Г}} = (Z_{\text{ИП}}^{\text{Г}} + P_{\text{И}}^{\text{Г}}) \rightarrow \min \quad (4)$$

8. Расчет годового экономического эффекта от использования средств измерений:

$$\Delta = \frac{V_{И1} \cdot (K_1 \cdot (R_p + E_n) + Z_{ИИ1} + П_{И1}) \cdot \frac{T_2}{T_1} - V_{И2} \cdot (K_2 \cdot (R_p + E_n) + Z_{ИИ2} + П_{И2})}{R_p + E_n}, \quad (5)$$

где $V_{И1}, V_{И2}$ – годовые объемы измерений, изм./год.

Таким образом, предложенная методика определения вероятностных параметров разбраковки с помощью современных методов программирования позволяют производить сложные математические расчеты с учетом реальных характеристик рассеяния размеров объекта измерения. Кроме этого, благодаря тому что в предложенной программе разделены вероятности, характеризующие количество неправильно принятых и неправильно забракованных деталей со стороны исправимого и неисправимого брака, полученные значения можно использовать при оптимизации погрешности измерения по экономическому критерию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орлов, С. Б. Выбор средства измерений – решение конкретной измерительной задачи / С. Б. Орлов // Законодательная и прикладная метрология. – 2020. – № 1(163). – С. 26-27.
2. Бегунов, А. А. Показатели качества продукции, технологические параметры и нормы точности их измерения / А. А. Бегунов, А. Х. Абдуллаев // Контроль качества продукции. – 2021. – № 5. – С. 55-63. – DOI 10.35400/2541-9900-2021-5-55-63.
3. Кузнецов, Д. А. Технические основы метрологического обеспечения качества продукции, работ, услуг / Д. А. Кузнецов, Б. М. Пашаев // Главный метролог. – 2021. – № 2 (119). – С. 17-23.
4. Новицкий, П. В. Оценка погрешностей результатов измерений / П. В. Новицкий, И.А. Зограф. – Л. : Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.
5. Миф, Н. П. Оптимизация точности измерений в производстве / Н. П. Миф. – М. : Издательство стандартов, 1991. – 136 с.
6. Шкаруба, Н. Ж. Техничко-экономические критерии выбора универсальных средств измерений при ремонте сельскохозяйственной техники : монография / Н. Ж. Шкаруба. – М. : МГАУ, 2009. – 118 с. – ISBN 978-5-86785-244-3.
7. Проектирование и анализ качества контрольных процессов на ремонтных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. – М. : ООО «ОнтоПринт», 2020. – 95 с. – ISBN 978-5-6042437-3-2. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2021.77.78.001.

8. Основы проектирования операций входного контроля на машиностроительных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. – М. : ООО «ОнтоПринт», 2020. – 89 с. – ISBN 978-5-6042437-5-6. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2020.43.25.001.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018610933 Российская Федерация. Расчет вероятностных характеристик распределения соединений сопрягаемых деталей : № 2017662141 : заявл. 27.11.2017 : опубл. 19.01.2018 / Н. Ж. Шкаруба ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018610898 Российская Федерация. Расчет вероятностных характеристик распределения размеров деталей после разбраковки : № 2017662148 : заявл. 27.11.2017 : опубл. 19.01.2018 / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева».

Об авторах:

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

Шкаруба Нина Жорвна, профессор кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, доцент, shkaruba@rgau-msha.ru.

Авраменко Павел Викторович, кандидат технических наук, доцент, ОУ «Белорусский государственный аграрный технический университет», (220012, Республика Беларусь, г. Минск, проспект Независимости, 99), pavel.auramenka@bsatu.by.

Вергазова Юлия Геннадьевна, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, vergazova@rgau-msha.ru.

Дрозд Сергей Александрович, старший преподаватель, ОУ «Белорусский государственный аграрный технический университет», (220012, Республика Беларусь, г. Минск, проспект Независимости, 99), drozd.s.a.sm@bsatu.by.

About the authors:

Oleg A. Leonov, Head of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), D.Sc. (Engineering), professor, oaleonov@rgau-msha.ru.

Nina Zh. Shkaruba, professor of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), D.Sc. (Engineering), professor, shkaruba@rgau-msha.ru.

Pavel V. Avramenko, Cand.Sc. (Engineering), Associate Professor, Belarusian State Agrarian Technical University, (220012, Republic of Belarus, Minsk, Nezavisimosti Avenue, 99), pavel.avramenka@bsatu.by.

Yulia G. Vergazova, associate professor of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Engineering), vergazova@rgau-msha.ru.

Sergey A. Drozd, Senior lecturer, Belarusian State Agrarian Technical University, (220012, Republic of Belarus, Minsk, Nezavisimosti Avenue, 99), drozd.s.a.sm@bsatu.by.

ПОВЫШЕНИЕ СОХРАНЯЕМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

А. М. Пикина

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

***Аннотация.** Атмосферная коррозия является самым распространенным видом коррозии металлов, так как значительная часть механических изделий эксплуатируется в условиях открытой атмосферы. На скорость коррозии оказывает влияние ряд факторов как внешних, так и внутренних. На сегодняшний день разработка средств защиты тонколистовых конструкций, разъемных и неразъемных соединений сельскохозяйственной техники остается актуальной задачей.*

***Ключевые слова:** долговечность; коррозия; защитные материалы; сельскохозяйственная техника.*

IMPROVED STORABILITY OF AGRICULTURAL MACHINERY

A. M. Pikina

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

***Abstract.** Atmospheric corrosion is the most common type of metal corrosion, since a significant part of mechanical products are operated in an open atmosphere. The corrosion rate is influenced by a number of factors, both external and internal. Today, the development of means of protection of thin-sheet structures, detachable and non-detachable connections of agricultural machinery remains an urgent task.*

***Keywords:** durability; corrosion; protective materials; agricultural machinery.*

К основным факторам, вызывающим коррозионно-механическое разрушение сельскохозяйственной техники, относят: температуру воздуха, атмосферные осадки, солнечную радиацию, загрязнение атмосферы и т.д.

Коррозионное поражение сельскохозяйственной техники зачастую возникает в следствие несоблюдения требований к ее консервации и хранению.

Согласно М. М. Севернёву около 80 % всех деталей машин выходят из строя при взаимном воздействии атмосферной коррозии и механических нагрузок, из них до 30 % составляют поломки от перегрузок вследствие потерь прочности от атмосферной коррозии.

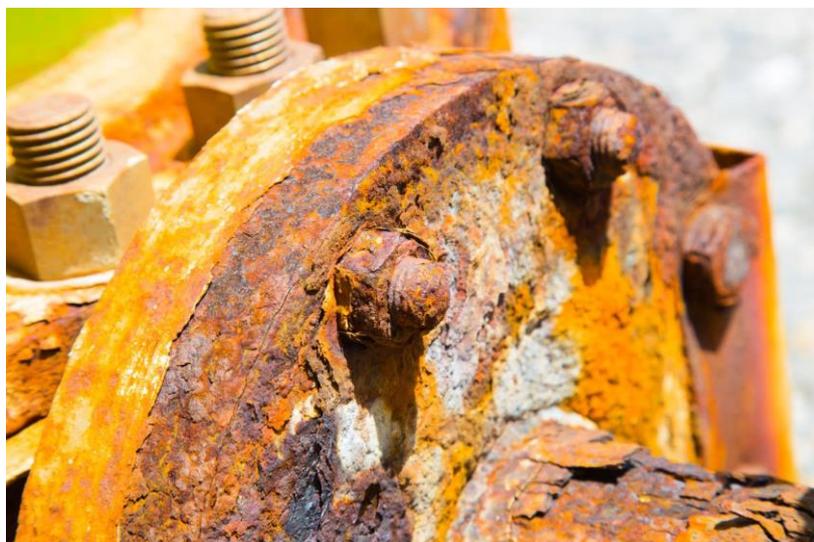


Рисунок 1 – Внешний вид коррозионных поражений сельскохозяйственной техники

Основным способом снижения потерь от коррозии является применение ингибиторов коррозии. Классификация ингибиторов коррозии представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Классификация ингибиторов коррозии

На сегодняшний день большую популярность имеют комбинированные маслорастворимые ингибиторы коррозии.

Механизм защитного действия маслорастворимых ингибиторов коррозии обусловлен следующими факторами:

1. Строение и свойства органического соединения, а также характер его взаимодействия с металлической поверхностью;
2. Состав и специфика контакта воздействующей коррозионной среды с сельскохозяйственной техникой.

Большинство катодных маслорастворимых ингибиторов защищают черных металлы, в свою очередь, усиливая коррозию цветных металлов.

Анализ исследований по проблеме хранения сельскохозяйственной техники позволил отметить следующее:

1. Незначительное количество исследований выполнено в области изучения показателей сохраняемости техники;
2. Необходимо разрабатывать новые рациональные методы хранения техники.

Для повышения сохраняемости сельскохозяйственной техники необходимо:

1. Применение высокоэффективных защитных материалов при консервации техники и постановке ее на длительное хранение;
2. Проводить мероприятия по обеспечению рационального хранения техники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент № 2767942 С1 Российская Федерация, МПК С23F 11/00. Масло-растворимый ингибитор коррозии : № 2021121318 : заявл. 19.07.2021 : опубл. 22.03.2022 / С. М. Гайдар, В. Е. Коноплев, О. Н. Дидманидзе [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

2. Скороходов, Д. М. Разработка автоматизированной измерительной установки для контроля качества запасных частей сельскохозяйственной техники / Д. М. Скороходов, А. М. Пикина // Наука без границ. – 2021. – № 3 (55). – С. 56-60.

3. Патент на полезную модель № 206682 U1 Российская Федерация, МПК F01M 9/02. Устройство для обогащения масла системы смазки легирующим элементом цветного металла : № 2021115224 : заявл. 27.05.2021 : опубл. 22.09.2021 / С. М. Гайдар, Н. А. Ф. Наджи, В. Е. Коноплев [и др.] ;

заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева».

4. Кратномасштабный вейвлет-анализ профилограммы / С. М. Гайдар, А. Е. Павлов, А. М. Пикина, С. М. Ветрова // *Агроинженерия*. – 2022. – Т. 24. – № 5. – С. 62-66.

5. Оценка методов подачи спирта в цилиндры дизельного двигателя экспериментальной установкой / С. М. Гайдар, Д. А. Пикин, Я. Д. Павлов, А. В. Бижаев, Т. И. Балькова, А. М. Пикина // *Агроинженерия*. – 2022. – Т. 24. – № 2. – С. 71-75.

6. Посунько, И. А. Влияние внутренних и внешних факторов на коррозионно-механическое изнашивание деталей топливной системы / И. А. Посунько, А. М. Пикина // В сборнике: *Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 160-летию В.А. Михельсона*. – 2020. – С. 339-344.

7. Разработка технологии переработки жировых отходов в продукты технического назначения / С. М. Гайдар, А. М. Пикина, О. М. Лапсарь, И. Г. Голубев // *Техника и оборудование для села*. – 2023. – № 3 (309). – С. 32-35.

8. Фрактальные характеристики профилограмм поверхности стали / С. М. Гайдар, А. Е. Павлов, А. М. Пикина, О. М. Лапсарь, А. С. Барчукова // *Ремонт. Восстановление. Модернизация*. – 2023. – № 8. – С. 19-24.

9. Impact of operational factors on environmental safety of internal combustion engines / S. Gaidar, M. Karelina, A. Laguzin, H. D. Quang // В сборнике: *Transportation Research Procedia*. 14. Сер. «14th International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities, OTS 2020». – 2020. – С. 136-144.

10. Использование наноматериалов в качестве присадок к маслам для уменьшения трения в трибосопряжениях / С. М. Гайдар, В. Н. Свечников, А. Ю. Усманов, М. И. Иванов // *Техника и оборудование для села*. – 2013. – № 1. – С. 35-37.

Об авторе:

Пикина Анна Михайловна, доцент кафедры материаловедения и технологии машиностроения ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, pikina@rgau-msha.ru.

About the author:

Anna M. Pikina, associate professor of the Department of Materials Science and Engineering Technology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Engineering), pikina@rgau-msha.ru.

СПОСОБ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ

В. Л. Пильщиков, О. П. Андреев

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

***Аннотация.** Смазочные масла снижают трение контактирующих поверхностей агрегатов, уменьшают износ, повышают эффективность работы машины. Оценка масел включает показатели смазочной способности.*

***Ключевые слова:** испытания масел; индекс вязкости; фильтруемость; виды вязкости; присадки; ротационный вискозиметр.*

METHOD FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF LUBRICATING OILS

V. L. Pilshchikov, O. P. Andreev

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

***Abstract.** Lubricating oils reduce the friction of the contacting surfaces of the units, reduce wear, and increase the efficiency of the machine. The evaluation of oils includes indicators of lubricity.*

***Keywords:** oil tests; viscosity index; filterability; types of viscosity; additives; rotary viscometer.*

Различные виды смазочных масел подвергают определенным лабораторным методам исследования. Соотношение и подбор пропорции состава базового масла и состава комплексных присадок сокращает время получения нового продукта. Реальные условия работы масла в смазываемом агрегате, внешние воздействия воспроизводятся, моделируются на испытательных стендах и установках. Полный диапазон возможностей смазочного масла проявляется в производственных, полевых условиях на агрегатах в сравнительных испытаниях. Одновременно фиксируются различия по параметрам безотказности, ремонтпригодности, долговечности, сохраняемости, технико-эксплуатационные показатели агрегата,

узла на стандартном рекомендуемом масле и на опытном масле [1-3].

Оценка работоспособности моторных масел в агрегате проявляется по ряду показателей: антифрикционных, противоизносных, противозадирных. Подвижность в агрегатах и внутреннее трение масел оценивается динамической, кинематической, условной вязкостью, индексом вязкости. Пониженные значения вязкости ухудшают текучесть масла и затрудняют пуск двигателя при отрицательных температурах, увеличиваются потери мощности на трение, ухудшается фильтрация масла, растет его загрязненность, возрастают пусковые износы из-за недостатка масла в зазорах трущихся пар. Наклон вязкостно-температурной кривой масла и интенсивность изменения вязкости с ростом температуры оценивается индексом вязкости (ИВ). Масла с высоким индексом вязкости ($ИВ > 100$) имеют низкий прирост скорости изменения кинематической вязкости от изменения температуры масла. Средний и низкий ИВ ($ИВ < 80$) показывает увеличенную кривизну изменения кинематической вязкости от температуры.

Способность масла перемещаться и создавать масляную пленку на деталях с уровнем охлаждения $t = -5...-30^{\circ}\text{C}$ может оцениваться динамической вязкостью с помощью ротационного вискозиметра. Одним из современных приборов оценки смазывающих свойств масла при отрицательных температурах является имитатор пуска холодного двигателя CCS по техническим требованиям DIN 51 377, ASTM D 2602 [4]. Прибор представляет ротационный вискозиметр с конструктивным элементом в виде ротора и статора, повторяющим зазоры в подшипниках двигателя. Диапазоном оценки динамической вязкости является угловая скорость вращения электродвигателя с характеристикой постоянства крутящего момента от заданной отрицательной температуры.

Оценкой прокачиваемости моторного масла является определение вязкости по методу ASTM D 4684, показывающий возможность течения масла и создания необходимого рабочего давления в первые моменты пуска двигателя при отрицательных температурах. Всесезонные минеральные масла обеспечивают такие оптимальные пуски. Масло оценивается по величине напряжения сдвига масляной пленки в контактирующих парах. Минимальные температуры

использования машины могут соответствовать нижнему пределу температуры прокачивания моторного масла.

Низкая температура масла приводит к снижению пропускной способности масляных фильтрующих элементов из-за образования конгломератов парафиновой составляющей, механических загрязнений, продуктов срабатывания и окисления масла, водного содержания. Сравнительный анализ скорости фильтрации масла и смеси масла с водой показывает относительное снижение потока в %, что является показателем уровня фильтрации масла. Предельное значение уменьшения скорости фильтрации не превышает 50 %.

Воздействие малой деформации сдвига на масляную пленку вызывает временное распрямление спиральных молекул с последующим восстановлением её конфигурации. Показатель устойчивости вязкости характеризует сохранение начального значения при воздействии высокой деформации сдвига в период использования машины. Подобное изменение вязкости наблюдается на ротационном вискозиметре. Кремнийорганические жидкие полимеры, фторуглеродные присадки применяют в загущенных всесезонных маслах для улучшения характеристик вязкостно-температурных свойств. Подобные присадки понижают температуру застывания базового нефтяного масла и создают качественное смазывание при повышенных температурах работы агрегата. Кинематическая вязкость современных масел при температуре 100°C соответствует 10 мм²/с и выше, минимальное значение составляет 3...5 мм²/с.

Содержание в масле депрессорной присадки в объеме 0,5 % снижает температуру застывания на 15...25°C. Частицы поверхностно-активного вещества депрессорной присадки находятся в тонкодисперсном взвешенном состоянии и взаимодействуют (адсорбируются) с мелкофракционными частицами парафинов, предотвращая образование решетки. В результате масло не теряет текучести, маслянистости, обеспечивая создание масляной пленки на охлажденных деталях агрегата.

Оценку вязкостно-температурных и реологических свойств стандартного и опытного моторного масла можно проводить с помощью экспериментального ротационного вискозиметра Rheotest RN 4.1 [2, 5] в процессе эксплуатации и использования машины. Измерительный комплекс состоит из вискозиметра, блока управления, измерительной системы, криостата, термостатирующих сосудов.

Измерение вязкости масла может проводиться комплексно методом моделирования условий работы в агрегате с помощью изменения напряжения сдвига, температуры, скорости перемещения контактирующих поверхностей. Быстроразъемное соединение позволяет создать различные виды измерительных систем.

Вывод: оценка комплексных показателей эффективности смазывающих масел позволит удовлетворять требования эксплуатации транспортно-технологических машин и механизмов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Техническая эксплуатация автомобилей / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, Д. Г. Асадов [и др.]. – М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2017. – 564 с. – ISBN 978-5-7367-1383-7.
2. Задорожная, Е. А. Трибология : учебное пособие к лабораторным работам / Е. А. Задорожная, И. Г. Леванов. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – 69 с.
3. Лабораторный практикум: Эксплуатационные материалы / О. Н. Дидманидзе., Е. А. Улюкина, В. Л. Пильщиков, Н. Н. Пуляев, А. Н. Приваленко. – М. : ООО «УМЦ «Триада», 2016. – 154 с.
4. Пуляев, Н. Н. Обеспечение экономии топливно-энергетических ресурсов и качества топливно-смазочных материалов / Н. Н. Пуляев, Ю. С. Коротких, А. Н. Приваленко. – М. : ООО «Автограф», 2018. – 120 с.
5. ГОСТ Р 51069-97. Нефть и нефтепродукты. Метод определения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API ареометром.
6. Богданов, В. С. Обеспечение качества топливно-смазочных материалов при хранении – резерв повышения ресурса машин в АПК / В. С. Богданов, Н. Н. Пуляев, Ю. С. Коротких. – М. : Учебно-методический центр «Триада», 2014. – 234 с.
7. Пуляев, Н. Н. Направления развития сельскохозяйственных тракторов / Н. Н. Пуляев, Д. Г. Асадов, А. И. Сучков // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2021. – С. 88-94.
8. Оценка уровня эксплуатационных свойств смазочных материалов / К. В. Шаталов, А. Н. Приваленко, Н. Н. Пуляев, С. В. Дунаев // Международный научный журнал. – 2012. – № 3. – С. 103-106.
9. Исследование окисляемости основ смазочных масел / А. Н. Приваленко, Л. В. Красная, Т. И. Назарова [и др.] // Международный научный журнал. – 2013. – № 3. – С. 88-94.

Об авторах:

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

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

About the authors:

Vladimir L. Pilshchikov, associate professor, Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, pilshikov@rgau-msha.ru.

Oleg P. Andreev, associate professor, Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, aopmsau@rgau-msha.ru.

ВОЗРОЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ ОВОЩЕЙ

А. С. Березенков

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

***Аннотация.** В статье рассмотрены этапы возрождения отечественной селекции овощных культур. Произведен анализ государственной поддержки развития отрасли овощеводства. Обозначены условия для возрождения селекции и семеноводства овощных культур.*

***Ключевые слова:** селекция; сортомена; овощи; государственная поддержка.*

THE REVIVAL OF RUSSIAN VEGETABLE BREEDING

A. S. Berezenkov

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

***Annotation.** The article considers the stages of the revival of domestic vegetable breeding. The analysis of state support for the development of the vegetable growing industry has been carried out. The conditions for the revival of breeding and seed production of vegetable crops are outlined.*

***Keywords:** breeding; variety exchange; vegetables; state support.*

В отечественной селекции и семеноводстве происходит трансформация и ускоренное ее развитие. Обеспечение национальной продовольственной безопасности России требует развития собственной селекции и глубокой локализации иностранной. Пока на рынке семян овощей лидерство сохраняется за транснациональными компаниями, но в России активно развиваются научные школы и предприятия, способные создавать сорта достойного качества, и селекционные предприятия обладают большим потенциалом и в любой момент готовы запустить производство семян в необходимом количестве.

Для возрождения российской селекции овощей предпринимаются государственные меры поддержки (рисунок 1):

- финансируется развитие селекционного бизнеса;

- аграриям, приобретающим семена отечественных сортов и гибридов, созданных в рамках реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства (ФНТП), будут компенсировать 70 % затрат на их покупку;
- вводится запрет на поставку зарубежных семян.

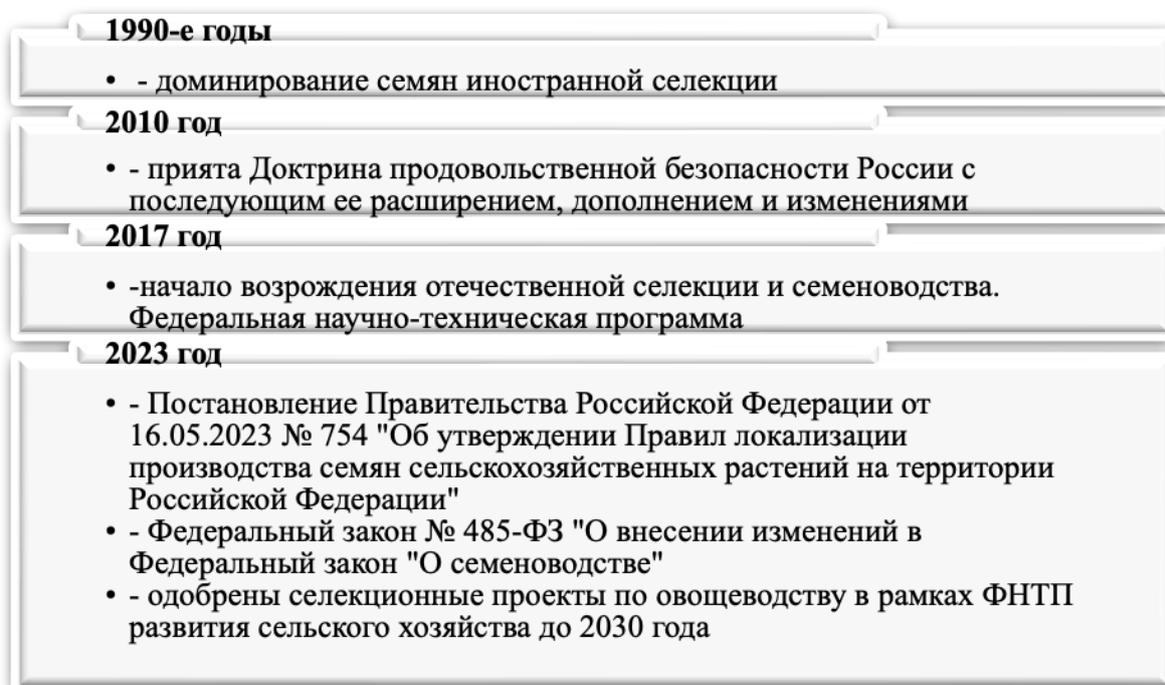


Рисунок 1 – Этапы возрождения отечественной селекции овощей

С 1990-х годов советская система селекции, сортоиспытания и семеноводства начала разрушаться и на отечественном рынке стали доминировать сорта, гибриды и семена иностранной селекции. Первые стратегические направления по развитию отрасли овощеводства в ближайшие годы изложены в Доктрине продовольственной безопасности. В доктрине задекларировано, что доля отечественных семян должна составить не менее 75 %, а в перспективе – 90 %.

Для снижения зависимости отрасли овощеводства от импорта семян в 2017 году в Федеральную научно-техническую программу (ФНТП) развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы включено развитие семеноводства. В 2023 году данная программа дополнена подпрограммой «Развитие селекции и семеноводства овощных культур» [1].

В 2023 году принят Федеральный закон № 485-ФЗ «О семеноводстве», который направлен на:

- совершенствование механизмов развития отрасли;
- повышение качества производимых в нашей стране семян;
- создание благоприятных условий для развития селекционного бизнеса.

В правовом поле обозначены понятия «отечественная селекция» (деятельность ведется на территории России) и «специальная семеноводческая зона» (регионы могут сами определять благоприятные для семеноводства зоны и предоставлять эти участки ученым и профильным предпринимателям). Закон позволяет поддерживать права отечественных семеноводов и расширить меры государственной поддержки в этом направлении. Также, с 2023 года действуют «Правила локализации производства семян» [2], которых раньше в нашей стране не было. Цель данного документа – усилить роль отечественной селекции и перенести семеноводство на территорию Российской Федерации.

Нормативно-правовой акт содержит ряд требований для селекционных предприятий:

- предоставлять ежегодно до 1 марта свой план локализации производства семян, а Минсельхоз до 1 июля их утверждает;
- использовать молекулярно-генетические лаборатории (для определения генов устойчивости к болезням или для идентификации стерильности некоторых культур) [3];

Правила локализации для иностранных компаний:

- передача 51% долевого участия российскому резиденту или российскому предприятию;
- необходимо обязательство вести полный цикл – от селекции до семеноводства – в России;
- делиться селекционным материалом и научными достижениями с российскими НИИ [4],
- иметь два участка в собственности или в аренде в различных регионах России.

В России формируется прозрачный внутренний рынок, учитывающий интересы страны, порядок работы для иностранных компаний, в частности их, будут стимулировать к переносу

производственной и научной деятельности на территорию России. С сентября 2024 года работа в федеральной государственной информационной системе (ФГИС) «Семеноводство» станет обязательной для всех участников рынка. В нее вносятся данные о производителе, месте производства, информация по текущим и предыдущим поколениям воспроизводства семян. Этот инструмент позволит потребителям получать актуальные сведения о селекционных достижениях, наличии посевного материала с заданными характеристиками, семенах, ввезенных из-за рубежа.

На сегодня в РФ сформированы все условия для возрождения селекции и семеноводства овощных культур [5, 6]:

- льготное кредитование;
- компенсация прямых понесенных затрат;
- поддержка спроса.

В Федеральном научном центре овощеводства в 2023 году созданы 15 новых сортов и гибридов овощных культур и успешно развивается концепция «Овощные растения с высокоэффективной антиоксидантной системой – пища и лекарство».

Вопросами селекции и генетики сегодня занимаются и российские вузы, и созданные указом президента РФ научно-образовательные центры (НОЦ) мирового уровня. Так, в селекционно-семеноводческом центре овощных культур РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева для селекции и семеноводства кабачка была создана генетико-селекционная платформа «женский тип цветения», позволяющая технически упростить и удешевить семеноводство кабачка, тем самым перенести его полностью из-за рубежа в Россию [7, 8].

Выводы. Обеспечение страны собственными семенами овощных культур долгие годы оставалось проблемой для российских аграриев. Преодолеть технологическую зависимость российской селекции и семеноводства от импорта поможет политика государственного регулирования, в частности: государственное финансирование, локализация производства семян и международная кооперация с дружественными странами. На законодательном уровне Россия практически получила карт-бланш на интенсивное развитие селекции и продвижение собственных достижений в этой сфере.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 4 августа 2023 года № 485-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О семеноводстве» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202308040092>.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 16.05.2023 № 754 «Об утверждении Правил локализации производства семян сельскохозяйственных растений на территории Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202305190035>.
3. Ашмарина, Т. И. Тенденции развития отрасли овощеводства / Т. И. Ашмарина // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 12. – С. 69-72.
4. Сергеева, Н. В. Стимулирующая роль диверсификации в организации аграрного производства / Н. В. Сергеева, Т. И. Ашмарина // Международный научный журнал. – 2018. – № 3-4. – С. 7-17.
5. Ашмарина, Т. И. Качественный аспект продовольственной безопасности / Т. И. Ашмарина // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». – 2015. – № 3(67). – С. 51-55.
6. Чутчева, Ю. В. Перспективы развития овощеводства открытого грунта на основе биологизации / Ю. В. Чутчева, Е. И. Залтан // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 3. – С. 65-70.
7. Бирюкова, Т. В. Обеспечение продовольственной безопасности как одного из основополагающего фактора стабильного развития государства / Т. В. Бирюкова // Информационное обеспечение экономической безопасности: проблемы и направления развития : Материалы Международной научно-практической конференции, Москва, 17-18 апреля 2017 года / Под научной редакцией Н. Н. Карзаевой, Ю. Н. Каткова. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Научный консультант», 2017. – С. 15-20.
8. Чутчева, Ю. В. Трансформация мирового продовольственного рынка / Ю. В. Чутчева, Т. В. Бирюкова, Н. А. Ягудаева // Естественно-гуманитарные исследования. – 2022. – № 44(6). – С. 31-34.
9. Цифровые трансформации в аграрном секторе экономики / Т. И. Ашмарина, В. Т. Водяников, Ю. М. Гладыш [и др.]. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2021. – 340 с. – ISBN 978-5-00166-490-1.
10. Экономика устойчивого развития и ESG-трансформация аграрного бизнеса / Д. А. Антонова, Т. И. Ашмарина, Т. В. Бирюкова [и др.]. – М. : ООО «Сам полиграфист», 2024. – 175 с. – ISBN 978-5-00227-190-0.

Об авторе:

Березенков Андрей Сергеевич, аспирант кафедры Экономики ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

About the author:

Andrey S. Berezenkov, postgraduate student Department of Economics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49).

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ МЯСА В МИРЕ

Т. В. Бирюкова

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

Аннотация. Рассмотрены основные мировые тенденции в потреблении мяса в развитых странах. Представлены значимые векторы развития мирового производства мяса с учетом развития потребительских предпочтений.

Ключевые слова: потребление мяса; производство мяса; потребитель; животноводство.

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF GLOBAL MEAT PRODUCTION AND CONSUMPTION IN THE WORLD

T. V. Biryukova

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

Abstract. The main global trends in meat consumption in developed countries are considered. Significant vectors of the development of global meat production are presented, taking into account the development of consumer preferences.

Keywords: meat consumption; meat production; consumer; animal husbandry.

На современном этапе развития экономики представляется значимым оценивать роль производства и потребления мяса как один из элементов системы глобального развития человечества. В настоящий момент производство мяса является серьезным фактором загрязнения окружающей среды с одной стороны, с другой стороны в развитых странах ситуация с переработкой отходов животноводства позволила минимизировать данные выбросы. В настоящий момент отрасль животноводства оценивается как часть социо-экономической системы, в которой функционирует комплекс взаимосвязанных друг с другом факторов, где изменение одного неразрывно повлияет на изменение других [4]. К примеру, снижение производства мяса неразрывно будет связано со

снижением использования биогазовых установок, сокращением рабочих мест и т.д. Однако с точки зрения долгосрочной стратегии развития для государств стран западной Европы является необходимым развитие вектора снижения производства мяса, который в свою очередь является продолжением тренда снижения его потребления. В первую очередь данный вектор является основополагающим для глобального развития планеты Земля с учетом все возрастающего населения. Так по прогнозам ООН к 2050 году население Земли составит свыше 9,8 млн человек, что, несомненно, окажет существенное влияние на развитие всей социо-экономической системы [6]. Все вышеперечисленное является вектором, оказывающим существенное влияние на потребителя. Так за последнее двадцатилетие социальные и индивидуальные взгляды на вопросы образа жизни существенно трансформировались, что позволяет рассматривать модель питания с этически-индивидуальной точки зрения. Данные взгляды в западных странах поддерживаются направлениями в питании, основными из которых являются вегетарианство или веганство, либо диетами, стимулирующими развитие направления взглядов, как правило, связанных с девизом: «Человек то, что он ест». Все вышеперечисленное подтверждают высказывание Т. Элрота [3] о самоинсталляции поведения человека, ряд других авторов гипотезы утверждают о развитии так называемой «суррогатной религии», поддерживаемой на политическом и социальном уровне и развивающей потребительскую модель в отношении потребления мяса через коммуникационные каналы с использованием элементов звездной стратегии [4]. Не менее значимым фактором развития модели потребления мяса и мясных продуктов является трансформация потребительских предпочтений в отношении выбора продуктов питания, а также изменения отношения к критерию «ценность продукта». Такая тенденция по мнению ряда ученых была отмечена не только в развитых, но и в развивающихся странах за счет доступности информации о производственном процессе, полученной посредством интернет. Так в настоящий момент при выборе мяса потребитель выделяет значимым не менее 20 факторов, из которых двенадцать можно отнести к параметрам качества продукта, в то время как десятилетие назад таких факторов было не более десяти. Такое положение дел существенно трансформирует спрос на мясо и мясные изделия

побуждая потребителя ответственно относиться к выбору продукции. Именно в это время начал создаваться разрыв между производством и потреблением, так как, как раз в это время в ряде стран ЕС, в таких как Германия, Франция, Дания производство мяса и мясных изделий продолжало развиваться на основе заложенных в стратегии принципов, в частности: рационализации, технизации и интенсификации [5]. Не менее значимым аспектом переоценки ценности данного продукта произошло за счет серьезных скандалов вызванных заболеваниями животных, в этот момент многие потребители смогли отказаться от определенных видов мяса перейдя на другие, либо полностью отказались от его употребления. Значимым, несомненно, является и взгляд на данный вид продукта за последние пятьдесят лет в странах с развитой рыночной экономикой мясо и мясные изделия прошли путь от категории «продукт на праздник», до «продукт на каждый день».

В настоящий момент в западных странах так называемая «неуверенность потребителей» проявляется в новом значимом с точки зрения для производителей векторе, который, несомненно, сосредоточен на качестве продукта и приносимой пользе потребителю. При этом данное качество должно быть гарантировано производителем, а также государственными регулирующими органами относительно тех критериев, которые уже сейчас представляются основными при выборе мяса для потребителя.

Так, к примеру в Германии развитие данного вектора сопряжено с региональной принадлежностью продукта, наличием сертификата экологической продукции и рядом других аспектов. Несомненно, такой подход к производству существенным образом оказывает негативное влияние на развитие высокопродуктивных ферм и хозяйств, основным фактором которых в развитии маркетинг-отношений с потребителем является: широкий ассортимент и доступная цена.

Таким образом в настоящий момент сфера производства мяса находится на этапе серьезной трансформации, которая обусловлена развитием модели маркетинг-отношений с потребителем. На наш взгляд такая трансформация должна осуществляться на основе развития долгосрочных отношений, с учетом изменяющихся факторов внешней среды. Потребитель становится все более требовательным к качеству продукта, а воспринимаемая ценность

основных его свойств существенным образом пересмотрена в пользу других высокобелковых продуктов. Все вышеперечисленные аспекты указывают на необходимость исследования влияния факторов маркетинговой среды социо-экономической модели в отношении производства и потребления мяса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ашмарина, Т. И. Цифровые технологии в сельском хозяйстве / Т. И. Ашмарина // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию А.В. Леонтовича : Сборник статей, Москва, 03–06 июня 2019 года. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2019. – С. 302-304.
2. Маркетинг в агропромышленном комплексе : учебник и практикум / Н. Г. Володина, С. В. Гузий [и др.]. – 1-е изд.– М. : Издательство Юрайт, 2017. – 314 с.
3. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса / Т. И. Ашмарина, Т. В. Бирюкова, В. Т. Водяников [и др.]. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2022. – 160 с.
4. Цифровые трансформации в аграрном секторе экономики: коллективная монография / Под общей ред. профессора Ю.В. Чутчевой. — М.: ООО «Сам Полиграфист», 2021. – 340 с.
5. Бирюкова, Т. В. Органическая продукция: основные перспективы развития потребительских предпочтений / Т. В. Бирюкова // Образование и право. – 2020. – № 4. – С. 409-412.
6. Трансформация мирового продовольственного рынка / Ю. В. Чутчева, Н. А. Ягудаева // Естественно-гуманитарные исследования. – 2022. – № 44(6). – С. 31-34.

Об авторе:

Бирюкова Татьяна Владимировна, доцент кафедры организации производства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат экономических наук, доцент.

About the author:

Tatyana V. Biryukova, associate professor of the Department of Production Organization, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Economic), associate professor.

ЗЕЛЕНАЯ СДЕЛКА – ПЕРЕДЕЛ ГЛОБАЛЬНОГО АГРАРНОГО РЫНКА

Т. И. Ашмарина

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

***Аннотация.** В статье анализируются основные аспекты реализации «Зеленой сделки», предложенной Европейской комиссией в декабре 2019 года. Указаны причины неконкурентоспособности сельскохозяйственной продукции европейских фермеров. Рассмотрена история продвижения зеленой сделки и ее влияние на аграрный рынок. Обозначена необходимость пересмотра зеленой сделки, ее масштабов и темпов реализации.*

***Ключевые слова:** зеленая сделка; углеродная нейтральность; изменения климата; экология.*

GREEN DEAL – REDEVELOPMENT OF THE GLOBAL AGRICULTURAL MARKET

T. I. Ashmarina

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

***Annotation.** The article analyzes the main aspects of the implementation of the «Green Deal» proposed by the European Commission in December 2019. The reasons for the uncompetitiveness of agricultural products of European farmers are indicated. The history of the promotion of the green deal and its impact on the agricultural market is considered. The need to review the green deal, its scope and pace of implementation is indicated.*

***Keywords:** green deal; carbon neutrality; climate change; ecology.*

Европейский союз (ЕС) взял на себя роль глобального лидера в продвижении зеленого курса развития аграрного сектора, но столкнулся с реальными проблемами. В 2019 году прошли первые протесты («Азотные войны») животноводов против предложения политиков о сокращении вдвое поголовья скота в Нидерландах. Начало 2024 года ознаменовалось волной протестов европейских фермеров вокруг «зеленой повестки». Фермеры против

экологических мер, которые насаждаются правительствами и считают, что «зеленый курс» – это план по ликвидации современного фермерства в Европе.

Недовольства европейских фермеров возникли из-за:

- высоких финансовых издержек «зеленого курса»;
- роста цен на топливо, энергию, минеральные удобрения и корма;
- конкуренции со стороны дешевого импорта сельскохозяйственной продукции из стран Латинской Америки (соглашение со странами Южноамериканского общего рынка «Меркосур») и Украины;
- противоречивых мер экологической политики ЕС (амбивалентность);
- чрезмерной бюрократической волоките, связанной с надзором за соблюдением «зеленых» стандартов;
- сокращения землепользования: (ежегодно оставлять под пар 4 % сельхозугодий);
- сокращения сельскохозяйственного бюджета ЕС на 2024 (льготы, налоговые субсидии).

«Зелёная сделка», принятая в 2019 году – это путь ЕС к климатической нейтральности и радикальному снижению уровня выбросов парниковых газов в атмосферу (рисунок 1).

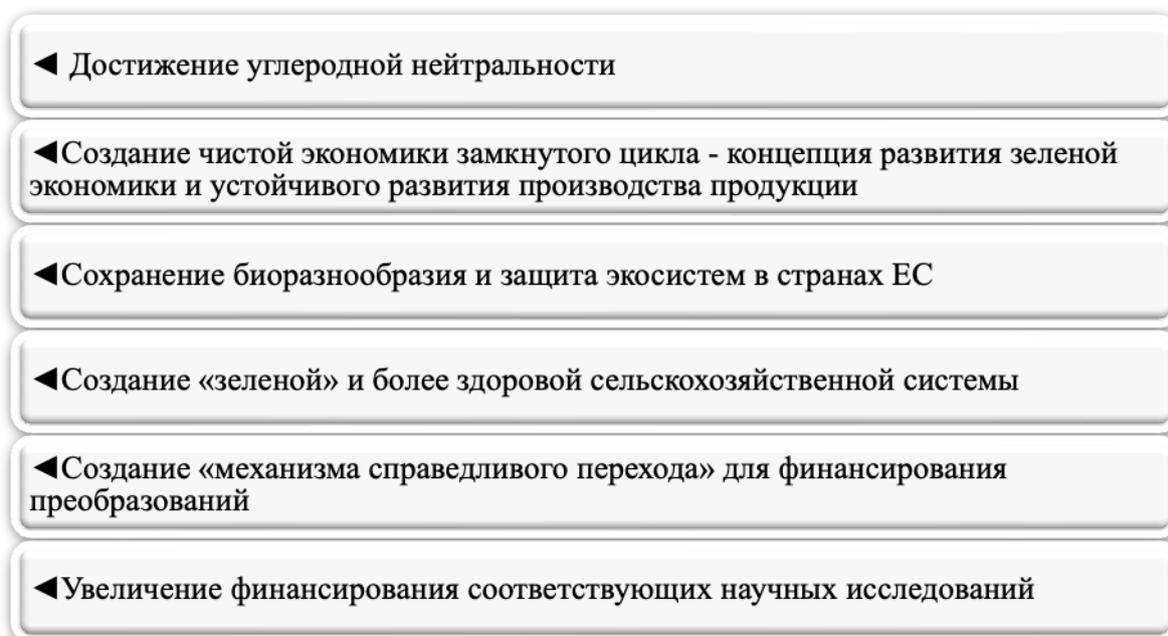


Рисунок 1 – Цели «зеленой сделки»

Цели «зеленой сделки» актуальны, но их необходимо разделить на два аспекта: экологические и климатические. Сельскохозяйственная деятельность влияет на экологию (деградация сельскохозяйственных земель, нарушение водного режима, химическое загрязнение биосферы и другие аспекты). Экологические проблемы необходимо решать в рамках национальных экологических программ в соответствии с экономическими возможностями страны, но тем не менее, деятельность аграриев не влияет на глобальный климат.

Проблема изменений глобального климата постоянно присутствует в повестке дня всех мировых саммитов.

Многие ученые [1, 2] утверждают, что глобальное потепление связано не с деятельностью человека, а вызвано естественными причинами, а теория глобального потепления явно политизирована и идеализирована.

Данной темой уже почти с момента своего создания в 1968 году, занимается международная организация – Римский клуб (рисунк 2).

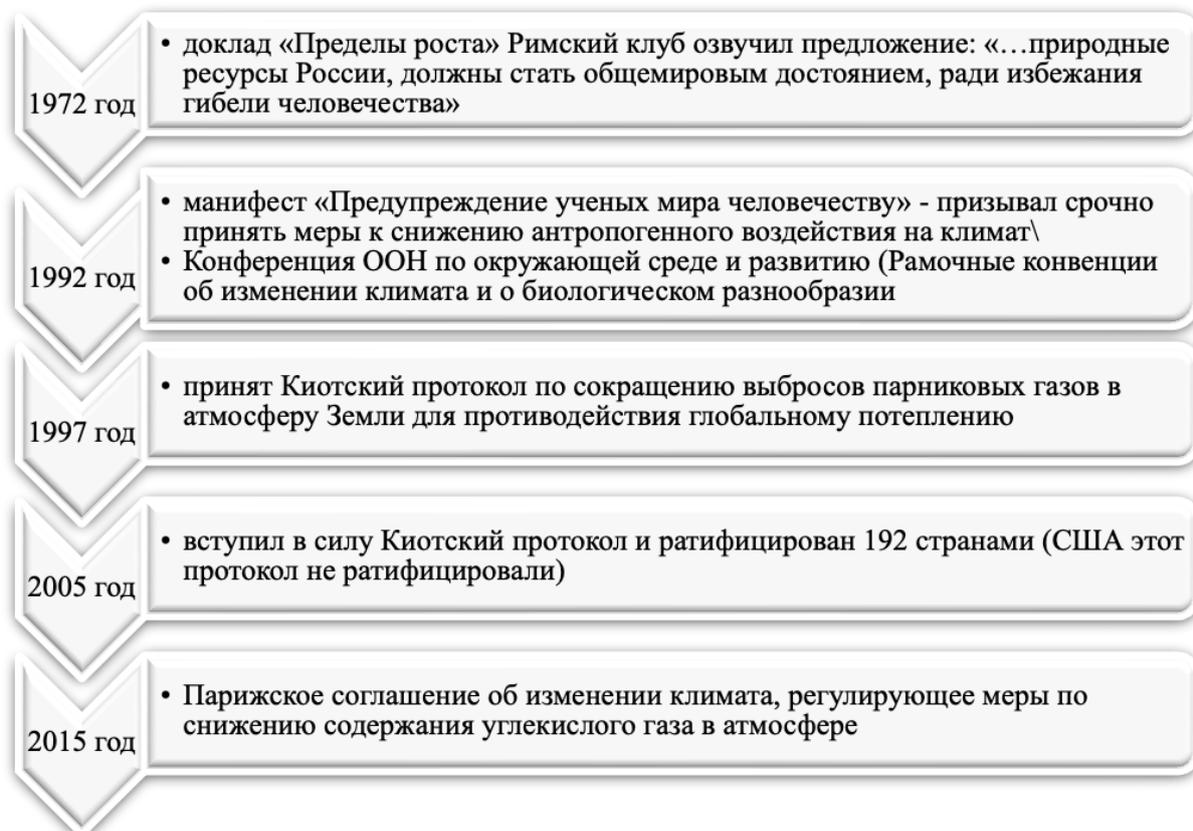


Рисунок 2 – История продвижения «зеленой сделки»

Европейский парламент заявил, что Европа станет первым в мире климатически нейтральным континентом к 2050 году. Согласно их плану:

- на 25 % сельскохозяйственных площадей будет выращиваться органическая продукция, и применяться только агроэкологические технологии (в настоящее время «органические» земли в ЕС занимают только 8,1 %) [3, 4];

- выполнение «зеленой сделки» снизит затраты на защиту растений, но значительно увеличит затраты на альтернативные методы выращивания и борьбу с сорняками;

- значительно сократится стадо сельскохозяйственных животных, ради уменьшения количества навоза и улучшения азотного баланса (Правительство Нидерландов обнародовало план радикального сокращения поголовья скота в стране на 25 млрд евро);

- производство мяса снизится на 14...16 %, а сырого молока на 10 % [5, 6].

Европейская стратегия «от фермы до вилки» (производство устойчивых и здоровых продуктов питания) создаст разрыв в конкурентоспособности европейских и международных производителей.

Выбросы парниковых газов возможно сократить за счет:

- дальнейшего снижения спроса на мясо,
- перехода на продукты растительного происхождения (искусственное мясо с добавлением сверчков);
- сокращение пищевых отходов.

Углеродно-нейтральное сельское хозяйство в своей деятельности (производственные процессы) уравнивает выброс и поглощение углерода из атмосферы. К основным причинам выбросов углерода в сельском хозяйстве относятся: сельскохозяйственная техника, разведение животных, использование удобрений и пестицидов.

Инструменты реализации «зеленой сделки» [7]:

- цена на углерод (введена в 60 странах и регионах мира);
- углеродный налог (взимается в зависимости от углеродоемкости продукции и удельного веса ее внешнеторговой составляющей в продажах на рынке ЕС);

- система торговли выбросами климатически вредных газов;
- углеродные биржи;
- зеленое финансирование;
- глобальный Зеленый Фонд с наднациональными (мировыми) налогами (механизм перераспределения денег).

Общий тренд ЕС – не наращивать производство, а подогнать его в соответствие «зеленой повестке» и увеличивать импорт продукции. Активная реализация зеленой повестки привела к ухудшению социально-экономического положения европейских фермеров из-за огромного перечня правил и ограничений, которые в условиях рыночной экономики затрудняют возможность получения справедливого дохода. Спрос на продукты здорового питания определяет развитие фермерского бизнеса на 20-30 лет вперед, но в данный момент покупка экологически чистых продуктов снизилась.

Факторы, влияющие на европейский продовольственный рынок:

- кризис в Красном море (скоропортящиеся овощи и фрукты приходится везти вокруг побережья Африки, а это дополнительные 15...20 дней доставки и расходы на хранение, страхование и логистику, в некоторых случаях выросшие в пять раз;
- импорт дешёвой сельскохозяйственной продукции с Украины и Латинской Америки.

Европейские фермеры сильно зависят от субсидий, поэтому рыночные цены на их продукцию внутри ЕС выше мировых.

Выводы. «Зелёная повестка» – это защита, в частности, европейского рынка, и попытка нивелировать несомненные конкурентные преимущества России, чтобы снизить наш аграрный потенциал. Это еще инструмент борьбы (протекционизм) для не допуска на рынки товаров и ограничения свободной торговли. Изменение климата не регулируется деятельностью человека. На данный момент Европа стоит перед выбором – реализовать амбициозные экологические и климатические цели или обеспечивать социально-экономическое благополучие своего населения. Поэтому необходим пересмотр «зеленой сделки», ее масштабов и темпов реализации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ларионова, М. В. Механизмы интернационализации «Зеленой Сделки» / М. В. Ларионова // Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика. – 2021. – № 3.
2. Фёдоров, В. М. Солярная теория изменений климата / В. М. Фёдоров // Окружающая среда и энергосбережение. – 2021. – № 2.
3. ESG-принципы в отрасли овощеводства открытого грунта / Т. И. Ашмарина, Ю. В. Чутчева, Т. В. Бирюкова, Н. А. Ягудаева // Известия Международной академии аграрного образования. – 2023. – № 65. – С. 114-117.
4. Маркетинг в агропромышленном комплексе : учебник и практикум / Н. Г. Володина, С. В. Гузий [и др.]. – 1-е изд.– М. : Издательство Юрайт, 2017. – 314 с.
5. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса / Т. И. Ашмарина, Т. В. Бирюкова, В. Т. Водяников [и др.]. – М. : ООО «Мегаполис», 2022. – 160 с.
6. Бирюкова, Т. В. Органическая продукция: основные перспективы развития потребительских предпочтений / Т. В. Бирюкова // Образование и право. – 2020. – № 4. – С. 409-412.
7. Трансформация мирового продовольственного рынка / Ю. В. Чутчева, Н. А. Ягудаева // Естественно-гуманитарные исследования. – 2022. – № 44(6). – С. 31-34.
8. Экономика устойчивого развития и ESG-трансформация аграрного бизнеса / Д. А. Антонова, Т. И. Ашмарина, Т. В. Бирюкова [и др.]. – М.: ООО «Сам полиграфист», 2024. – 175 с. – ISBN 978-5-00227-190-0.
9. Цифровые трансформации в аграрном секторе экономики / Т. И. Ашмарина, В. Т. Водяников, Ю. М. Гладыш [и др.]. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2021. – 340 с. – ISBN 978-5-00166-490-1.

Об авторе:

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

About the author:

Tatiana I. Ashmarina, associate professor of the Department of Economics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Economic), associate professor.

РОЛЬ ГОСУДАРСТВА В ФОРМИРОВАНИИ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА

Н. А. Ягудаева

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

***Аннотация:** рассмотрено несколько подходов к определению потенциала, а также проанализированы элементы ресурсного потенциала РФ. Акцентируется внимание на том, что ядром ресурсного потенциала развития страны является человеческий капитал.*

***Ключевые слова:** потенциал, ресурсный потенциал; человеческий капитал; техническая оснащенность; природные ресурсы; ресурсосбережение; финансовые и материальные ресурсы.*

THE ROLE OF THE STATE IN THE FORMATION OF RESOURCE POTENTIAL

N. A. Yagudaeva

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

***Abstract:** Several approaches to determining potential are considered, and elements of the resource potential of the Russian Federation are analyzed. Attention is focused on the fact that the core of the country's resource development potential is human capital.*

***Keywords:** potential; resource potential; human capital; technical equipment; natural resources; resource conservation; financial and material resources.*

На сегодняшний день ресурсный потенциал предприятия, региона, страны определяет возможное их развитие. Экономика хозяйствующего субъекта и его управление во многом зависит от величины и эффективности применения его ресурсного потенциала.

Термин «потенциал» происходит от латинского слова *potentia* и означает сила, мощь. В источниках литературы приводятся различные формулировки определения потенциала. К примеру, в Большой Советской Энциклопедии дано определение потенциала как «... средства, запасы, источники, имеющиеся в наличии и

могущие быть мобилизованы, приведены в действие, использованы для достижения определенных целей, осуществления плана; решения какой-либо задачи; возможности отдельного лица, общества, государства в определенной области» [10].

В толковом словаре С. И. Ожегова потенциал определяется как:

1. физическая величина, характеризующая силовое поле в данной точке;
2. степень мощности в каком-нибудь отношении, совокупность каких-нибудь средств, возможностей;
3. внутренние возможности.

В общем понимании, потенциал рассматривается как источники, возможности, средства, запасы, которые могут быть приведены в действия и использованы для достижения определённой цели.

По мнению Т. Г. Храмцовой потенциал – это не только и не просто количество ресурсов, но и заключенная в них возможность развития системы в заданном направлении. Возможности должны быть реализованы.

Таким образом, под потенциалом следует понимать совокупность всех средств, запасов, возможностей, использование которых позволяет достичь экономического эффекта. Под ресурсным потенциалом в общем смысле принято понимать совокупность множества различных ресурсов, которые все вместе обеспечивают непрерывность и эффективность хозяйственной деятельности.

Ресурсы в экономике представляют собой факторы, которые используются в производственном процессе для создания экономических благ. Экономические ресурсы в свою очередь подразделяются на природные, материальные, трудовые, финансовые, информационные.

Природные экономические ресурсы (земля, лесные и водные массивы, недра, климатические, биологические и рекреационные) представлены совокупностью систем и объектов живой и неживой природы, а также компонентов природной среды, окружающие человека и используемые им в процессе общественного производства с целью удовлетворения потребностей человека и общества.

Материальные ресурсы представляют все то, что создано в процессе человеческой деятельности (здания, сооружения,

машины, оборудование, системы коммуникации, топливо и энергия, сырье, транспортные магистрали, логистическая инфраструктура, энергосистемы, телекоммуникации, платежные системы и пр.).

Трудовые ресурсы или труд представляют собой человеческое общество и его способность к производству товаров и услуг. Трудовые ресурсы – это часть населения страны, которые обладают совокупностью знаний, психофизическими возможностями и практическим опытом в народном хозяйстве.

Финансовые ресурсы или капитал представляют собой совокупность денежных средств и финансовых активов, необходимых для ведения экономической деятельности. Если рассматривать финансовые ресурсы через воспроизводственную функцию, то их подразделяют на финансовые ресурсы в сфере товарного обращения, материального производства, личного потребления и общественных благ.

Информационные ресурсы – это совокупность данных, необходимы для получения необходимой информации. В свою очередь подразделяются на локальные, региональные, национальные и совокупно мировые.

Центром ресурсного потенциала любого государства является человеческий потенциал. В РФ одной из основных целей государственной политики является повышение качества жизни россиян. Согласно Указу Президента РФ от 2 июля 2021 г. № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации», состояние национальной безопасности напрямую зависит от степени реализации стратегических национальных приоритетов, где особое внимание сфокусировано на вопросах развития человеческого потенциала.

В последнее время в РФ принят ряд решений, которые направлены на поддержку уязвимых категорий граждан путем совершенствования инструментов социальной поддержки населения. Внедрена система федеральных и региональных социальных доплат к пенсиям, введены новые выплаты семьям с детьми, осуществляемые в рамках государственной программы РФ «Социальная поддержка граждан». Для обеспечения условий выполнения Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на

период до 2024 года» приняты и реализуются федеральные проекты «Старшее поколение» и «Финансовая поддержка семей при рождении детей» национального проекта «Демография».

Таблица 1 – Ключевые законодательные акты, направленные на развитие человеческого потенциала в РФ

Законодательный акт	Меры, направленные на:
Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года: Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 № 1662-р (ред. от 28.09.2018)	Создание благоприятных условий для развития способностей каждого человека, улучшение условий жизни российских граждан и качества социальной среды, повышение конкурентоспособности человеческого капитала и обеспечивающих его социальных секторов экономики [5]
Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации»	Поддержку семьи, материнства, отцовства и детства, инвалидов и пожилых граждан, воспитанию детей, их всестороннему духовному, нравственному, интеллектуальному и физическому развитию. Формируются условия для достойной жизни старшего поколения, а также фокус внимания государственной политики направлен на повышение рождаемости, что становится обязательным условием для увеличения численности населения России [2]
Указ Президента РФ от 31.03.2023 № 229 «Об утверждении Концепции внешней политики Российской Федерации»	Сохранение жизни и здоровья человека, а именно: повышение эффективности международного сотрудничества в сфере здравоохранения, консолидация международных усилий в целях предупреждения распространения опасных инфекционных заболеваний, преодоления социально-экономических последствий пандемий и эпидемий, повышение эффективности международных научных исследований в сфере здравоохранения [3]
Основные направления деятельности Правительства РФ на период до 2024 года (утв. Правительством РФ 29 сентября 2018 г.)	Повышение рождаемости и увеличения суммарного коэффициента рождаемости до уровня не ниже 1,7, снижения смертности населения, роста выявляемости и профилактики заболеваний [6]

Благодаря данным проектам реализуется комплекс мер, направленный на поддержку рождаемости и увеличения продолжительности здоровой жизни.

Рассматривая материально-ресурсную базу РФ, необходимо отметить, что страна наделена огромными природными богатствами. По запасам многих видов полезных ископаемых она занимает первые места в мире. Основу добывающей промышленности составляет топливно-энергетический комплекс. Главными векторами, которые определяет государство для перспективного развития отраслей топливно-энергетического комплекса является: переход на путь инновационного и энергоэффективного развития; изменение структуры и масштабов производства энергоресурсов; создание конкурентной рыночной среды.

Итак, делая выводы можно сказать, что роль государства в формировании ресурсного потенциала огромна. Для современной России характерно сильное государственное участие в развитии и накоплении ресурсного потенциала страны, а также в решении новых нарастающих задач пространственного развития. Государство выступает в многообразии своих ролей, и как создатель современной конфигурации пространства, и как идейный вдохновитель, и как движущая сила основных преобразований в стране.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Указ Президента Российской Федерации «Стратегия экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 г.» от 13 мая 2017 г. № 208 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rg.ru/2017/05/15/putin-podpisal-strategiiu-ekonomicheskoy-bezopasnosti-do-2030-goda.html>.

2. Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» от 2 июля 2021 г. № 400. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/942772dce30cfa36b671bcf19ca928e4d698a928.

3. Указ Президента РФ от 31.03.2023 № 229 «Об утверждении Концепции внешней политики Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_443540/?ysclid=lq4y4htzmb590486503.

4. Указ Президента Российской Федерации от 09.11.2022 № 809 «Об утверждении Основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей»

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202211090019>.

5. Распоряжение Правительства РФ Об утверждении Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (с изменениями на 28 сентября 2018 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/194365/?ysclid=lqnfatyst6274437666>.

6. «Основные направления деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2024 года» (утв. Правительством РФ 29.09.2018 № 8028п-П13) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71965871/?ysclid=lqnf42oi8558130446>.

7. Организация агробизнеса. Цифровая трансформация / Л. И. Хоружий, О. Г. Каратаева, А. В. Шитикова [и др.]. – М. : Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 189 с.

8. Пелих, Н. А. Приоритеты развития нефтяной промышленности России : специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством»: диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Пелих Наталья Алексеевна. – Москва, 2008. – 177 с.

9. Романов, А. Н. Ценность агробизнеса в условиях пандемии / А. Н. Романов, Н. А. Ягудаева // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 3. – С. 21-25. – DOI 10.32651/213-21.

10. Соколова, Е. В. Ресурсный потенциал устойчивого развития предприятий агропромышленного комплекса: структура и факторы формирования / Е. В. Соколова // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. – 2021. – Т. 6. – № 1. – С. 129–135.

11. Цифровые трансформации в аграрном секторе экономики / Т. И. Ашмарина, В. Т. Водяников, Ю. М. Гладыш и др. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2021. – 340 с.

Об авторе:

Ягудаева Наталья Алексеевна, доцент кафедры экономики ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат экономических наук, n.yagudaeva@rgau-msha.ru.

About the author:

Natalia A. Yagudaeva, associate professor of the Department of Economics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Economic), n.yagudaeva@rgau-msha.ru.

УДК 631.152.3

ЦИФРОВОЙ КАПИТАЛ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Даюб Нур

Научный руководитель – Ю. В. Чутчева

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

***Аннотация.** Экономический капитал – это совокупность ресурсов и активов, которые используются для создания стоимости и обеспечения роста бизнеса. Он включает материальные (основные средства, земля, оборудование) и нематериальные (интеллектуальный капитал, клиентская база, репутация) активы. В данной работе мы предлагаем использовать понятие «цифровой капитал» в качестве инструмента для учета и анализа влияния цифровых ресурсов на экономические процессы.*

***Ключевые слова:** капитал; цифровой капитал; цифровая трансформация; сельское хозяйство.*

DIGITAL CAPITAL IN AGRICULTURAL ORGANIZATIONS

Dajub Nur

Scientific advisor – Y. V. Chutcheva

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

***Abstract.** Economic capital is a set of resources and assets that are used to create value and ensure business growth. It includes tangible (fixed assets, land, equipment) and intangible (intellectual capital, customer base, reputation) assets. In this paper, we propose to use the concept of «digital capital» as a tool for studying and analyzing the impact of digital resources on economic processes.*

***Keywords:** capital; digital capital; digital transformation; agriculture.*

Капитал – это совокупность различных ресурсов, используемых в экономике для производства товаров и услуг с целью извлечения прибыли. Он включает финансовые средства, материальное оборудование, недвижимость, технологии и другие активы, которые могут обеспечить доход. Капитал необходим предприятиям и

индивидуальным предпринимателям для вложения в развитие производства и реализации инвестиционных проектов.

Существуют различные виды капитала, включая основной капитал, оборотный капитал, инвестиционный капитал, человеческий капитал.

Развитие сельского хозяйства требует значительных капиталовложений в инфраструктуру, включая дороги, системы ирригации, склады и так далее. Из-за сезонности спроса и предложения формирование и распределение денежных потоков также подвержены колебаниям: сельскохозяйственным товаропроизводителям необходимо вкладывать денежные средства в сезонные ресурсы, такие как семена, удобрения, сельскохозяйственная техника. Также возможно возникновение потребности в дополнительном капитале в периоды повышенного спроса на сельхозпродукцию для приобретения дополнительных запасов. Инвестиционный климат сельского хозяйства характеризуется высоким уровнем риска, что обусловлено различными факторами, включая климатические изменения, волатильность цен на продукцию, корректировку государственной политики и другими. Таким образом, особенности сельского хозяйства оказывают большое влияние на различные виды капитала и их использование в сфере предпринимательской деятельности.

В эпоху цифровой трансформации, инвестирование в цифровые ресурсы, цифровую инфраструктуру, и развитие цифровых компетенций персонала становятся ключевыми для конкурентоспособности и адаптивности компаний. В сельском хозяйстве эти тенденции проявляются особенно ярко, что подчеркивает необходимость введения понятия «цифровой капитал». Мы предлагаем ввести новую экономическую категорию «цифровой капитал» для учета и анализа цифровых ресурсов и их влияния на экономические процессы.

Магомедов М. Д. и другие авторы [1], определяли цифровой капитал как совокупность физического цифрового оборудования и нематериальных цифровых активов, используемых в хозяйственной деятельности хозяйствующих субъектов, которые способствуют получению прибыли и социальному развитию. Доходом для цифрового капитала могут стать новые возможности, предоставляемые такими технологиями, как Большие данные, монетизация деловой активности в Интернете, включая монетизацию

данных о поведении потребителей, доходы от патентов и лицензий на цифровые нематериальные активы.

Рагнедда М. определял цифровой капитал как совокупность внутренних способностей (цифровых компетенций) и внешних ресурсов (цифровых технологий), которые могут исторически накапливаться и передаваться из одной сферы в другую, как связующий капитал между офлайн- и онлайн-опытом [2].

Парк С. подчеркнул, что цифровой капитал представлен интегрированной цифровой экосистемой, которая формируется на основе взаимодействия человека с цифровыми технологиями [3].

Саручера Ф. отмечал в своих исследованиях что цифровой капитал – это накопление и использование нематериальных и материальных цифровых активов для улучшения практики компании. Это подразумевает, что цифровой капитал связан с физическими цифровыми технологиями, такими как роботы, компьютерные системы, онлайн-приложения, инфраструктура ИКТ, и нематериальными технологическими компетенциями для решения проблем, анализа данных, передачи информации, безопасности и создания контента [4].

Проведенные ранее исследования указывают на то, что цифровой капитал состоит из материальных и нематериальных цифровых ресурсов, а также из их применения для улучшения бизнес-процессов. Отмечается, что цифровой капитал не ограничивается физическими технологиями, а также включает технологические навыки и способность организации применять эти технологии для достижения своих целей.

В рамках рассмотренных определений нет единообразного подхода к трактованию экономической категории цифровой капитал, в связи с чем с нашей точки зрения было бы целесообразно дать авторское определение этому понятию. Мы считаем, что в современных условиях под цифровым капиталом следует понимать все цифровые ресурсы, такие как данные, знания и технологии, которые предприятие или организация использует для создания ценности, воспроизводства капитала и обеспечения конкурентных преимуществ в цифровой экономике. Он включает в себя не только технологическую инфраструктуру, такую как программное обеспечение и оборудование, но и данные, аналитику, навыки персонала и другие аспекты, необходимые для эффективного

управления и развития бизнеса в цифровой среде. Цифровой капитал отличается от других видов капитала своей изменчивостью. Стоимость активов, связанных с цифровым капиталом, может колебаться со временем, что может повлиять на общую ценность этого капитала. Кроме того, цифровые технологии, которые являются основой цифрового капитала, как правило, быстро устаревают, что также может отражаться на стоимости капитала и влиять на закономерности его воспроизводства.

Цифровой капитал не заменяет предыдущие формы капитала, а появляется в дополнение к развитию, выступая в качестве производной формы. Цифровой капитал неотделим от традиционных видов капитала. Это позволяет эффективно использовать их в цифровой среде и способствует их развитию.

Автоматизация сельскохозяйственных машин и оборудования с помощью цифровых технологий, таких как GPS и сенсоры, увеличивает стоимость основного и оборотного капитала. Это помогает сельскохозяйственным товаропроизводителям более эффективно использовать ресурсы – землю, воду и удобрения, а также улучшает навыки и знания работников.

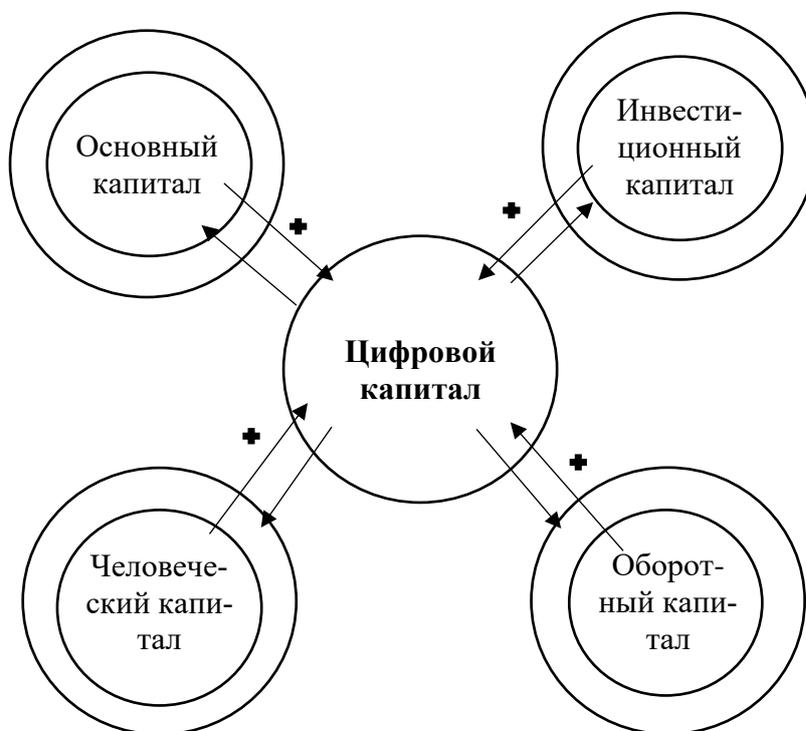


Рисунок 1 – Трансформации воспроизводства капитала в условиях масштабного применения цифровых технологий

Источник: разработано автором

Инвестирование в цифровые технологии также приносит значительную отдачу в виде повышения эффективности и снижения затрат, что приводит к трансформации воспроизводства капитала как показано на рисунке 1.

Проведенные макроэкономические исследования показывают, что цифровой капитал не только быстро растет, но и стал основным фактором, способствующим глобальному экономическому росту [5, 6].

Можно сказать, что цифровой капитал является ключевым фактором успеха в условиях современной цифровой экономики. Он состоит из различных элементов, каждый из которых играет свою роль в создании его ценности. В сельском хозяйстве цифровой капитал позволяет увеличить стоимость основных и оборотных средств за счет автоматизации и интеграции с цифровыми технологиями. Поэтому важно не только понимать, что такое цифровой капитал, но и уметь эффективно его использовать для достижения конкурентных преимуществ и устойчивого развития в цифровой экономике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Magomedov, M. D. Digital Capital as a Basis for the Development of the Economy in Modern Time and Principles of the Digitalization // M. D. Magomedov, O. V. Karabanova, V. A. Dikikh. – 2020. – DOI: 10.2991/aebmr.k.201205.066.
2. Ragnedda, M. Conceptualizing digital capital / M. Ragnedda // Telematics and Informatics. – Volume 35. – Issue 8. – 2018. – P. 2366-2375.
3. Park, S. Digital capital: book / S. Park. – London : Macmillan. – 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1057/978-1-137-59332-0>.
4. Saruchera, F. Digital capital and food agricultural SMEs: Examining the effects on SME performance, inequalities and government role / F. Saruchera, S. Mpunzi // Cogent Business & Management. – 10:1. – 2191304 – DOI: 10.1080/23311975.2023.2191304.
5. McKinsey Global Institute report Internet matters: The Net's sweeping impact on growth, jobs, and prosperity [Электронный ресурс]. – Режим доступа: mckinsey.com (May 2011).
6. Bughin, J. Measuring the full impact of digital capital / J. Bughin, Manyika J. // McKinsey Quarterly. – 2013. – P. 88-97.

7. Цифровые трансформации в аграрном секторе экономики: коллективная монография / Под общ. ред. профессора Ю. В. Чутчевой. – М. : ООО «Сам Полиграфист». – 2021. – 340 с.

8. Чутчева, Ю. В. Цифровые трансформации в сельском хозяйстве / Ю. В. Чутчева, Ю. С. Коротких, А. А. Кирица // Агроинженерия. – № 5 (105). – 2021. – С. 53-58.

9. Пуляев, Н. Н. Инновационное развитие сельского хозяйства / Н. Н. Пуляев, Д. Г. Асадов // Доклады ТСХА, Москва, 02-04 декабря 2020 года. Том ВЫПУСК 293 Часть III. – М. : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 186-188.

10. Экономика устойчивого развития и ESG-трансформация аграрного бизнеса / Д. А. Антонова, Т. И. Ашмарина, Т. В. Бирюкова [и др.]. – М. : ООО «Сам полиграфист», 2024. – 175 с. – ISBN 978-5-00227-190-0.

Об авторах:

Даюб Нур, аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), dayoubnour1992@yandex.ru.

Научный руководитель – Чутчева Юлия Васильевна, заведующая кафедрой экономики ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), профессор, доктор экономических наук, yuv.chutcheva@yandex.ru.

About the authors:

Dajub Nur, post-graduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), dayoubnour1992@yandex.ru.

Scientific advisor – Yulia V. Chutcheva, Head of the Department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), professor, D.Sc. (Economic), yuv.chutcheva@yandex.ru.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ БАЗА КОНОПЛЕВОДСТВА

В. Е. Руденко

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

***Аннотация.** Рассмотрена проблема подготовки специалистов для отрасли коноплеводства. Изучен опыт подготовки специалистов для конопляной индустрии в зарубежных странах. Произведен анализ российских образовательных ресурсов для подготовки специалистов для возращения отрасли коноплеводства.*

***Ключевые слова:** коноплеводство; образовательные программы; канна-фермерство.*

THE EDUCATIONAL BASE OF CANNABIS FARMING

V. E. Rudenko

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

***Abstract.** The problem of training specialists for the hemp industry is considered. The experience of training specialists for the hemp industry in foreign countries has been studied. The analysis of Russian educational resources for the training of specialists for the objection of the hemp industry has been carried out.*

***Keywords:** hemp farming; educational programs; canna farming.*

Коноплеводство является перспективным направлением развития российского агропромышленного комплекса. В данной отрасли наблюдается особая динамика восстановления, ежегодно увеличиваются посевные площади под коноплю, выводятся новые сорта. Спектр использования продуктов переработки конопли в мировой экономике стабильно расширяется, Мировой рынок конопли на данный момент оценивается почти в 14 млрд дол., а к 2025 году превысит 66 млрд дол. Во всех процессах: от выращивания конопли, ее переработки и до торговли в мире наблюдается дефицит кадров. Количество объявлений о вакансиях в данной сфере выросло в 4 раза за последнее три года [1, 2].

Сегодня требуются разноплановые специалисты, способные оперативно и точно решать следующие вопросы:

- культивирования конопли и селекции новейших сортов;
- создания и внедрения инновационных способов повышения урожайности;
- поиска рынков сбыта сырья;
- становления и продвижения продукции;
- юридического сопровождения всех этапов: от выращивания до реализации готовой продукции.

В США первыми ввели коноплеводство в систему просвещения, ориентированную на подготовку профильных экспертов. В городе Окленд штата Калифорния в 2007 году была открыта первая американская школа по подготовке высококлассных специалистов в сфере объединения каннабиса и промышленности. За 16 лет выпущено уже более 30000 профессионалов. Программа обучения включает: бизнес, историю популярных сортов конопли, право, экономику и науку. Занятия строятся на презентациях и лекциях от лидеров канна-сегмента, лабораторных опытах и культивации в условиях специализированных микро-теплиц. Более 150 преподавателей обучают студентов сельскохозяйственным, юридическим и финансовым тонкостям производства и реализации каннабиса [3].

В 2009 году в Сан-Франциско был основан Cannabis Training University – Университет каннабиса. В 2011 году систему обучения для удобства студентов перевели в онлайн-формат. Сегодня штаб-квартира находится в Денвере (штат Колорадо). В сентябре 2014 года к коноплеводческой образовательной программе присоединился Массачусетс. Там открылся Северо-восточный институт каннабиса. Содержание курсов аналогично предыдущим заведениям: история конопли, азы выращивания и селекции, сферы применения. В 2012 году в Денвере (Колорадо) был открыт университет марихуаны – THC University. Его задача – научить своих студентов правильно выращивать чистый продукт без примесей и организовывать на нем прибыльный бизнес.

В 2018 году Ниагарский государственный Колледж (Канада) открыл набор студентов на отделение коммерческого коноплеводства. Специальный курс рассчитан всего на 25 мест, требования к абитуриентам (в том числе и иностранным), достаточно строгие:

- наличие ранее полученных специальностей по садоводству, тепличным технологиям, сельскохозяйственным наукам, биологии или другим смежным дисциплинам;
- предварительная проверка полицией на предмет возможной будущей аккредитации в плане работы с каннабисом;
- тестирование на владение английским языком (для иностранцев);
- ограничение по возрасту: с 19 лет.

Школы канна-фермерства открыты и в некоторых европейских странах. Так в Италии, в 2017 году открылись классы по повышению квалификации, ориентированные на действующих сельскохозяйственных производителей и направленные на подъем развивающегося сегмента, канна-рынка.

Программа обучения содержит следующие направления:

- Концепция hemp-сырья для современных перерабатывающих предприятий; hemp-биокompозиты: 3D-технологии, костробретон, биоархитектура;
- история;
- каннабиноиды и прочие вещества, получаемые из каннабиса;
- агро-технологии в разведении растения. Канна-садоводство и канна-цветоводство;
- основы бизнес-планирования;
- интегрирование результатов изысканий медицинской марихуаны в фармакологию и индустрию питания. ТГК (тетрагидроканнабинол) и КБД (кортикобазальная дегенерация) в медицине;
- пищевой конопли. Соцветия и эфирные масла в алкогольных и безалкогольных напитках;
- способы переработки hemp-волокна;
- особенности семян и свойства семенного фонда;
- использование информационных технологий для продвижения канна-продукции;
- правовые основы, регламентирующие канна-фермерство.

Во многих высших учебных заведениях ведутся разработки по изучению свойств «травы», нацеленные на внедрение новых продуктов в hemp-индустрию и усовершенствование имеющихся технологий. К участию в этих исследованиях привлекаются и

рядовые студенты, получающие в ходе изыскательной работы необходимые знания [3] (рисунок 1).

	ВУЗ Южного Уэльса «Страны Оз», расположенный в г. Рэндвик, на базе 69 исследовательских центров занимается разработками применения канна-сырья в здравоохранении, инженерии и биотехнологиях
	Институт Южного Креста Австралии, дислоцированный в г. Лисмор, также занимается экспериментальными разработками в области hemp. Кроме того в его собственности находится порядка двух гектаров, отведенных под засев марихуаны
	Французский университет Франш-Конте разрабатывает проект по созданию из hemp-волокна разного рода биоматериалов для автопрома, самолетостроения, гражданского строительства и «Hi-Fi»
	Государственный Бременский университет Германии – разрабатывает систему мониторинга, позволяющую оценивать качество конопляного волокна и методологию роста его качественных показателей (способы обработки почвы, минерализация земель, цикличность посевов и т.п.)
	Йоркский университет Великобритании разрабатывает методологию использования hemp-сырья (остатков волокна, костры и т.п.) в изготовлении био-этанола, биопластиков и прочих канна-материалов и применении их в ликероводочной и др. сегментах промышленности а также занят проблемой селекции особого высокомасличного сорта
	Частный некоммерческий Католический институт Святого Сердца, расположенный в Милане (Италия), на фундаменте сельскохозяйственного факультета проводит исследования семян cannabis

Рисунок 1 – Исследовательские канна-проекты в университетах мира

В российских вузах сегодня не предусмотрена специализация «Коноплеводство», но в ряде вузов, в том числе в Пензенской ГСХА, Ижевской ГСХА, РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева восстановлена подготовка кадров для АПК, магистры и аспиранты ведут серьезные исследования по селекции, агротехнике, экономике, переработке конопли. Увеличилось количество статей в научных изданиях, популярных материалов в Интернете.

Селекцию конопли продолжают вести два научных селекционных учреждения [1, 2]:

- среднерусского экотипа – в Пензенском НИИСХе,
- южного – в Краснодарском НИИСХе.

Научная работа ведется и по механизации отрасли – технологиям первичной и глубокой переработки пеньковолокна и созданию сельскохозяйственной техники по возделыванию конопли.

Активно сотрудничает с аграрными вузами компания «Коноплекс» и предоставляет площадку для прохождения учебной практики студентам старших курсов и аспирантам [4, 7].

Практическим опытом делятся ассоциации коноплеводов:

- АРКО «Ассоциация коноплеводов»;
- АгроПромышленная Ассоциация Коноплеводов.

Научно-производственное предприятие ООО «Экоконтроль» проводит:

- научные исследования в области технологии возделывания льна-долгунца, льна-масличного, технической конопли и эфиромасличных культур, их переработки, а также утилизации отходов;
- химический анализ воды, почвы, кормов, волокна, растительных масел, готовой растениеводческой продукции;
- семинары и учебные занятия по химической сертификации и методам оценки растительного сырья.

Организована первая в России образовательная платформа «Основы коноплеводства» для агробизнеса, переработчиков сырья, производителей и реализаторов товаров из конопли [5, 6].

В 2022 году открылась «Школа коноплеводов», где каждый может получить знания в сфере коноплеводства, найти поставщиков и покупателей, партнёров, единомышленников. «Дом конопли» (г. Москва) запускает новые тематические специализированные мастер-классы и открытые лекции.

Выводы. Коноплеводство активно развивается по всему миру и создает повышенный спрос на соответствующие человеческие ресурсы на рынке труда. Российские вузы совершенствуют образовательную базу и создают платформы открытого образования в области аграрных наук по направлению «Коноплеводство» для широкого круга заинтересованных лиц. Университеты также имеют возможность сформировать инфраструктуру для

индивидуального и группового сельскохозяйственного консультирования по данной тематике, включая экономические, маркетинговые и юридические знания. Необходимость образования, способного поднять на нужный уровень развития отрасль коноплеводства понимают и стремятся все для этого сделать.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белопухов, С. Л. Отдельная панельная дискуссия по коноплеводству в рамках деловой программы Всероссийского дня поля-2021 / С. Л. Белопухов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.rosflaxhemp.ru/vystavkikonferentsii.html/id/4570?ysclid=1tphwi7xwd276723038.
2. Руденко, В. Е. Мировой рынок производства конопли / В. Е. Руденко, Т. И. Ашмарина // Управление рисками в АПК. – 2023. – № 4 (50). – С. 27-33.
3. Хоружий, Л. И. Перспективы развития коноплеводства / Л. И. Хоружий, Т. И. Ашмарина // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 3. – С. 50-55.
4. Эффективность выращивания конопли / Т. И. Ашмарина, Т. В. Бирюкова, Н. Н. Малова, Ю. О. Гребенькова // Известия Международной академии аграрного образования. – 2021. – № 54. – С. 80-84.
5. Бирюкова, Т. В. Стратегическое планирование деятельности АПК как основа конкурентоспособности организации / Т. В. Бирюкова, Е. В. Энкина, Т. И. Ашмарина // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1. – С. 87-97.
6. Сергеева, Н. В. Стимулирующая роль диверсификации в организации аграрного производства / Н. В. Сергеева, Т. И. Ашмарина // Международный научный журнал. – 2018. – № 3-4. – С. 7-17.
7. Маркетинг в агропромышленном комплексе : учебник и практикум / Н. Г. Володина, С. В. Гузий [и др.]. – 1-е изд. – М. : Издательство Юрайт, 2017. – 314 с.

Об авторе:

Руденко Владимир Евгеньевич, аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

About the author:

Vladimir E. Rudenko, post-graduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Научное издание

ЧТЕНИЯ
АКАДЕМИКА
В. Н. БОЛТИНСКОГО

Сборник статей

Материалы издаются в авторской редакции

Подписано в печать 17.03.2024. Формат 60×90/16.
Усл.-печ. л. 17,06. Тираж 100 экз.

Заказ № 98153

Отпечатано в типографии «OneBook.ru»
ООО «Сам Полиграфист»
129090 г. Москва, Протопоповский пер., 6
www.onebook.ru