

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



*Международная научно-практическая конференция,
посвященная 25-летию кафедры
«Техническая эксплуатация транспорта»
«Перспективы развития технической эксплуатации
мобильной техники»*

15 октября 2025 года

УДК: 629(082)
ББК: 39я43
П - 278



Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», 15 октября 2025 года. – Рязань: Издательство Рязанского государственного агротехнологического университета, 2025. – 120 с.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель:

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

Сопредседатель:

Борычев С.Н. – д.т.н., профессор, первый проректор, заведующий кафедрой строительство инженерных сооружений и механика, ФГБОУ ВО РГАТУ, РФ

Члены оргкомитета:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

В сборник вошли доклады Международной научно-практической конференции «Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники», посвященной 25-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта».

Рецензируемое научное издание.

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

Содержание

Секция: Пути совершенствования конструкций сельскохозяйственной и транспортной техники	4
<i>Филюшин О.В., Юмаев Д.М., Колотов А.С.</i> Тенденции и объёмы производства картофеля в разных государствах.....	4
<i>Ушанев А.И., Филюшин О.В., Шамбазов Е.А.</i> Методы и технические средства современного картофелехранения.....	10
<i>Юмаев Д.М., Колотов А.С., Филюшин О.В., Шамбазов Е.А.</i> Транспортные средства в АПК для уборки и перевозки клубней картофеля.....	16
<i>Юмаев Д.М., Ушанев А.И., Филюшин О.В.</i> Навигационные системы для транспортных средств.....	20
<i>Филюшин О.В., Колотов А.С., Ушанев А.И.</i> Конструкция и принцип действия активных подкапывающих рабочих органов.....	26
<i>Юмаев Д.М., Филюшин О.В., Ушанев А.И.</i> Разновидности уборочных машин в сельском хозяйстве.....	34
<i>Ушанев А.И., Филюшин О.В., Успенский И.А., Колотов А.С.</i> Повышение производительности картофелеуборочных машин за счёт модернизации сепарирующих элеваторов.....	40
<i>Филюшин О.В., Колотов А.С., Ушанев А.И.</i> Техника для механизированной уборки картофеля.....	46
<i>Шамбазов Е.А., Юмаев Д.М.</i> Обзор современных опрыскивателей в АПК.....	53
<i>Шамбазов Е.А., Юмаев Д.М.</i> Обзор современных средств для уборки картофеля.....	58
Секция: Актуальные вопросы инженерно-технического обеспечения предприятий АПК	63
<i>Шамбазов Е.А., Юмаев Д.М.</i> Современные полимерные материалы в АПК.....	63
<i>Шамбазов Е.А., Юмаев Д.М.</i> Анализ существующих средств для кормозаготовки.....	67
Секция: Техническая эксплуатация транспорта и сельскохозяйственной техники	72
<i>Колотов А.С., Ушанев А.И., Алексеев Д.А.</i> Влияние санкций на обслуживание автомобилей.....	72
<i>Фадеев И.В.</i> Повышение коррозионной стойкости и моющей способности средств для очистки машин с помощью боратных ингибиторов.....	77
Секция: Современные направления развития транспорта и дорожной инфраструктуры	82
<i>Суханов М.К., Сябро М.М., Трофименко В.Э., Лимаренко Н.В.</i> Уточнение признаков классификации способов организации транспортных сетей на основе теории графов.....	82
Секция: Строительство инженерных сооружений и гидромелиоративных систем	88
<i>Агальцов Н.В., Гаврилина О.П., Попов А.С.</i> Роль беспилотных летательных аппаратов в проведении мелиоративных мероприятий.....	88
<i>Щур А.С., Белозеров А.И., Зограбян Г.З., Гаврилина О.П.</i> Информационные технологии управления мелиоративными режимами почв.....	93
<i>Щур А.С., Кочеткова А.Н., Белозеров А.И., Ткач Т.С.</i> Моделирование движения влаги и солей в почвогрунтах при различных способах полива.....	99
<i>Чесноков Р.А., Борычев С.Н., Васин Д.А.</i> Оптимизация управления водными ресурсами при проектировании систем орошения для выращивания зерновых культур.....	104
<i>Щур А.С., Кочеткова А.Н., Маслова Л.А.</i> Организация эксплуатации в мелиоративных проектах.....	109
<i>Чесноков Р.А., Борычев С.Н., Ахмедов Н.С.</i> Управление в оросительных системах.....	114

УДК 631.356.01

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

ТЕНДЕНЦИИ И ОБЪЁМЫ ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ В РАЗНЫХ ГОСУДАРСТВАХ

Картофель, обладая высокой калорийностью, богатым витаминно-минеральным составом и генетической пластичностью, выполняет ключевую функцию в агропродовольственных системах многих стран. Этот клубнеплод служит не только краеугольным продуктом рациона для широких масс, но и стратегическим сырьём для перерабатывающей индустрии. Повсеместно, от интенсивных американских плантаций до хозяйств Океании, культура противостоит разнородным климатическим стрессорам, подтверждая универсальность.

Генетическая пластичность картофеля к разнородным агроклиматическим факторам обеспечивает его массовое потребление и культивирование приблизительно в 140 государствах планеты.

Картофель, будучи высокоурожайной клубненосной культурой, успешно культивируется на большинстве континентов — Азии, Африке и Европе, сохраняя статус стратегически ключевого элемента глобальной агропродовольственной системы.

Регионы Западной и Восточной Европы, обладая оптимальными агроклиматическими ресурсами и высокими агрохимическими параметрами почвенного профиля, результативно культивируют картофель, формируя особенно исключительную продуктивность. В частности, Бельгия, Нидерланды, Германия и Дания считаются передовыми агропромышленными хабами. Подобные метеоклиматические преимущества отмечаются на юге Британии, севере Франции, а также в Польше, Чехии и западных областях России, подтверждая их роль ведущих картофелеводов крупнейшего общеевропейского агропродовольственного кластера.

Резюмируя дискуссию о стратегической важности картофельной агрокультуры, следует подчеркнуть, что её глобальное внедрение и постоянная интеграция агротехники, селекции и фитосанитарных инноваций повышают качество и урожайную продуктивность данного востребованного овощного продукта.

Названные аспекты следует оценивать, учитывая значимость *Solanum tuberosum* для агробизнеса и глобальной продовольственной безопасности на макро уровне. [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11]

К началу 90-х XX столетия картофель окончательно утвердился как базовая культура мировой продовольственной безопасности. По данным 1994 года аграрная статистика зафиксировала, что совокупный валовый сбор клубнеплода приобрёл грандиозные масштабы. Посевные площади, отведённые под эту агрокультуру, достигали 18 миллионов гектаров. При этом европейский агропромышленный регион удерживал первенство, обеспечивая 61,6% мирового объёма продукции. Вклад азиатского континента и американского полушария оставался умеренным, равным 2,0% 10,8% соответственно. [14]

Российская Федерация энергично включилась в международную программу по наращиванию площадей под картофелем, резервируя порядка 3327 тыс. га. Однако, невзирая на масштабные агротехнические операции и обширный земельный фонд, средний урожай клубней оставался ниже общемировых ориентиров, достигая лишь 101 ц на гектар, что подтверждало отставание.

При том, что средний мировой показатель урожайности достиг 148 центнеров с гектара, иллюстрировал огромный резерв дальнейшего внутреннего прогресса агротехнических методов и повышения продуктивности земледелия Российской империи.

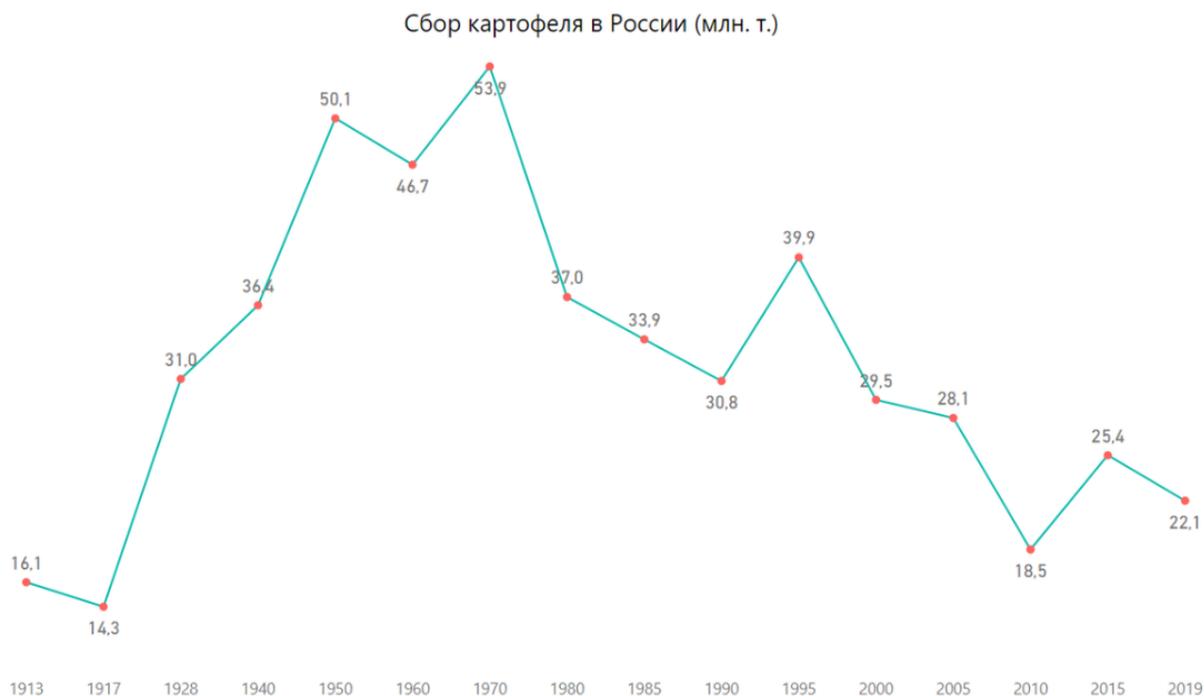


Диаграмма 1 – Урожайность картофеля в России, РСФСР и Российской Империи

Группа государств, традиционно позиционируемых как аграрные лидеры, на практике доказала, что селекционно-генетический ресурс и инновационный агротехнический инструментарий изучаемой культуры потенциально куда выше. Так, ещё в 1994 году Нидерланды зафиксировали урожайность 450 ц/га. Аналогично Франция, Германия, Дания и Великобритания стабильно получали

327, 316, 474 и 415 ц/га за каждый полный производственный вегетационный цикл посевов.

Ряд государств, традиционно рассматривавшихся как аграрные флагманы, убедительно доказал, что генетико-технологический потенциал данной культуры куда выше. Так, уже в 1994-м Нидерланды фиксировали рекордные показатели – продуктивность достигала 450 ц/га. Франция, Германия, Дания и Великобритания демонстрировали аналогично высокую отдачу: благодаря современным агротехнологиям и селекции, прецизионной фитотехники, точным управлением, 327, 316, 474 и 415 ц/га.

Рассматривая ретроспективу, становится очевидно, что увеличение урожайности занимало приоритетное положение в аграрной стратегии многочисленных государств разных периодов. Этот факт иллюстрирует, что инновационные агротехнические практики, включая селекционное улучшение, применение минеральных удобрений и управляемое орошение, активно внедрялись лидирующими державами, стимулируя экспоненциальный прирост валового сбора культур, например картофеля, прозванного «вторым хлебом». Указанные достижения подчеркивают решающую роль агротехнологий и систем земледелия в повышении плодородия и отраслевой отдачи [12,13,15,16,17].

На диаграмме под номером 2 представлена агростатистика мирового валового сбора картофеля. Лидерство по объемам культивации удерживает Азия с результатом 189,8 млн тонн, что эквивалентно 51 % глобального производства. Вторую позицию занимает Европа, собирающая свыше 107,2 млн тонн (29 %), далее следует Америка с выходом более 45 млн тонн (12 %). Завершают рейтинг Африка и Океания, получающие соответственно 26,5 млн тонн (7 %) и 1,7 млн тонн (1 %).

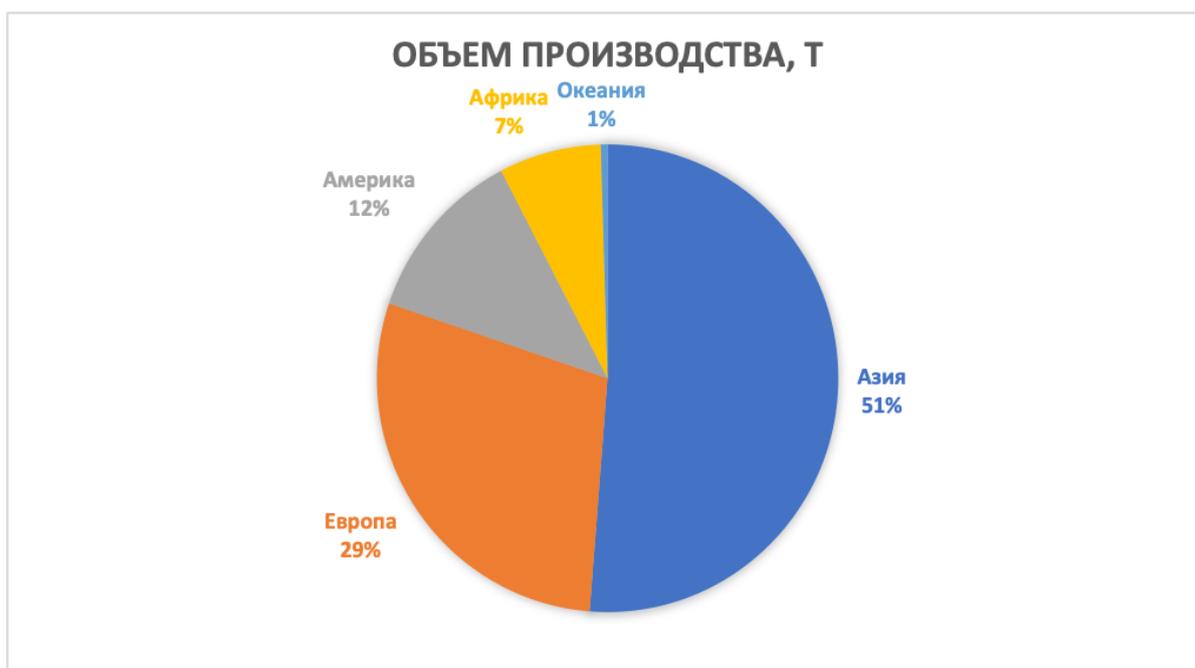


Рисунок 2 – Мировой объем производства картофеля

Картофель издавна относится к трудоёмким культурам при механизированной или ручной уборке в аграрном производстве. В агропромышленном секторе культура сталкивается с низкой урожайностью и задержкой внедрения передовых агрономических и современных биотехнологических технологий.

Ключевым считается внедрение инновационных картофелеуборочных комбайнов, оптимизирующих агротехнологические процессы и радикально увеличивающих продуктивность уборки клубней картофеля [19].

В текущем агропромышленном производстве ключевым фактором остаётся ресурсосберегающая механизация, особенно совершенствование исполнительных органов картофелеуборочных машин. Для роста выработки и минимизации засорённости клубней требуется системный, параметрически ориентированный анализ режимов работы и интеграция цифровых и роботизированных технологий. Такой подход обеспечивает максимизацию отдачи и надёжности в комплексе полевых операций [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

Совершенствование рабочих органов агротехнологий ориентировано на интеграцию передовых инженерных решений и модернизацию действующих систем, повышая эффективность сельскохозяйственных агрегатов машино-тракторных комплексов и продуктивность культур, особенно картофеля, на всех стадиях производства.

Библиографический список

1. Старовойтов, В. И. Инновационные грядовые технологии и технические средства для возделывания картофеля и топинамбура / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова // Земледелие. – 2015. – № 7. – С. 40-42.

2. Патент № 2554452 С1 Российская Федерация, МПК А01D 21/00. Картофелекопатель : № 2014111191/13 : заявл. 24.03.2014 : опубл. 27.06.2015 / Н. В. Бышов, И. Б. Тришкин, Д. Н. Бышов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

3. Патент на полезную модель № 184623 U1 Российская Федерация, МПК А01М 5/04. Машина для защиты посадок картофеля от колорадского жука и его личинок : № 2018114559 : заявл. 19.04.2018 : опубл. 01.11.2018 / Н. В. Бышов, В. Д. Липин, М. Ю. Костенко [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

4. Патент на полезную модель № 171425 U1 Российская Федерация, МПК А01D 17/00. Картофелекопатель : № 2016117955 : заявл. 04.05.2016 : опубл. 31.05.2017 / Н. В. Бышов, В. Д. Липин, Д. Н. Бышов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ).

5. Старовойтов, В. И. Влияние сочетания высокоточного внесения минеральных удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество клубней картофеля / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2014. – № 2(62). – С. 38-41.

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

7. Патент на полезную модель № 193862 U1 Российская Федерация, МПК А01М 5/04. Машина для защиты посадок картофеля от колорадских жуков и его личинок : № 2019113636 : заявл. 30.04.2019 : опубл. 19.11.2019 / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, В. Д. Липин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

8. Старовойтов, В. И. Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура - вектор развития новых продуктов питания / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции : сборник статей по материалам III научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского государственного аграрного университета, Краснодар, 20 марта 2017 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 606-614.

9. Пути повышения пищевой ценности картофеля / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, Н. В. Воронов [и др.] // Агротехнологии XXI века : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 85-летию основания Пермской ГСХА и 150-летию со дня рождения академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, 11–13 ноября 2015 года / Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова. Том Часть 4. – Пермь: ИПЦ Прокрость, 2015. – С. 48-53.

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

11. Патент на полезную модель № 102171 U1 Российская Федерация, МПК А01В 76/00. Устройство для гашения энергии падающих клубней плодов картофеля : № 2010124021/21 : заявл. 11.06.2010 : опубл. 20.02.2011 / К. С. Беркасов, С. Н. Борычев, Н. В. Бышов [и др.] ; заявитель ФГОУ ВПО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева.

12. Патент на полезную модель № 96547 U1 Российская Федерация, МПК В62D 1/00. Прицепное транспортное средство для перевозки сельскохозяйственных грузов : № 2010100253/22 : заявл. 11.01.2010 : опубл. 10.08.2010 / Д. В. Безруков, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.] ; заявитель ФГОУ ВПО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева.

13. Патент на полезную модель № 95960 U1 Российская Федерация, МПК А01D 33/08. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей : № 2010106584/22 : заявл. 24.02.2010 : опубл. 20.07.2010 / Р. В. Безносюк, Д. Н. Бышов, Г. К. Рембалович [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

14. Патент на полезную модель № 161488 U1 Российская Федерация, МПК В60R 9/00, В60P 1/00. Навесное перегрузочное устройство для самосвального кузова транспортного средства : № 2015145901/11 : заявл. 26.10.2015 : опубл. 20.04.2016 / О. В. Филюшин, А. А. Полункин, А. А. Голиков [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ).

15. Патент № 2245011 С1 Российская Федерация, МПК А01D 33/08. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей : № 2003113825/12 : заявл. 12.05.2003 : опубл. 27.01.2005 / С. Н. Борычев, Г. К. Рембалович, И. А. Успенский ; заявитель Рязанская государственная сельскохозяйственная академия имени проф. П.А. Костычева.

16. Повышение эффективности внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции / А. А. Голиков, О. В. Филюшин, Н. В. Лимаренко [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 429-439.

17. Выращивание миниклубней картофеля и топинамбура в условиях водно-воздушной культуры с использованием искусственного освещения / О. С. Хутинаев, В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова [и др.] // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2018. – № 4(86). – С. 7-14.

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

МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СОВРЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЕХРАНЕНИЯ

Технологии и приемы возделывания картофеля играют ключевую роль в фермерстве, обеспечивая долгосрочное сохранение урожайности и качественных характеристик клубней.

Настоящий обзор рассматривает передовые методики и средства складского хранения картофеля, одновременно освещая динамику их эволюции.

Современные технологии и научные разработки в сфере хранения картофеля сосредоточены на оптимизации качества клубней, пролонгации лежкоспособности и роботизации технологических процессов картофелехранилищ.

Для хранения картофеля требуются оптимальные микроклиматические условия:

Сохранность урожая, клубней картофеля, обусловлена применением специализированных картофелехранилищ либо тарных модулей, способных поддерживать стабильный микроклимат с параметрами температуры и относительной влажности. Во избежание перекрёстной контаминации проводится детальная калибровка клубней по фракции и товарному состоянию.

Перед закладкой в камерные отсеки следует удостовериться, что продукция подсушена и освобождена от почвы, растительных остатков либо других адгезивных примесей. Складские объекты комплектуются рециркуляционной вентиляцией, автоматизированными датчиками климатки, а также инсектицидно-фунгицидными системами профилактики инфекционных и энтомологических поражений. Во время хранения необходимо систематически мониторить физиологическое состояние картофеля и, при появлении отклонений, задействовать корректирующие мероприятия, предотвращающие потерю массы, прорастание либо развитие фитопатогенов.

Современные схемы хранения картофеля предусматривают интегрированные технологии микроклимата, вентиляции и логистики. Назовём ключевые:

Стеллажное хранение: На вместительных агрохранилищах применение многоярусных рамных систем для картофеля рационализирует кубатуру склада и облегчает постоянный фитопатологический контроль клубней. Каркасы из древесины либо оцинкованной стали оснащены регулируемыми ярусами, принудительной аэрацией и встроенными датчиками влажности.

Сетчатые мешки: Данные тароупаковочные изделия обеспечивают аэрацию клубней, исключая конденсацию влаги и, как следствие, развитие

гнили и плесневых колоний. Одновременно они облегчают контроль, калибровку продукции.

Пластиковые контейнеры: они обеспечивают оптимальную вентиляцию, блокируют фотосинтетическое излучение, предохраняют клубни картофеля от механического и микробиологического воздействия.

Значимость исследования инновационных технологий хранения картофеля обусловлена множеством факторов:

Увеличение агропромышленных мощностей по индустриальному выращиванию картофеля: с ростом валового сбора возникает потребность в разработке передовых постуборочных методик и климатически адаптивных технологий его долгосрочного хранения.

Климатические изменения повышают частоту и силу засушливых периодов, вызывая водный стресс и снижение урожайности картофеля. Интеграция постуборочных систем с контролируемой атмосферой снижает серьезные агрометеорологические риски.

Стабилизация нормативов к потребительскому качеству: По мере роста притязаний покупателей уровень продукции выходит на приоритет, а технологическая логистика хранения картофеля также не исключается. Внедрение инновационных методов кондиционирования позволит удерживать идеальный температурно-влажностный режим, защищая вкус, аромат и физиологическую свежесть клубней, одновременно укрепляя их конкурентоспособность.

Экономический результат: Совершенствование технологий хранения картофеля снижает издержки постуборочной логистики и, соответственно, на всех этапах понижает конечную розничную стоимость продукта, делая его доступней массовым потребителям.

Стеллажное хранение столового картофеля представляет собой технологичное решение, обеспечивающее сохранность клубней, высокое качество и свежесть. Многоярусные конструкции позволяют компактно размещать большие партии продукции в ограниченном объеме. При выборе подходящего модуля важно предварительно калибровать клубни и подготовить их правильно. После уборки урожая необходимо провести досушку при активной вентиляции, подавляя развитие плесени и бактериального гниения. Оптимальный режим хранения предполагает температуру 5–8 °С и относительную влажность воздуха 80–90 %. Такие условия гарантируют товарный вид, вкус и массу клубней дольше.

Применение полимерных сетчатых мешков при складском хранении картофеля является одним из востребованных способов сохранения продукции. Сетчатая тара обеспечивает интенсивный воздушный обмен, сдерживая развитие фитопатогенов и механические травмы клубней. Мешки характеризуются малой массой и эргономикой при транспортировке и стеллажировании. Перед закладкой урожая требуется подсушить клубни, удалить почвенные остатки и иные включения. Очистив продукт, его фасуют по мешкам и ставят в прохладные, сухие помещения со стабильным, регулируемым микроклиматом и вентиляцией.

Применение полимерных контейнеров при складировании картофеля считается технологически оправданным. Такая тара предохраняет клубнеплоды от ударных нагрузок, капиллярного подсоса влаги и инвазии вредителей. К тому же модули просты в санитарной обработке: их быстро моют и применяют многократно. Клубни укладывают в короба, затем герметично фиксируя крышки. Чтобы продлить лёжку, клубни следует хранить при умеренном температурном режиме в сухом, тёмном, вентилируемом помещении с постоянным воздухообменом.

Режимы постуборочного хранения картофеля в многоформатных тарных системах стабильны: следует жёстко регулировать температурно-влажностный режим, сокращая усушки и сохраняя товарное состояние клубней до момента их реализации конечному потребителю.

С целью профилактики микробиального инфицирования корнеклубнеплодов и фитопатогенов применяют не только овощехранилища, но также комплексные агротехнологические мероприятия, обеспечивающие постуборочную сохранность продукции.

Рассмотрим постуборочные схемы сохранности картофеля:

Использование инертного песка при складском хранении картофеля гарантирует продолжительную сохранность качества клубней: их укладывают в тару, присыпают слоем субстрата и содержат в прохладном помещении.

Глиняное обволакивание клубней картофеля: посадочный материал окунают в водную суспензию глины, сушат, хранят прохладно; образующаяся пленка минимизирует трансэпидермальное испарение влаги и ингибирует фитопатогенные микроорганизмы.

Хранение клубней картофеля в древесной золе: адсорбент улавливает излишнюю влагу, подавляя фитопатогенную микрофлору. Корнеплоды укладывают в тару, пересыпая сухой золой, предотвращая гниение.

Засыпка клубней картофеля кварцевым песком признана одним из проверенных способов консервирования органолептических свойств и пищевой ценности клубнеплода. Минеральный субстрат стабилизирует температуру и относительную влажность, препятствуя гнилостным процессам и преждевременному пробуждению глазков. Перед помещением урожая следует аккуратно удалить почву, отсортировав травмированные либо инфицированные фитопатогенами экземпляры. Далее клубни провяливают, выдерживая их на сквозняке несколько часов до охлаждения. Для закладки используют обеззараженный сухой речной песок без глинистых агломератов; его просеивают, отделяя крупные фракции, и прокалывают при 200°C, устраняя патогенную микрофлору и вредителей. Остывший увлажнённый песок распределяют по дну ящика, затем формируют слой клубнеплодов, пересыпая их субстратом и повторяя операцию до заполняемости тары. Финишный слой делают массивнее, обеспечивая барьер от колебаний температуры и воздействий. В качестве альтернативы применяется глиняная обмазка: этот коллоидный материал, обладая высокой сорбционной ёмкостью, стабилизирует влажностный режим, блокирует свет и кислород, продлевая лёжку. Дополнительно применяют древесную золу, отличающуюся

гигроскопичностью и мягким антисептическим действием; перед закладкой порошок просеивают. Клубни, запанированные в зольной пудре, укладывают в тару, что обеспечивает их пролонгированное хранение.

В картофелехранилищах также применяют транспортно-элеваторные агрегаты:

Базовый стационарно-мобильный элеватор обычно комплектуется ленточным транспортером с профилированными планчатыми шевронами, исключающими сползание картофельных клубней. Ряд конфигураций предусматривает интеграцию сменной прямой либо криволинейной ленты, позволяющей адаптировать машину под подачу разнородных сыпучих агроматериалов, включая фуражное зерно. В стандартном оснащении имеется самоходное шасси с механизированной регулировкой высоты, задающей требуемый угол подъема и позволяющей смещать пункт разгрузки. Телескопические погрузчики с роторной функцией спроектированы для перемещения выдвижного стрелового вылета от одной стены склада к другой, обеспечивая равномерную укладку запасов. Поворот узла выполняется автоматически при возможности коррекции амплитуды траектории посредством стопорных пальцев, фиксирующих угловое положение рабочего органа. Машины уникальны не только кинематической роторностью, но и телескопической кинематикой, позволяющей гибко позиционировать точку высыпания по мере нарастания слоя. Многоступенчатое заполнение с формированием буферных «террас» защищает клубни от ударных повреждений, вызванных падением с высоты. Опция контроля дальности разгрузки, осуществляемая посредством выдвижения стрелы, минимизирует упомянутый риск. Поворотные стрелы обслуживают участки шириной до пятнадцати метров без перестановки элеватора, обеспечивая производительность загрузки до ста двадцати тонн в час, хотя в рассматриваемых версиях стрелы чаще остаются фиксированными и конструктивно не являются телескопическими. Аналогичные агрегаты используют гидропривод подъема рамы и датчики уклона.

Элеваторные системы в стационарных картофелехранилищах выполняют ключевую функцию, обеспечивая эргономичную, компактную и технологически безопасную эксплуатацию всего складского комплекса. Они оптимизируют логистику загрузки-выгрузки и, благодаря автоматизированному контролю температуры, гигрометрии, а также аэродинамической вентиляции, предохраняют клубни от механических повреждений. Интеграция таких механизмов существенно снижает эксплуатационные затраты, одновременно повышает объем и товарность урожая, тем самым напрямую увеличивая стабильную годовую прибыль.

Сегодня экономические, экологические и эксплуатационные факторы определяют векторы постуборочных инноваций в сфере длительного хранения сельхозпродукции, активизируя фундаментальные и прикладные исследования передовых методов и технологий контролируемой атмосферы для сохранения корнеплодов. Эти решения ориентированы на стабильность качества,

удовлетворяя запросы фермеров, логистов, дистрибьюторов и конечных потребителей.

Современные подходы к постгрузовой консервации клубней картофеля непрерывно эволюционируют, ориентируясь на сохранение фитосанитарной свежести и товарной массы на протяжении полного периода хранения. Дальнейший прогресс обусловлен усовершенствованием контрольно-атмосферных технологий, внедрением автоматизированных сенсорных мониторинговых сетей, использованием биоразлагаемой тарной тары, оптимизацией логистических потоков и совершенствованием профильной кадровой компетентности. Синергия перечисленного усиливает хранение, повышает качество конечной продукции и устойчиво поднимает отраслевые стандарты.

Библиографический список

1. Старовойтов, В. И. Инновационные грядовые технологии и технические средства для возделывания картофеля и топинамбура / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова // Земледелие. – 2015. – № 7. – С. 40-42.

2. Патент № 2554452 С1 Российская Федерация, МПК А01D 21/00. Картофелекопатель : № 2014111191/13 : заявл. 24.03.2014 : опубл. 27.06.2015 / Н. В. Бышов [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВПО "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

3. Патент на полезную модель № 184623 U1 Российская Федерация, МПК А01М 5/04. Машина для защиты посадок картофеля от колорадского жука и его личинок : № 2018114559 : заявл. 19.04.2018 : опубл. 01.11.2018 / Н. В. Бышов, В. Д. Липин, М. Ю. Костенко [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

4. Патент на полезную модель № 171425 U1 Российская Федерация, МПК А01D 17/00. Картофелекопатель : № 2016117955 : заявл. 04.05.2016 : опубл. 31.05.2017 / Н. В. Бышов [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

5. Старовойтов, В. И. Влияние сочетания высокоточного внесения минеральных удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество клубней картофеля / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина // Вестник ФГОУ ВПО "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2014. – № 2(62). – С. 38-41.

6. Патент на полезную модель № 193862 U1 Российская Федерация, МПК А01М 5/04. Машина для защиты посадок картофеля от колорадских жуков и его личинок : № 2019113636 : заявл. 30.04.2019 : опубл. 19.11.2019 / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, В. Д. Липин [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

7. Старовойтов, В. И. Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура- вектор развития новых продуктов питания / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции : сборник статей по материалам

III науч.-практ. конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского государственного аграрного университета, Краснодар, 20 марта 2017 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 606-614.

8. Пути повышения пищевой ценности картофеля / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, Н. В. Воронов [и др.] // Агротехнологии XXI века : Материалы Всероссийской науч.-практ. конференции с международным участием, посвященной 85-летию основания Пермской ГСХА и 150-летию со дня рождения академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, 11–13 ноября 2015 года / Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова. Том Часть 4. – Пермь: ИПЦ Прокрость, 2015. – С. 48-53.

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

10. Патент № 2454850 С1 Российская Федерация, МПК А01D 33/08. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей : № 2011105511/13 : заявл. 14.02.2011 : опубл. 10.07.2012 / В. А. Павлов [и др.] ; заявитель ФГОУ ВПО "РГАТУ" имени П.А. Костычева".

11. Инновационные решения уборочно-транспортных технологических процессов и технических средств в картофелеводстве / Г. К. Рембалович [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 1. – С. 23-25.

12. Старовойтов, В. И. Развитие массового возделывания топинамбура – предпосылки для улучшения экологии / В. И. Старовойтов, Н. В. Воронов, О. А. Старовойтова // Международный агроэкологический форум : Материалы Международного агроэкологического форума: в 3-х томах, Санкт-Петербург, 21–23 мая 2013 года / Международный Научный комитет. Том 2. – Санкт-Петербург: Государственное научное учреждение Северо-Западный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук, 2013. – С. 135-141.

13. Повышение эффективности внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции / А. А. Голиков [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 429-439.

14. Towards Blockchain-Based Robonomics: Autonomous Agents Behavior Validation / K. Danilov, R. Rezin, I. Afanasyev, A. Kolotov // 9th International Conference on Intelligent Systems 2018: Theory, Research and Innovation in Applications, IS 2018 - Proceedings : 9, Theory, Research and Innovation in Applications, Funchal - Madeira, 25–27 сентября 2018 года. – Funchal - Madeira, 2018. – P. 222-227.

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

*Юмаев Д.М., канд. техн. наук,
Колотов А.С., канд. техн. наук,
Филюшин О.В., канд. техн. наук,
Шамбазов Е.А., студент 1 курса магистратуры
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА В АПК ДЛЯ УБОРКИ И ПЕРЕВОЗКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Картофель стоит в ряду ключевых агрокультур не только в России, но и глобально. Отведено под его посевы свыше 1.3 миллиона гектаров российской земли, при этом годовой урожай превышает 31 миллион тонн.

Культивация картофеля требует значительных затрат труда, главным образом по причине отсутствия достаточного количества современной механизации во время сбора урожая. Большая часть используемых на данный момент картофелеуборочных машин не отвечает текущим стандартам, что приводит к замедлению работы и повышению затрат труда. Для повышения производительности необходимо сосредоточиться на проработке и интеграции передовых технологий механизации. Важно проанализировать методы и структуру функционирования интегрированных подрыхляющих агрегатов.

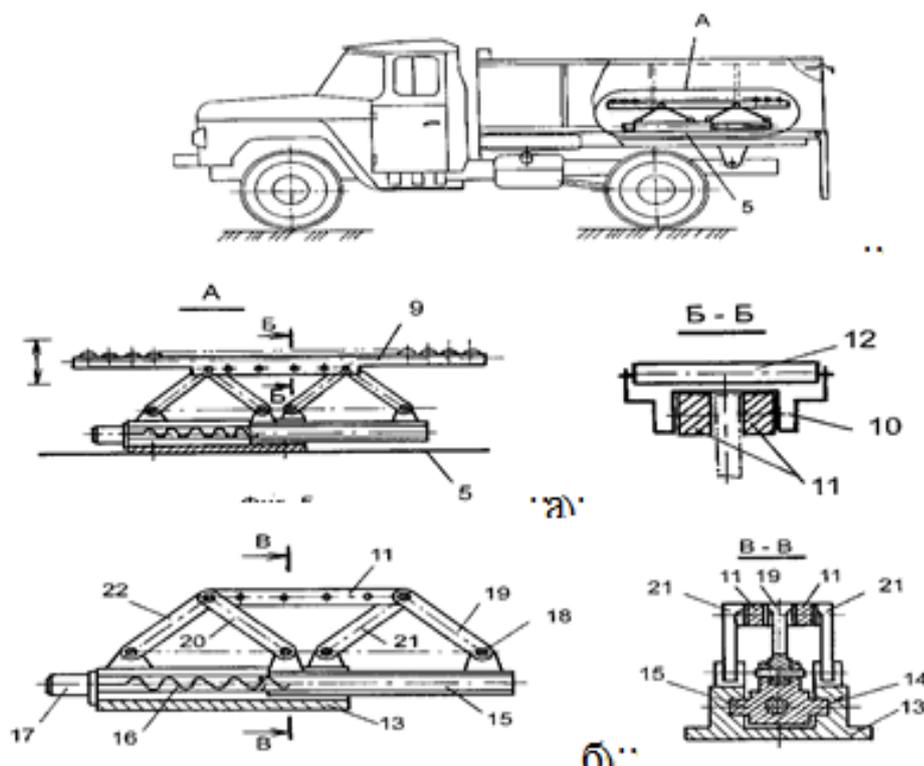


Рисунок 1 – Картофелеуборочный комбайн Dewulf Kwarto

Картофелеуборочный комбайн Grimme Testron 410/415, представленный на рисунке 1, эффективно справляется с уборкой картофеля на разнообразных

типах почв от легких песчаных до тяжелых глинистых. Эта модель оснащена системой, минимизирующей примеси почвы при загрузке урожая в вместительный бункер на 10 тонн или напрямую в транспортные средства. В полевых условиях комбайн обеспечивает высокую эффективность не только в плане добычи, но и очистки картофеля, что значительно повышает качество готовой продукции.

Этот комбайн способен работать в условиях, недоступных для других моделей. Благодаря оснащению гусеницами, он минимизирует уплотнение почвы. Эффективная сборка урожая возможна даже при неблагоприятных метеорологических условиях.



а) вид сверху: фрагмент А и разрез Б-Б; б) параллелограммный механизм: продольный разрез и разрез В-В 5 – рама автомобиля, 9 – рольганг, 10 – открытый ступенчатый профиль, 11 – несущая общая тяга, 12 – ролики; 13 – общее основание (корпус); 14 – направляющие; 15 – ползун; 16 – ходовой винт; 17 – привод; 18 – шарниры; 19, 20, 21, 22 – звенья;
Рисунок 2 – Схема навесного перегрузочного устройства для автомобиля в рабочем положении с рольгангом для перемещения груза

В российском аграрном секторе применяют специализированные модули, усовершенствующие возможности сельскохозяйственной техники за счет эффективной перегрузки грузов. Важно отметить, что такие устройства имеют ограничения и предназначены специально для манипуляций с сыпучими материалами.

Применение быстроръемного перегрузочного устройства и рольганга на автотранспорте повышает эффективность обработки грузов. Это способствует уменьшению затрат времени на погрузочно-разгрузочные операции и упрощает

процесс горизонтальной перевозки товаров, минимизируя тем самым длительность ожидания транспортного средства.

На заводе в Töging, который является частью корпорации Fliegl Agrartechnik GmbH, было анонсировано современное разработку под названием "Электронное управление силой 2010", предназначенное для агропромышленного сектора. Эта система обеспечивает точный контроль за сельскохозяйственной техникой, как на автомобильных трассах, так и в условиях поля, гарантируя стабильность и адаптивность в эксплуатации. Решение предоставляет возможность удобного управления агротехникой даже в условиях ограниченного пространства, что делает его незаменимым атрибутом для современных аграрных предприятий.



Рисунок 3 – Тракторный поезд с системой электронного принудительного подруливания „ForCon“

В современных аграрных операциях активно используются тяжеловозные прицепы для работы с высокоэффективной сельскохозяйственной техникой.

Хотя существует масса преимуществ, важно подчеркнуть один существенный минус: высокие инерционные силы могут вызвать ущерб грузу во время ускорения и замедления.

Библиографический список

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

2. Выращивание миниклубней картофеля и топинамбура в условиях водно-воздушной культуры с использованием искусственного освещения / О. С. Хутинаев, В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова [и др.] // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный

агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2018. – № 4(86). – С. 7-14.

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

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

5. Повышение эффективности внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции / А. А. Голиков, О. В. Филюшин, Н. В. Лимаренко [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 429-439.

6. Towards Blockchain-Based Robonomics: Autonomous Agents Behavior Validation / K. Danilov, R. Rezin, I. Afanasyev, A. Kolotov // 9th International Conference on Intelligent Systems 2018: Theory, Research and Innovation in Applications, IS 2018 - Proceedings : 9, Theory, Research and Innovation in Applications, Funchal - Madeira, 25–27 сентября 2018 года. – Funchal - Madeira, 2018. – P. 222-227.

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

8. Снижение загрязнений окружающей среды выбросами ДВС / И. А. Успенский, И. А. Юхин, А. С. Колотов, А. И. Ушанев // Сельский механизатор. – 2018. – № 2. – С. 4-5.

9. Колотов, А. С. Обоснование параметров почвозацепов дисков комбинированных подкапывающих органов картофелеуборочных машин : специальность 05.20.00 "Процессы и машины агроинженерных систем" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / А. С. Колотов. – Рязань, 2015. – 140 с.

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

11. Факторы обеспечения качества погрузочно-разгрузочных работ и транспортировки сельскохозяйственной продукции / К. А. Дорофеева, А. С. Колотов, И. Н. Кирюшин, С. В. Колупаев // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве :

Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России, Рязань, 26–27 апреля 2017 года / Министерство сельского хозяйства российской федерации; ФГБОУВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2017. – С. 101-105.

12. Колотов, А. С. Исследование работы модернизированного картофелекопателя / А. С. Колотов, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства : Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, Москва, 15–16 сентября 2015 года / Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. Том Часть 1. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2015. – С. 263-266.

13. Успенский, И. А. Обоснование рациональных параметров дисковых элементов подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин / И. А. Успенский, И. Н. Кирюшин, А. С. Колотов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 96. – С. 323-333.

14. Актуальные вопросы совершенствования картофелеуборочной техники / А. А. Симдянкин, М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 114. – С. 985-1000.

15. Старовойтов, В. И. Переработка картофеля экономически целесообразна / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова // Картофель и овощи. – 2008. – № 7. – С. 2-3.

УДК 656.052

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

НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Оптимизация городского транспорта становится приоритетной в мегаполисах, где эффективная маршрутная сеть и рациональное управление пассажиропотоками критичны для мобильности населения. Грамотное планирование мультимодальных узлов обеспечивает быстрый, удобный, эффективный доступ к урбанистическим центрам, формируя основу экологически устойчивой городской повседневной мобильности.

Результативное администрирование транспортных систем обуславливается приоритетом ресурсосберегающих, энергоэффективных технологий создания подвижного состава. Ради поддержания непрерывного трафика и повышения клиентского опыта необходимо точное мультимодальное балансирование между различными вариантами мобильности. Неотъемлема также интеграция параметров урбанистической среды и социодемографических предпочтений в разработку транспортной политики и устойчивых логистических кластеров развития.

Для повышения эффективности логистического управления муниципальным подвижным составом, обеспечивая его бесперебойную работоспособность и рост уровня обслуживания пассажиропотока, следует применять системно-интегрированный метод, неизменно акцентируя внимание на устойчивой эволюционной модернизации городской транспортной инфраструктуры.

Внедрение прогрессивных цифровых решений в сектор городского транспорта России выступает ключевым драйвером актуального урбанистического развития динамичного периода. Такой подход признаётся не только инструментом повышения способности и оптимизации трафика, но также концепцией создания эргономичного городского ландшафта для жителей. Достигается это синергией административных реформ с интеграцией ИТС, Big Data, навигации GPS и инновационных моделей управления общественным транспортом.

Перспективное развертывание GNSS-ориентированных телематических технологий спутникового мониторинга автотранспортных средств по всей Российской Федерации интенсифицируется в различных регионах. Подобные решения существенно оптимизируют процессы диспетчерского управления и логистического распределения трафика, улучшая клиентский сервис и повышая совокупное социально-экономическое благополучие. Интеграция указанных смарт-сити инструментов способствует созданию более безопасной, энергоэффективной городской среды, критически ускоряя модернизацию инфраструктуры, а также стимулируя развитие транспортной цифровой экосистемы страны.

Внедрение GPS/ГЛОНАСС-телематики и IoT-трекинга автомобильного парка стало стратегическим инструментом Fleet Management, направленным на оптимизацию мобильности в урбанистических агломерациях и на промышленных площадках. Подобная цифровая трансформация улучшила управление городскими и корпоративными логистическими потоками, одновременно снижая OPEX и повышая полезное использование транспортных средств и других подвижных активов парков.

Интеграция телематических систем GPS-мониторинга и датчиков контроля расхода топлива превратилась в базовый драйвер эволюции транспортно-логистических технологий. Подобные решения снижают эксплуатационные издержки автопарка и повышают KPI его производительности. Реальное время позиционирования и диспетчерский

контроль маршрутов составляют ключевые преимущества внедрения указанных инструментов в отрасли перевозок.

Рациональное использование спутниковых технологий ГЛОНАСС и GPS в интеллектуальных системах мониторинга транспорта служит фундаментальным фактором для высокоэффективного управления мультиканальными логистическими потоками и корпоративным автопарком различных типов техники. Указанные решения предоставляют операторам и диспетчерам детализированные телематические сведения, обеспечивая динамическую оптимизацию маршрутов, жёсткий контроль скоростных режимов и сокращение расхода топлива.

Интеграция телематических решений и IoT-датчиков служит приоритетной тактикой снижения совокупных эксплуатационных издержек автопарка и оптимизации процессов. Подобная цифровизация усиливает дорожную безопасность, задействуя GPS-мониторинг, и гарантирует точный учет транспорта, внедряя предиктивную аналитику, что повышает прозрачность эксплуатации и контроль показателей ТСО всех. В результате оптимизируются логистические цепочки, достигается eco-driving, а ресурсы расходуются рационально, обеспечивая устойчивую финансовую отдачу для бизнеса.

В условиях стремительного роста пассажиропотока и бурного развития цифровых технологий актуализируется модернизация алгоритмов диспетчеризации городской транспортной сети. Повысить её KPI позволяют внедрение ITS-платформ, GPS-навигации и телематических систем контроля данных и аналитики.

Интеграция интеллектуальной системы мониторинга эксплуатационного состояния муниципального автопарка на базе спутниковых навигационных технологий ГЛОНАСС либо интегрированного решения ГЛОНАСС/GPS обеспечит оперативное позиционирование, телеметрический контроль и адаптивное реагирование на колебания пассажиропотока, а также позволит проводить детальный ситуационный анализ для выявления резервов повышения пропускной способности улично-дорожной сети. Подобный инструмент повышает эффективность диспетчерского распределения подвижного состава и улучшает уровень транспортного обслуживания жителей благодаря точному, гибкому управлению городским трафиком.

Современные навигационно-телематические комплексы выходят за рамки простого определения координат подвижного состава; они одновременно усиливают транспортную безопасность, посредством проактивного мониторинга, оптимизируют графики рейсов и сокращают время ожидания пользователей. Синергия видеоаналитики, диспетчерских систем управления движением и интеллектуальных транспортных сервисов прогнозирует рост качества общественных перевозок, предоставляя жителям мегаполисов более комфортную и устойчивую мобильность.

Повышение уровня транспортной безопасности и оптимизация функционирования логистической системы перевозок представляют важную задачу, требующую интегрированного риск-ориентированного подхода. Внедрение стратегий комплаенс-контроля и цифрового мониторинга процессов

грузоперевозок и качества предоставляемых логистических услуг неизбежно способствует не только укреплению безопасности транспортного пространства, но и стимулирует рационализацию управленческих процедур при целевом использовании ресурсов.

Интеграция телеметрической платформы мониторинга и диспетчеризации подвижного состава Locatrans в сквозные корпоративные процессы выступает стратегическим рубежом: решение не только усиливает прозрачность логистических операций предприятия, но и гарантирует безопасность пассажиров и грузов, обеспечивая оперативное детектирование и локализацию рисков аварийных ситуаций киберугроз путем Big Data аналитики алертирования либо форс-мажоров.

Для успешной реализации стратегических целей необходимо фокусироваться не только на корпоративной дисциплине экипажа, но и на пресечении несанкционированной эксплуатации автопарка в частных интересах. Укрепление культуры ответственности персонала и комплексный трекинг их активности определяют безопасность и производительность процессов. Интеграция телематических информационно-логистических платформ управления позволит повысить операционные KPI и снизить вероятные риски и поддержать нормативное соответствие.

Для роста эффективности транспортной инфраструктуры принципиально не только минимизировать расход топливно-энергетических и смазочных ресурсов, но и сокращать холостой пробег подвижного состава: такие меры уменьшают углеродный след, повышают логистическую продуктивность и существенно снижают эксплуатационные затраты.

Устойчивое развитие транспортной инфраструктуры обеспечивается внедрением интеллектуальных транспортных систем (ИТС), позволяющих пассажирам получать через мобильные приложения и API оперативные сведения о расписании, интервалах движения и текущей загрузке подвижного состава. Дополнительным драйвером модернизации служит подключение платформы ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС», оптимизирующее координацию с экстренными службами благодаря мгновенной трансляции телеметрии при ДТП, ускоряя реагирование на месте происшествия и снижая тяжесть возможных последствий.

Интеграция интеллектуальных транспортных систем и цифровых коммуникационных платформ в отрасль логистики значительно повысит безопасность движения, оптимизирует энергоресурсы, снизит антропогенный урон.

В условиях цифровой трансформации внедрение интеллектуальных транспортных систем для сокращения аварийности становится краеугольным компонентом стратегии повышения дорожной безопасности и комфорта поездок пассажиров. Оптимизация работы городского общественного транспорта и его энергоэффективность выдвигаются в число приоритетов профильных операторов. Интеграция IoT-датчиков и аналитики Big Data в сетевую инфраструктуру способствует существенному усилению диспетчеризации потоков и контроля подвижного состава.

Начав использовать инновационные телематические решения и интеллектуальные системы мониторинга, например GPS/ГЛОНАСС-трекеры и датчики уровня топлива, автотранспортные организации способны не только отслеживать координаты автобусов, троллейбусов и маршрутных такси, но и оптимизировать расписание рейсов, сокращая затраты горючего. Профессиональная диспетчеризация этих ресурсов помогает уменьшать расход энергоносителей, повышать дорожную безопасность и обеспечивать стабильное качество пассажирского сервиса, тем самым улучшая стандарты общественного транспорта и усиливая доверие клиентов к предоставляемым городским и междугородным современным транспортным услугам.

Интеграция интеллектуальных систем видеонаблюдения и сенсорных комплексов в транспортную инфраструктуру массового пользования служит базовой мерой не только укрепления техногенной и антитеррористической безопасности пассажиропотока, но и совершенствования бухгалтерии эксплуатационных расходов на жизненный цикл подвижного состава. Использование подобных цифровых решений, включающих аналитику больших данных и IoT-платформы, имеет высокий потенциал, как в гарантировании персональной защиты клиентов, так и в области оптимального диспетчерского управления муниципальными транспортными кластерами, что непосредственно уменьшает операционные издержки. Дополнительно прогресс модернизации контрольно-диагностических комплексов способствует улучшению городской экологии путем сокращения углеродных и токсичных выбросов транспортного сектора. Эти инициативы формируют здоровую, безопасную, экологически устойчивую среду, повышающую качество жизни горожан.

Библиографический список

1. Повышение эффективности внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции / А. А. Голиков, О. В. Филюшин, Н. В. Лимаренко [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 429-439.

2. Towards Blockchain-Based Robonomics: Autonomous Agents Behavior Validation / K. Danilov, R. Rezin, I. Afanasyev, A. Kolotov // 9th International Conference on Intelligent Systems 2018: Theory, Research and Innovation in Applications, IS 2018 - Proceedings : 9, Theory, Research and Innovation in Applications, Funchal - Madeira, 25–27 сентября 2018 года. – Funchal - Madeira, 2018. – P. 222-227.

3. Выращивание миниклубней картофеля и топинамбура в условиях водно-воздушной культуры с использованием искусственного освещения / О. С. Хутинаев, В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова [и др.] // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2018. – № 4(86). – С. 7-14.

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

5. Андреев, К. П. Внедрение в сфере пассажирских перевозок навигационных систем мониторинга / К. П. Андреев, В. В. Терентьев // Бюллетень транспортной информации. – 2017. – № 6(264). – С. 27-29.

6. Андреев, К. П. Разработка мероприятий по оптимизации городской маршрутной сети / К. П. Андреев, В. В. Терентьев, И. Е. Агуреев // Грузовик. – 2017. – № 8. – С. 6-9.

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

8. Применение интеллектуальных систем при организации автомобильных перевозок / И. Н. Горячкина, Н. М. Латышенок, В. В. Терентьев, О. А. Тетерина // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ - 2022) : сборник научных статей 14-й Международной научно-технической конференции, Курск, 18 ноября 2022 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 89-92.

9. Андреев, К. П. Повышение качества обслуживания населения / К. П. Андреев, В. В. Терентьев, А. В. Шемякин // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых- 2017 : Сборник научных статей 6-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах, Курск, 09–10 ноября 2017 года / Ответственный редактор А.А. Горохов. Том 4. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2017. – С. 31-33.

10. Терентьев, В. В. Применение интеллектуальных систем для снижения расхода топлива на автомобильном транспорте / В. В. Терентьев, А. В. Шемякин // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии : Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. Том Часть I. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 460-465.

11. Телематика на автомобильном транспорте / Е. А. Кондрашова, Г. А. Мертвищев, Г. К. Рембалович [и др.] // Теория и практика современной аграрной науки : Сборник IV национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 26 февраля 2021 года /

Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2021. – С. 584-586.

12. Повышение эффективности транспортного процесса / О. В. Терентьев, В. В. Терентьев, А. Б. Мартынушкин, А. В. Шемякин // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2022. – № 3(16). – С. 118-123.

13. Влияние интеллектуальных систем на безопасность дорожного движения / А. В. Шемякин, Г. К. Рембалович, В. В. Терентьев [и др.] // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития : Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: РГАТУ им. П.А. Костычева, 2022. – С. 311-316.

14. Преимущества внедрения интеллектуальных систем на автомобильном транспорте / И. Н. Горячкина, О. А. Тетерина, В. В. Терентьев, А. В. Шемякин // Инженерные решения для АПК : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 83-летию со дня рождения профессора Анатолия Михайловича Лопатина (1939-2007), Рязань, 16 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 220-224.

15. Внедрение технологий Big data в транспортной логистике / А. В. Шемякин, В. В. Терентьев, Г. К. Рембалович, А. Б. Мартынушкин // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации, Рязань, 22 декабря 2022 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» Автодорожный факультет. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 25-32.

УДК 63:631.3

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

КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АКТИВНЫХ ПОДКАПЫВАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Во второй половине XX века, начиная с 1956-го, ведущие конструкторы ВИСХОМа Г.Д. Петров, А.А. Сорокин и Г.Г. Кусов активизировали фундаментальные и прикладные исследования в сфере проектирования агромеханических средств. Учёные сосредоточились на расчёте, компьютерном

моделировании, стендовых и полевых испытаниях прогрессивных вибрационных подкапывающих агрегатов, предназначенных для высокопроизводительной механизированной уборки клубнеплодных культур. Комплекс работ охватывал кинематический анализ, силовой расчёт, оптимизацию частоты и амплитуды колебаний, проверку устойчивости движения. Итогом стал эффективный рабочий орган — вибрационный лемех корытообразного профиля с перфорированным полотном, совершивший технологический прорыв отечественного агротехнического машиностроения, обеспечивший надёжный длительный ресурс эксплуатации.

В динамично развивающейся сфере агротехнологий очистки картофеля, новаторские инженерно-научные исследования обусловили появление прогрессивного компактного агрегата — активного почвообрабатывающего лемеха.

Этот передовой агрегат, выступающий в качестве основного режущего компонента колеблющегося сепаратора, гарантирует более эффективное отделение клубней от почвы. Главной задачей, которую решает этот инструмент, является минимизация объема перемещаемой земли в процессе вырезания грядок, что достигается благодаря инновационной конструкции лемеха.

Внедрение передовых технологических разработок в агропромышленный комплекс значительно повысило результативность труда и оптимизировало временные рамки сбора урожая. Исследовательская работа специалистов из ВИСХОМа стимулировала разработку инновационных картофелеуборочных машин, которые значительно снизили необходимый объем физической работы при уборке картофеля, а также улучшили качество собранной продукции.

Указанные инновации в области агротехники стали ключевой стадией эволюции механизации и роботизации сельскохозяйственного производства, открыв путь дальнейшим фундаментальным исследованиям и высокотехнологичным достижениям глобальной агроиндустрии.

В процессе прогрессивного агромашиностроения внедрение технологических новшеств оставалось определяющим фактором, чему примером стало создание вибрационного плуга с прямолинейным режущим органом. Данная важная конструкция была опробована в 1957-м на опытном агрегате К-1, существенно подняв производительность выкапывания картофеля. Указанная агротехническая система мягко рыхлила приклубневый слой, исключала инфицирование горизонтов растительными остатками и риски засорения, поддерживая агрофизические свойства грунта, оптимизируя влагорезим, пористость, капиллярность и газообмен корнеобитаемого пласта, микробиоту.

Интеграция вибрационных лемехов в агротехнологическую практику демонстрирует существенный прогресс в совершенствовании операций уборки клубней картофеля.

В результате целевого НИОКР, выполненного Всероссийским научно-исследовательским институтом сельскохозяйственного машиностроения (ВИСХОМ), достигнут значимый прогресс в создании энергоэффективных

средств механизированного выкапывания и сепарации клубней. К ним относятся картофелекопатели КВН-2, КВН-2М, КГ-2 и комбайн КГП-2, основанные на усовершенствованных виброгрохотах и динамически уравновешенных пальцевых конвейерах очистки грунта. Агрегаты обеспечивают технологический прорыв уборки картофеля.

Тем самым интеграция передовых агротехнических инноваций, включая установку вибрационного плуга-элеватора, осуществила радикальную модернизацию картофелеуборочного цикла. Подобные технологические достижения одновременно повысили производительность и снизили энергоёмкие трудозатраты, открывая дополнительные векторы прогресса отечественного агропромышленного сектора, а также укрепили потенциал ресурсосбережения и кооперации.

Вклад А.А. Сорокина в развитие аграрных наук заметен благодаря его теоретическим исследованиям, направленным на повышение эффективности агротехнической техники. Он особое внимание уделил исследованию процессов рыхления почвы клубнеплодов с применением колебательных плугов. Сорокин стремился к тому, чтобы оптимизировать характеристики плуга для минимизации затрат энергии при вспашке и одновременно защитить целостность урожая картофеля, что существенно упрощает его последующую обработку.

Стоит отметить, что вклад А.А. Сорокина в научное сообщество выражается через разработку обоснованной теории о перемещении почвы в направлении деятельности подкапывающих устройств. Его теоретические разработки заложили основу для формулирования ключевых принципов, которые позволяют определить оптимальные вибрационные кинематические параметры, направленные на увеличение производительности в агротехническом секторе.

Фундаментальные исследования и уточнённые корреляционно-регрессионные зависимости значительно повлияли на эволюцию агротехнологических систем, став краеугольными для оптимизации энергетической эффективности и минимизации эксплуатационных расходов в растениеводстве. Изыскания профессора А.А. Сорокина сформировали базис для модернизации аэродинамических методов и пневмоклининговых установок, повысив урожайность и сократив повреждения зерновой массы во всех последующих логистических и складских процессах.

Исследовательские труды А.А. Сорокина заметно углубили и модернизировали теоретические постулаты агротехники, оказывая значимое воздействие на агропромышленный сектор. Авторские изыскания не только оптимизировали прикладное использование агротехнологий, но и заложили основу инновационных агрономических исследований, акцентируя приоритет научно-методической базы при решении отраслевых задач, формируя ресурсосберегающие почвозащитные комплексные биотехнологические подходы.

В сфере динамического моделирования, ориентированного на агротехнические приложения, существенный вклад обеспечили исследования

А.А. Сорокина. Учёный сосредоточил внимание на диагностике механических колебаний вибрационного лемеха плуга, функционирующего как основной рабочий орган агрегата. Его методологическая концепция отличалась комплексностью, охватывая анализ спектра мод движения. Разработанная теория объединяла дифференциальные уравнения, описывающие деформацию слоя почвы как квазитвёрдого тела, и уравнения, характеризующие ответ лемеха при пахотном контакте с грунтом, учитывая трение, упругие свойства и диссипацию внутренней энергии системы.

Сорокин провел глубокий анализ двух типов движений плуга — осцилляторных и трансляционных, оценивая их влияние на общую эффективность работы плуга. В ходе формулирования своих научных тезисов, он опирается на некоторые базовые постулаты, которые упрощают сложные аспекты взаимодействия между инструментом и почвой. Эти базовые постулаты помогли в создании уравнения, которое описывает колебания вибрирующего плуга, учитывая его скорость и угол атаки режущего элемента. Постулированное Сорокиным уравнение принимает вид:

Выражение (1) определяет интервал, где должно располагаться значение квадратичной функции центростремительного ускорения $(\omega^2 r)$, при определённых условиях внутренних сил, где g обозначает ускорение свободного падения. Параметры (α) и (β) влияют на расчёты, модифицируя элементы формулы через косинус и синус, соответственно, с r — радиусом круговой орбиты. Применение тригонометрических функций и константы g в обеих частях неравенства осуществляет точный расчёт динамики вращательного движения в гравитационном поле.

Великая значимость и прорывной характер теории Сорокина вызвали интенсивный академический интерес, который стимулировал глубокую экспериментальную проверку её основ. В результате проведения ряда прикладных исследований учёные смогли эмпирически подтвердить правильность теоретических предположений автора.

Лабораторные эксперименты продемонстрировали совпадение прогнозируемых теоретической моделью величин с эмпирическими данными, подтвердив достоверность и прикладную значимость гипотез Сорокина.

Благодаря вкладу А.А. Сорокина в эволюцию агротехнических систем, прежде всего в исследование динамики вибрационных колебаний, достигнут прогресс в технологиях предпосевной обработки грунта. Его работы позволили разработать энергоэффективные агрегаты, включая плуги, тем самым повысив урожайность аграрного сектора.

Повышенный интерес К.И. Родин проявил к вибрационным плугам, рассчитанным на эффективную работу по мелиорированию торфяных грунтов. Исследователь подробно изучил кинематические параметры указанного агрегата и создал модернизированную модель, базируя разработку на результатах Центра машин и инструментов.

Он установил, что агротехническая производительность возрастает благодаря внедрению двухсекционного вибрационно-колебательного плуга корытообразной конфигурации, снабжённого периферийными режущими

уплотняющими дисками. Указанные округлые элементы диаметром 600 мм стали решающими для повышения эксплуатационной функциональности агрегата при разработке торфяно-болотных почв. Родин дополнительно инициировал амплитудно-частотный анализ вибрационных параметров рабочих плуговых ножей с целью дальнейшего совершенствования.

Уточнив результаты собственных экспериментов, К.И. Родин установил рациональные режимы эксплуатации вибрационного плуга. Исследователь отметил, что амплитуда колебаний исполнительного органа должна находиться в пределах 22–23 мм, а частота вынужденных вибраций поддерживаться на уровне 600–650 мин. Дополнительно подчёркнуто, что поступательная скорость агрегата 0.6–0.8 м/с обеспечивает максимальную агротехническую эффективность при сохранении устойчивости траектории обработки почвенного слоя и снижении энергозатрат на тяговый процесс во время работы.

Исследование, проведённое К.И. Родиным, ускорило эволюцию и квалитетическую оптимизацию агроинженерных агрегатов и технологического оборудования, применяемых при проведении агротехнических операций на торфяных почвах. Данный научно-технический прорыв повысил производительность процессов, открыв агропромышленному комплексу перспективы модернизации. Итоги работы Родина вдохновляют инженеров и учёных разрабатывать инновационные концепции и совершенствовать сельхозмашиностроение.

Продвинутое исследование по внедрению вибрационных технологий заметно ускорилось благодаря фундаментальным трудам И.В. Никулина. Его новаторские решения при конструировании вибрационных агрегатов, в частности резонансных плугов, заложили базу для глубокого анализа их динамико-кинематических характеристик. Никулин представил концепцию осево-колебательного режущего узла, повышающего общую эксплуатационную и технологическую эффективность, одновременно значительно снижая удельное энергопотребление при вспашке тяжёлых, разнотипных структур грунтов различной плотности и влажности почвы.

Исследования И.В. Никулина были посвящены формированию прогрессивных технологий минимизации тягового сопротивления сельскохозяйственных агрегатов. Учёный разработал кинематические модели влияния ангулярных автоколебаний на функциональный процесс работы плужного лемеха, показав, что их использование понижает сопротивление. На основе полученных данных он вывел расчетные дифференциальные уравнения тягового баланса активных плугов, существенно облегчив конструкторскую оптимизацию техники и повысив её энергоэффективность, эксплуатационную надёжность, производительность при обработке почвы.

Никулин детально анализировал амплитудно-частотные, динамические и резонансные характеристики колебаний, присущие подкапывающим рабочим органам агротехнических машин для почвообработки. Полученные выводы продемонстрировали их влияние на производительность и энергоёмкость сельскохозяйственной механизации, определив оптимальные параметры

разработки высокоэффективных плугов и прочих агроорудий земледельческих систем.

Экспериментальные данные Никулина эмпирически обосновали теоретические концепции высокой продуктивности микроирригационных систем при оптимальной ширине трубопроводов 40 см. Данное достижение существенно ускорило внедрение агротехнологических инноваций в производственном растениеводстве, усовершенствовав агротехнические приёмы и оборудование, обеспечив прорыв в агрономической науке, одновременно повысив коэффициент урожайности. Запрос на прецизионные решения в аграрном секторе стимулировал учёных к дальнейшему инженерному проектированию, и статистика Никулина подтверждает результативность модификаций.

В агропромышленном секторе существенный акцент делается на модернизации агротехнического парка, особенно уборочных комплексов для картофеля. Разнообразие современных почвообрабатывающих и подкапывающих технологий ограничивается рамками традиционных схем извлечения клубней с активно-пассивными рабочими органами. Это существенно корректирует энергоэкономические показатели эксплуатации сельхозагрегатов и обуславливает эффективность производственного цикла. Недостаточная адаптация технологий к агрофизическим свойствам почвы усугубляет показатели ресурсоёмкости, снижая урожайную отдачу и финансово-экономические результаты хозяйствующих субъектов.

В международных исследовательских консорциумах разработаны методы устранения проблем интеграции вибрационных технологий в сельскохозяйственную технику, что открыло расширенные перспективы для аграрного производства. Существенный теоретико-прикладной вклад в данный сегмент внес учёный Эгенмюллер. Его исследования обеспечили успешное определение оптимальных кинематических и частотно-амплитудных параметров виброактивных узлов сельхозмашиностроения. Практическая реализация этих настроек вибраций снижает паразитные инерционные нагрузки, минимизируя структурные напряжения и повышая долговечность агрегатов. Дополнительно Эгенмюллер сформировал математические модели, раскрывающие влияния поступательной скорости на резонансные характеристики, демпфирование и динамическую устойчивость колебательных систем машин.

Итоги проведённого эксперимента подчёркивают необходимость внедрения инновационных агротехнологий, включая вибрационные приводы, для оптимизации процессов механизированной уборки картофеля. Интеграция подобных решений трансформирует традиционные схемы возделывания сельхозугодий, повышая эксплуатационную производительность агромашин. Применение детально спроектированных вибросистем открывает возможности снижения энергозатрат в агропромышленном комплексе и наращивания выпуска растениеводческой продукции за счёт более бережной и интенсивной обработки почвенного слоя, что повышает агрофизические характеристики грунта и устойчивость урожая.

Библиографический список

1. Выращивание миниклубней картофеля и топинамбура в условиях водно-воздушной культуры с использованием искусственного освещения / О.С. Хутинаев [и др.] // Вестник ФГОУ ВПО "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2018. – № 4(86). – С. 7-14.
2. Повышение эффективности внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции / А. А. Голиков, О. В. Филюшин, Н. В. Лимаренко [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 429-439.
3. Towards Blockchain-Based Robonomics: Autonomous Agents Behavior Validation / K. Danilov, R. Rezin, I. Afanasyev, A. Kolotov // 9th International Conference on Intelligent Systems 2018: Theory, Research and Innovation in Applications, IS 2018 - Proceedings : 9, Theory, Research and Innovation in Applications, Funchal - Madeira, 25–27 сентября 2018 года. – Funchal - Madeira, 2018. – P. 222-227.
4. Дидманидзе, О. Н. Основные направления развития тягово-транспортных средств в АПК / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, А. М. Карев // Доклады ТСХА, Москва, 02–04 декабря 2014 года. Том 1. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.
5. Патент на полезную модель № 184623 U1 Российская Федерация, МПК А01М 5/04. Машина для защиты посадок картофеля от колорадского жука и его личинок : № 2018114559 : заявл. 19.04.2018 : опубл. 01.11.2018 / Н. В. Бышов, В. Д. Липин, М. Ю. Костенко [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".
6. Актуальные вопросы совершенствования картофелеуборочной техники / А. А. Симдянкин, М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 114. – С. 985-1000.
7. Кутыраев, А. А. Классификация органов первичной и вторичной сепарации / А. А. Кутыраев, И. А. Успенский // Инновационные решения в области развития транспортных систем и дорожной инфраструктуры, Рязань, 27 октября 2022 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» Автодорожный факультет Инженерный факультет. – Рязань: РГАТУ, 2022. – С. 272-278.
8. Требования к транспортировке картофеля / С. Н. Борычев, И. А. Успенский, Г. К. Рембалович, А. А. Кутыраев // Инновационные научно-технологические решения для АПК, Рязань, 20 апреля 2023 года. Том Часть II. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С. 422-431.
9. Основные технологии уборки картофеля и технологические схемы картофелеуборочных комбайнов / Г. К. Рембалович [и др.] // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных процессов в АПК :

Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина, Рязань, 24 мая 2023 года. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С. 55-60.

10. Колотов, А. С. Обоснование параметров почвозацепов дисков комбинированных подкапывающих органов картофелеуборочных машин : специальность 05.20.00 "Процессы и машины агроинженерных систем" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / А. С. Колотов. – Рязань, 2015. – 140 с.

11. Факторы обеспечения качества погрузочно-разгрузочных работ и транспортировки сельскохозяйственной продукции / К. А. Дорофеева, А. С. Колотов, И. Н. Кирюшин, С. В. Колупаев // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России, Рязань, 26–27 апреля 2017 года / Министерство сельского хозяйства российской федерации; ФГБОУВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Том Часть II. – Рязань: РГАТУ, 2017. – С. 101-105.

12. Колотов, А. С. Исследование работы модернизированного картофелекопателя / А. С. Колотов, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства : Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, Москва, 15–16 сентября 2015 года / Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. Том Часть 1. – Москва: ВНИИМСХ, 2015.

13. Успенский, И. А. Обоснование рациональных параметров дисковых элементов подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин / И. А. Успенский, И. Н. Кирюшин, А. С. Колотов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 96. – С. 323-333.

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

15. Развитие машинных технологий производства картофеля в России / С. С. Туболев, Н. Н. Колчин, К. А. Пшеченков [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 7. – С. 28-31.

16. Интеллектуальные технологии в оригинальном семеноводстве клубнеплодов : Аналитический обзор / Н. П. Мишуров, Т. А. Щеголихина, С. В. Жевора [и др.]. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2023. – 84 с.

17. Оптический полевой мониторинг в оригинальном картофелеводстве / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, В. И. Балабанов, А. А. Манохина // Наука в центральной России. – 2019. – № 6(42). – С. 91-99.

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

РАЗНОВИДНОСТИ УБОРОЧНЫХ МАШИН В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Картофель занимает ведущие позиции среди съедобных корнеплодов, уступая лишь пшенице и рису по мировым объемам потребления. Он представляет собой ключевой элемент в диете населения многих стран и значительно влияет на аграрный сектор экономики.

Эффективность выращивания картофеля ограничена факторами сбора урожая и потерями после сбора, что в результате снижает количество качественного картофеля, доступного для потребителей [1].

Следовательно, важно разрабатывать современные методы транспортировки и автоматизации агротехнических операций в области агрономии [2,4,5,6,7,8,9,10,15,17].

В процессе транспортировки картофеля крайне важно контролировать техническую исправность транспорта [11,12,14,16,].

Комплект оборудования для сбора картофеля обычно состоит из: устройства для измельчения ботвы [13], копателей картофеля, самоходных картофелеуборочных комбайнов с бункером-аккумулятором, картофелекопателей с функцией перегрузки, а также многофункционального экскаватора-формирователя гряд УКВ-2.

Робот-косилка RSK 2000 выполняет стрижку травы с использованием механической технологии.

Данная аппаратура обеспечивает эффективное извлечение надземных частей растений, как на возвышенностях междурядий, так и на плоскостях агроландшафтов.

Для обеспечения высокой эффективности работы ботводробителя, он оснащается разнообразными лезвиями, расположенными в спиральном порядке на протяжении всей рабочей ширины агрегата.

Машина для глубокой рыхления почвы под картофель, адаптируемая к разнообразным агроклиматическим условиям для культивации данного овоща, может работать совместно с тракторами разной мощности, преимущественно принадлежащими к 1.4 и 2.0 классам тяги, используя для этого независимый вал отбора мощности.

Картофелеуборочная техника. В период сбора урожая картофеля применяют специализированные агрегаты – картофелекопатели, задача которых заключается в аккуратном выкапывании и размещении клубней на поверхности земли для дальнейшего сбора.



Рисунок 1 – Ботвоудалитель навесной RSK 2000 в работе

Внутренние производители представили на рынок следующие модификации картофелекопателей: КТН-2, КТН-2Б (со ссылкой на изображение №2), КДН-2, КСТ-1.4.

Грохотные модели КВН-2, КВН-2М, КГ-2; швыряльные устройства - КТН-1Э, КТН-1.



Рисунок 2 – Картофелекопатель КТН-2Б в работе

Модель валкообразователя УКВ-2, изображенная на рисунке 3, позволяет обеспечить механизированный сбор клубней с применением как комбинированного, так и раздельного методов уборки. Данное оборудование

эффективно выполняет экстракцию клубней, одновременно раскладывая их между рядами по комбинированной схеме или создавая валки с клубнями, оставленными позади устройства, при этом возможна работа с двумя, четырьмя или шестью рядами по отдельному методу сбора урожая. В процессе формирования валков листья и стебли отделяются от клубней, что улучшает условия для их последующей переработки или хранения. Для достижения оптимальных результатов работы и соответствия агротехническим стандартам, включая параметры урожайности и влажности почвы, широко применяются специализированные картофелеуборочные комбайны.



Рисунок 3 – Универсальный копатель-валкообразователь

Картофелекопатели рекомендуются к применению на всех типах почв, включая суглинистые с влажностью до 27%, а также на почвах со средним уровнем загрязнения камнями до 6 тонн на гектар, с максимальным размером камней до 150мм.



Рисунок 4 – Функционирующий прицепной картофелеуборочно-погрузочный агрегат Grimme SE 150-60

Прицепные и самоходные картофелеуборочно-погрузочные машины широко используются в сельском хозяйстве. Они автоматически переносят собранный картофель в сопровождающее транспортное средство (см. рис. 4), устраняя необходимость в ручной сортировке посторонних элементов на сортировочном столе. Эта функция, как правило, выполняется с помощью комбайна, оснащённого бункером для временного хранения урожая.

Сельскохозяйственная техника делится на прицепные и самоходные агрегаты.

Картофелеуборочные комбайны комплектуются системами начальной и дополнительной очистки [3]. Специфической чертой этих агрегатов является наличие емкости для временного сбережения урожая картофеля.

По мере наполнения бункера осуществляется погрузка картофеля в транспортные средства для перевозки.



Рисунок 5 – Полунавесной картофелеуборочный комбайн элеваторного типа ККУ-2А



Рисунок 6 – Двухрядный картофелеуборочный комбайн КПК-2-01

В прошлом сбор урожая картофеля осуществлялся с использованием специализированной техники, включая модели картофелеуборочных комбайнов КПК-3, ККУ-2А, КПК-2-01 (см. рис. 5 и 6). Даже на сегодняшний день многие аграрные предприятия России продолжают эксплуатировать данные виды оборудования.

Библиографический список

1. Выращивание миниклубней картофеля и топинамбура в условиях водно-воздушной культуры с использованием искусственного освещения / О. С. Хутинаев, В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова [и др.] // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2018. – № 4(86). – С. 7-14.

2. Повышение эффективности внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции / А. А. Голиков, О. В. Филюшин, Н. В. Лимаренко [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 429-439.

3. Патент на полезную модель № 184623 U1 Российская Федерация, МПК А01М 5/04. Машина для защиты посадок картофеля от колорадского жука и его личинок : № 2018114559

4. Towards Blockchain-Based Robonomics: Autonomous Agents Behavior Validation / K. Danilov, R. Rezin, I. Afanasyev, A. Kolotov // 9th International Conference on Intelligent Systems 2018: Theory, Research and Innovation in Applications, IS 2018 - Proceedings : 9, Theory, Research and Innovation in Applications, Funchal - Madeira, 25–27 сентября 2018 года. – Funchal - Madeira, 2018. – P. 222-227.

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

6. Актуальные вопросы совершенствования картофелеуборочной техники / А. А. Симдянкин, М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 114. – С. 985-1000.

7. Основные технологии уборки картофеля и технологические схемы картофелеуборочных комбайнов / Г. К. Рембалович, И. А. Юхин, И. А. Успенский [и др.] // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных процессов в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина, Рязань, 24 мая 2023 года. – Рязань: Рязанский

государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 55-60.

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

9. Развитие машинных технологий производства картофеля в России / С. С. Туболев, Н. Н. Колчин, К. А. Пшеченков [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 7. – С. 28-31.

10. Интеллектуальные технологии в оригинальном семеноводстве клубнеплодов : Аналитический обзор / Н. П. Мишуров, Т. А. Щеголихина, С. В. Жевора [и др.]. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2023. – 84 с.

11. Оптический полевой мониторинг в оригинальном картофелеводстве / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, В. И. Балабанов, А. А. Манохина // Наука в центральной России. – 2019. – № 6(42). – С. 91-99.

12. Патент на полезную модель № 170887 U1 Российская Федерация, МПК А01D 17/22. Картофелекопатель : № 2017100178 : заявл. 09.01.2017 : опубл. 12.05.2017 / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, Д. Н. Бышов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

13. Патент № 2541384 С2 Российская Федерация, МПК А01D 33/08, А01D 19/04. Картофелеуборочная машина : № 2013125253/13 : заявл. 30.05.2013 : опубл. 10.02.2015 / Н. В. Бышов, И. Б. Тришкин, Д. Н. Бышов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВПО РГАТУ).

14. Патент на полезную модель № 195156 U1 Российская Федерация, МПК А01D 17/22, А01D 33/08. Картофелекопатель : № 2019124629 : заявл. 31.07.2019 : опубл. 16.01.2020 / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, В. Д. Липин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

15. Инновационные технологии и оборудование для сортировки и хранения картофеля : Аналитический обзор / В. Ф. Федоренко, В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова [и др.]. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2021. – 84 с.

16. Лабораторно-полевые исследования модернизированной ботвоуборочной машины БД-4М / М. Б. Угланов, О. П. Иванкина, А. С. Попов [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 78. – С. 403-412.

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

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН ЗА СЧЁТ МОДЕРНИЗАЦИИ СЕПАРИРУЮЩИХ ЭЛЕВАТОРОВ

Внедрение машин и оборудования значительно повышает производительность, но оно одновременно вызывает ряд сложностей, связанных с сохранением высокого качества урожая. Наибольшее распространение техника получила именно в процессе сбора урожая [1,2], который традиционно считается одним из самых трудоемких этапов в сельском хозяйстве. Ключевым моментом для обеспечения целостности и качества клубней является тщательная подготовка поля перед уборкой, а также правильная и своевременная настройка техники. Кроме того, важно выбирать методы сбора, оптимально подходящие для конкретных условий хозяйства, чтобы минимизировать повреждения продукции.

Наибольшее количество повреждений кожуры клубней картофеля возникает при их прохождении через сепарирующие механизмы [4] в уборочных машинах, а также во время выгрузки в транспорт и при перемещении по транспортерным системам в хранилища [3]. Картофелеуборочные комбайны [6] являются основными, хотя и не единственными средствами автоматизированного сбора урожая. Главная задача агротехников при сборе картофеля — найти баланс между противоречивыми требованиями к процессу уборки и техническими возможностями сельскохозяйственной техники.

В статье рассматриваются проектные и технические решения, направленные на улучшение процесса очистки картофеля при уборке. Особое внимание уделяется разработке сепарирующего узла, который позволяет значительно снизить повреждения клубней [10] за счёт более тщательного отделения почвы и растительных остатков. Одновременно с этим достигается высокая производительность техники, при которой картофель не вступает в контакт с твёрдыми деталями оборудования, что помогает минимизировать потери и сохранить качество продукции. Главная задача — повысить качество очистки картофеля перед его укладкой в контейнеры, обеспечивая при этом бережное обращение с клубнями.

В российском сельском хозяйстве перспективы развития связаны с увеличением производства картофеля, повышением качества продукции и оптимизацией затрат на её выращивание. Картофель — одна из ключевых сельскохозяйственных культур, возделываемых более чем в ста странах мира, на общей площади около 19,3 миллионов гектаров. Ежегодно с этих земель

собирается свыше 376,5 миллионов тонн урожая. Россия занимает весомое место в глобальном производстве, обеспечивая от 11 до 14 процентов всей мировой картофельной продукции. Полученный урожай широко используется: помимо пищевого назначения, его применяют в животноводстве, перерабатывающей промышленности и для посадки.

В различных регионах России картофель выращивается на самых разных почвах и при различных климатических условиях. В европейской части страны, где аграрное производство развито особенно активно, уровень потенциальной продуктивности картофелеводства варьируется от 10 до 40 %. Максимальные урожаи достигаются преимущественно на плодородных тяжёлых суглинках, которые занимают около трети площадей, выделяемых под картофель. При этом выращивание картофеля в российском сельском хозяйстве связано с существенными затратами ресурсов, что отражается на общей экономической эффективности отрасли.

Для обработки одного гектара картофельных полей в России затрачивается около 500 человеко-часов. Большая часть всей энергии уходит именно на сбор урожая – примерно 60 % от общего объема энергозатрат. Современные агропредприятия стремятся повысить эффективность выращивания картофеля, внедряя передовые технологии, которые позволяют значительно сократить расход времени и ресурсов. Внедрение инновационных решений становится ключом к достижению высокой производительности и прибыльности в картофелеводстве.

Разделение грунтовых частиц из клубненосного вороха во многом зависит от начальной скорости движения его компонентов и характера их распределения по поверхности соответствующего рабочего органа. В зависимости от принципа работы, ворошители подразделяются на активные и пассивные типы. Пассивные модели приводятся в движение исключительно за счёт взаимодействия с клубненосным ворохом, что вызывает колебания скорости и, как следствие, уменьшение общей эффективности работы оборудования.



Рисунок 1 – Общий вид сепарирующего устройства [1]

Активные ворошители, которые имеют собственный привод, играют ключевую роль в обработке картофельного вороха, обеспечивая его равномерное распределение на конвейерной ленте. Их работа влияет на итоговую скорость движения каждого элемента массы, складывающуюся из скорости конвейера и дополнительного ускорения, создаваемого

ворошителями. В отличие от пассивных систем, именно активные устройства обеспечивают более точный контроль за перемещением картофеля.

На рисунке 2 изображено устройство для сепарации, которое унаследовало основные функции предыдущей модели. В его конструкции предусмотрен элеватор с просеивающим механизмом, а также дополнительные элементы-интенсификаторы, повышающие качество работы. Благодаря равномерному распределению клубней по площади транспортера, достигается оптимизация их работы. Такая организация процесса способствует эффективному удалению примесей и улучшению итогового качества продукта.

Резиновые диски, используемые в качестве интенсификаторов, значительно улучшают процесс разделения за счёт вращения вокруг своих осей. Их особое расположение в плоскостях под специфическими углами к потоку материала способствует повышению эффективности сепарации.

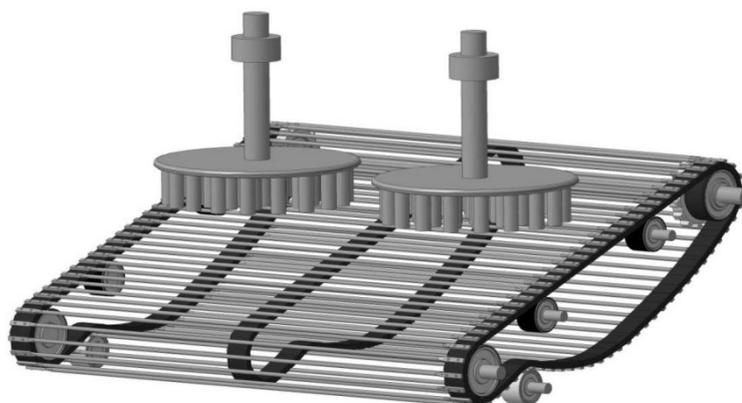


Рисунок 2 – Общий вид сепарирующего устройства [2]

Внедрение новых технологий значительно снизило вероятность повреждения картофеля во время очистки от земли и растительных остатков, что помогает сохранить целостность клубней и избежать их травмирования о жесткие элементы оборудования. При перемещении картофеля по стержневому элеватору металлические поверхности конструкции могут стать причиной механических повреждений клубней. Для предотвращения этого на краях элеватора монтируют резиновые панели, которые обеспечивают защиту, хотя иногда при этом создаются трудности из-за засорения пространства между элеватором и защитными элементами.

В конструкции картофелеуборочного комбайна предусмотрена особая система ситчатого элеватора, оснащённая прутковыми элементами с резиновым покрытием овальной формы. Эти гибкие детали монтируются по обеим сторонам ситчатой ленты и расположены симметрично относительно её центра, что позволяет эффективно предотвращать контакт клубней с жёсткими боковыми частями разделительного механизма комбайна [7]. Благодаря такому решению обеспечивается бережная транспортировка [8,9] картофеля без повреждений.

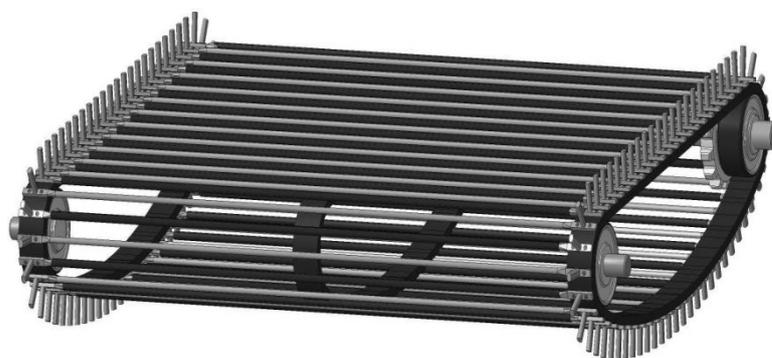


Рисунок 3 – Внешний вид устройства для сепарации [3]

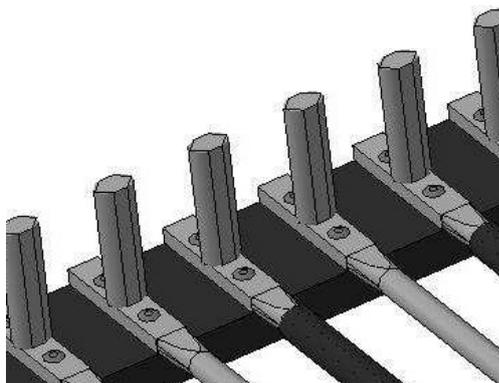


Рисунок 4 – Конфигурация эластичных компонентов в сепарационном аппарате

В описанной модели [5] использовались гибкие компоненты для ограничения прямого контакта с клубнями, которые устанавливались на конструкцию рамы пруткового конвейера картофелесборочного агрегата. Эти компоненты представляли собой цилиндрические ролики с резиновым покрытием, оборудованные продольными рёбрами по всей длине. Ролики были выполнены полыми с полукруглым поперечным сечением.



Рисунок 5 – Общий вид сепарирующего устройства [5]

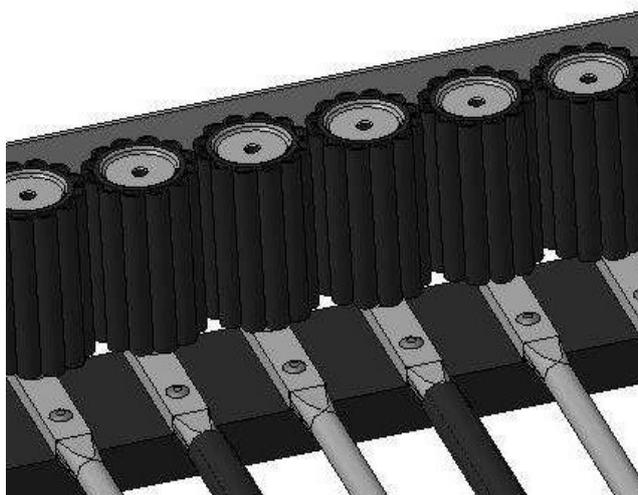


Рисунок 6 – Расположение упругих элементов на сепарирующем устройстве

В картофелеуборочных машинах, оснащённых описанным выше разделительным устройством, упругие элементы расположены по бокам рамы и отличаются гибкостью. Эти компоненты не оказывают дополнительной нагрузки на приводные механизмы, что является важным преимуществом.

Благодаря такому решению существенно снизился уровень повреждения клубней по сравнению с традиционными прутковыми элеваторами, применяемыми в серийных моделях уборочной техники. Кроме того, процесс внедрения новых упругих деталей в конструкцию занимает меньше времени, так как не требуется снимать или менять стандартные элементы — достаточно лишь установить новые эластичные компоненты.

Библиографический список

1. Патент № 2438289 С2 Российская Федерация, МПК А01D 33/08. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины : № 2009125943/13 : заявл. 06.07.2009 : опубл. 10.01.2012 / Н. А. Рязанов, И. А. Успенский, Г. К. Рембалович [и др.] ; заявитель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт механизации агрохимического и материально-технического обеспечения сельского хозяйства.

2. Патент на полезную модель № 157146 U1 Российская Федерация, МПК А01D 33/08. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины : № 2015120963/13 : заявл. 02.06.2015 : опубл. 20.11.2015 / Д. А. Волченков, Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВПО РГАТУ).

3. Дидманидзе, О. Н. Основные направления развития тягово-транспортных средств в АПК / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, А. М. Карев //

Доклады ТСХА, Москва, 02–04 декабря 2014 года. Том 1. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.

4. Патент на полезную модель № 129345 U1 Российская Федерация, МПК А01D 17/00. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины : № 2012133070/13 : заявл. 01.08.2012 : опубл. 27.06.2013 / Г. К. Рембалович, А. А. Голиков, Д. Н. Бышов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВПО РГАТУ).

5. Патент на полезную модель № 129345 U1 Российская Федерация, МПК А01D 17/00. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины : № 2012133070/13 : заявл. 01.08.2012 : опубл. 27.06.2013 / Г. К. Рембалович, А. А. Голиков, Д. Н. Бышов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВПО РГАТУ).

6. Патент № 2592111 С1 Российская Федерация, МПК А01D 17/10, А01D 33/08. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины : № 2015104275/13 : заявл. 10.02.2015 : опубл. 20.07.2016 / А. А. Голиков, И. А. Успенский, Н. В. Бышов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ).

7. Специальная техника для производства картофеля в хозяйствах малых форм / Н. Н. Колчин, Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 5. – С. 48-55.

8. Теоретические исследования процесса интенсификации первичной сепарации в картофелеуборочных машинах динамическим методом / Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко, Д. Е. Каширин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 102. – С. 417-431.

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

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

агрохимического и материально-технического обеспечения сельского хозяйства.

11. Успенский, И. А. Исследование причин возникновения повреждений клубней картофеля при их загрузке в транспортное средство / И. А. Успенский, И. А. Юхин, А. А. Голиков // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 10(268). – С. 26-29.

12. Выращивание миниклубней картофеля и топинамбура в условиях водно-воздушной культуры с использованием искусственного освещения / О. С. Хутинаев, В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова [и др.] // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2018. – № 4(86). – С. 7-14.

13. Повышение эффективности внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции / А. А. Голиков, О. В. Филюшин, Н. В. Лимаренко [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 429-439.

14. Towards Blockchain-Based Robonomics: Autonomous Agents Behavior Validation / K. Danilov, R. Rezin, I. Afanasyev, A. Kolotov // 9th International Conference on Intelligent Systems 2018: Theory, Research and Innovation in Applications, IS 2018 - Proceedings : 9, Theory, Research and Innovation in Applications, Funchal - Madeira, 25–27 сентября 2018 года. – Funchal - Madeira, 2018. – P. 222-227.

15. Патент на полезную модель № 171425 U1 Российская Федерация, МПК А01D 17/00. Картофелекопатель : № 2016117955 : заявл. 04.05.2016 : опубл. 31.05.2017 / Н. В. Бышов, В. Д. Липин, Д. Н. Бышов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ).

16. Актуальные вопросы совершенствования картофелеуборочной техники / А. А. Симдянкин, М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 114. – С. 985-1000.

УДК 631.356.4

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

ТЕХНИКА ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ

Для получения высоких урожаев картофеля в современных агротехнологических системах необходимы фундаментальные знания

агронии и способность рационально задействовать механизированные и автоматизированные комплексы. Ключевой задачей остаётся рост эксплуатационной эффективности сельхозмашин и минимизация потерь. Наиболее ресурсоёмкой операцией выступает уборка, где корректная сепарация клубней почвоуборочными агрегатами критична.

При конструировании передовых картофелеуборочных агрегатов целесообразно всесторонне анализировать многофакторность агротехнических условий, способную спровоцировать падение эксплуатационного КПД приблизительно на 25% всей обрабатываемой площади. В России сочетание контрастных климато-почвенных параметров формирует более жёсткие эксплуатационные вызовы по сравнению с европейскими регионами, где проектируются высокоинтеллектуальные комбайны. Следовательно, помимо ввоза импортных машин, принципиально важно развивать исследования, локализовать производство и тестировать национальные образцы, адаптированные к региональной специфике и гарантирующие стабильное, качественное извлечение урожая.

По оценке аналитиков, валовой сбор картофеля в государстве должен колебаться в пределах 35–37 млн тонн, при условии, что 30–40% объёма обеспечат профильные агрофирмы с высокой интенсификацией производства. Ключевой технологической позицией считается применение комбайнов-бункеров, подающих клубни сразу в транспортные средства, резко существенно сокращая ручные затраты на уборочные операции. Тем не менее, отечественные серийные картофелеуборочные агрегаты [1,2,3] пока не отвечают агротехническим регламентам, поэтому актуален выпуск модернизированных высокотехнологичных образцов для дальнейшего поступательного прогресса отрасли.

С внедрением прогрессивных агротехнологий существенно расширился арсенал методик посадки картофеля и конфигураций междурядий. Классическое расстояние 70 см уже не считается единственной нормой: аграрии используют разнообразные схемы, включая 75 и 90 см для гребневой высадки, а также 110+30 и 140 см в рамках грядочной системы. Грамотный подбор междурядья критичен не только для увеличения урожайности и массы клубней, но и для эффективной эксплуатации энергонасыщенной сельхозтехники. По данным полевых экспериментов, наибольшую экономическую отдачу обеспечивает интервал 90 см, превосходящий традиционные 70 см по комплексным агрономическим показателям. При модернизации технологий следует учитывать указанные решения размещения культуры для максимальной рентабельности и устойчивого функционирования агроэкосистемы в условиях климатических колебаний, частых экстремальных осадков и ресурсных ограничений.

Его выращивание на грядках с междурядьем 110 плюс 30 см на торфяных либо переувлажнённых субстратах обеспечивает неизменно высокие урожаи. При проектировании агротехнологического оборудования следует учитывать агрофизические параметры среды во время подбора и калибровки исполнительных органов. Особенно востребованы модульные лемешные

секции и универсальные рабочие узлы, дополненные по бортам гладкими либо дисковыми режущими инструментами, функционирующими в пассивном или активном режиме [8].

Современные зерноуборочные комбайны, задействованные в кампаниях жатвы, интегрируют прогрессивные мехатронные решения, ориентированные на рост производительности, ресурсоёмкости и эксплуатационной надёжности. Например, транспортёры элеваторов комплектуются армированными эластомерными ремнями с калиброванными поперечными планками, установленными дискретным шагом. Такая компоновка снижает акустические эмиссии, повышая плавность функционирования агрегатов [4,5].

Для стабилизации грунта и минимизации потерь клубней на плужных лемехах предусмотрен поворотный узел клапанов, обеспечивающий деликатную работу. Однако работа комбайна с подобной схемой требует повышенного внимания квалифицированного оператора. Ключевым фактором результативного извлечения картофеля выступают передовые агротехнологические решения. В отечественных картофелеуборочных жатках интегрированы специализированные пальцевые элеваторы с прутками диаметром 11 мм, смонтированными через 41,3 мм вдоль транспортной ленты. Для эффективного отделения земляных агрегатов применяются разнообразные системы встряхивания: активные и пассивные планчатые катки, а также вибрационные гребёнчатые и шнековые устройства.

В импортных комбайнах повсеместно применяются регулируемые интервалы между прутками элеваторно-очистительных транспортеров, корректируемые согласно агротехническим особенностям уборочных условий для эффективного почвоотделения и сортировки. Современные агрегаты всё чаще оборудуются модулем не только приёма, но и бункерно-погрузочного перемещения массы, существенно расширяющим функционал машин. Для повышения производительности интегрируют гидроприводы с пропорциональными распределителями, обеспечивающими точное управление исполнительными органами. При уборке картофеля клубни аккуратно направляются в приёмные ящики или перекидные бункеры разной высоты, согласуемые конструктивно с местными эксплуатационными условиями.

Для отделения ботвы от картофельных клубней применяются роликовые сепараторы, монтируемые под ленточными транспортёрами и оснащённые скребковыми устройствами. Затем очистка клубней от растительных остатков производится профильными вибрационными горками. Далее картофель подаётся ковшовыми элеваторными конвейерами на последующую технологическую стадию обработки.

Для повышения технологической эффективности выкопки, первичной очистки и транспортировки картофеля на поле предпочтительны высокоманёвренные самоходные копательно-сепарационные комбайны, лишённые буферных бункеров-накопителей и ручных переборочных столов. Подобные агрегаты посредством выгрузного элеватора немедленно передают клубни в специализированные кузова, минимизируя простой. Одновременно высокопроизводительные версии машин с бункерами объёмом 2, 4 либо более

м³ позволяют существенно дополнительно наращивать сменную выработку урожая.

Вследствие внушительной массы порядка 6 т данные агрегаты эксплуатируются ограниченно: избыточная нагрузка повышает степень уплотнения лёгких и торфяных грунтов, затрудняет агрегатирование с тяговыми тракторами и снижает манёвренность. Дополнительно, высокая капитальная стоимость рассматриваемого парка машин уменьшает их рыночную привлекательность. Поэтому актуально проектирование облегчённых, энерго- и ресурсосберегающих модификаций картофелеуборочных комбайнов, минимизирующих деградацию почвенной структуры [6,7,8].

В результате кооперации ВИМ, НИИКХ, ВИСХОМ и ряда смежных НИИ созданы прогрессивные агротехнические агрегаты. Выделяются картофелеуборочные комплексы УКП-2, УК-2, УКК-2, оптимизированные для высокопроизводительного механизированного изъятия клубней на посадках с шагом 70, 75 либо 90 см. Ниже приведены детализированные эксплуатационно-технологические параметры, позволяющие всесторонне оценить функциональные достоинства, а также конкурентные преимущества через показатели энергоёмкости, ресурсосбережения, надёжности, адаптивности к различным агрофонам.

На схеме под шифром 1 представлена кинематическая компоновка картофелеуборочного комбайна УКК-2, работающего в последовательных режимах. Сперва копирующие вальцы, обозначенные элементом 1, движутся вдоль пары гребней клубнеплодов. Они дублируют их профиль и частично крошат агрегированные почвенные массы, обеспечивая подкапывающим органам требуемую рабочую глубину. Далее лемех-отвал под индексом 2 подкапывает гребни, синхронно обрезая их дисковыми ножами. После этого поток грунта с клубнями направляется на основной сепаратор-элеватор 3, где за счет вибрации решета, возвратно-поступательных колебаний цепного полотна и ударных нагрузок удаляется 50–70 процентов минеральной фракции.

Клубнеплоды, остающиеся загрязнёнными почвой и окружённые зелёной ботвой, сначала поступают на второй сепарирующий транспортер № 8, выполняющий функцию подачи сырья к следующей технологической фазе многоступенчатой очистки. До подхода к этому транспортеру корнеплоды проходят через ботвоудаляющий узел с продольными прорезями и жёстковаликовым блоком (поз. 7), обеспечивающий высокоэффективное отсечение листьев. Идентичный модуль, также помеченный поз. 7, размещён за вторым элеваторным транспортером и завершает операцию доуборки, устраняя остаточную ботву и подготавливая продукт к вентиляционной сушке, фракционной сортировке и дальнейшему хранению.

Сначала из потока клубней сепарируются нежелательные включения — комки грунта, сорная растительность и остатки ботвы — посредством второго почвоочистительного элеватора. Далее смесь подаётся на транспортер с наклонной рампой №10, где проходит первичную калибровку: почва и сторонние фракции возвращаются на поле, а картофель движется дальше. Затем

клубни загружаются в ковши конвейера №13, который транспортирует их вверх для последующей обработки.

Когда клубни картофеля поднимаются элеватором, гетерогенная смесь с посторонними фракциями выгружается на последующую технологическую площадку, оснащённую шнековым транспортом 14. Данный агрегат равномерно распределяет поток и параллельно отделяет нежелательные включения. Извлечённые отходы удаляются ленточным конвейером 17, тогда как очищенный картофель направляется к нижней зоне сортировочного стола 16. Далее кондиционный товар поступает на конвейер 18, подающий его для складирования в хранилище 19.

В сельском хозяйстве, помимо привычных комбайнов, востребовано специализированная машина — картофелекопатель, предназначенный для выкапывания и размещения клубней картофеля на поверхности почвы. Несмотря на то, что этот процесс обычно требует значительных физических усилий и зачастую выполняется вручную, в некоторых сложных условиях он оказывается единственным возможным способом сбора урожая. Модель, сходная с комбайном УКК-2 на 90% по комплектации, включает механизмы для рыхления земли и очистки от листвы, однако отличается отсутствием загрузочного конвейера. При сборе картофеля техника позволяет перемещать клубни в транспортное средство, как при остановке, так и в движении по полю, что повышает эффективность работы.

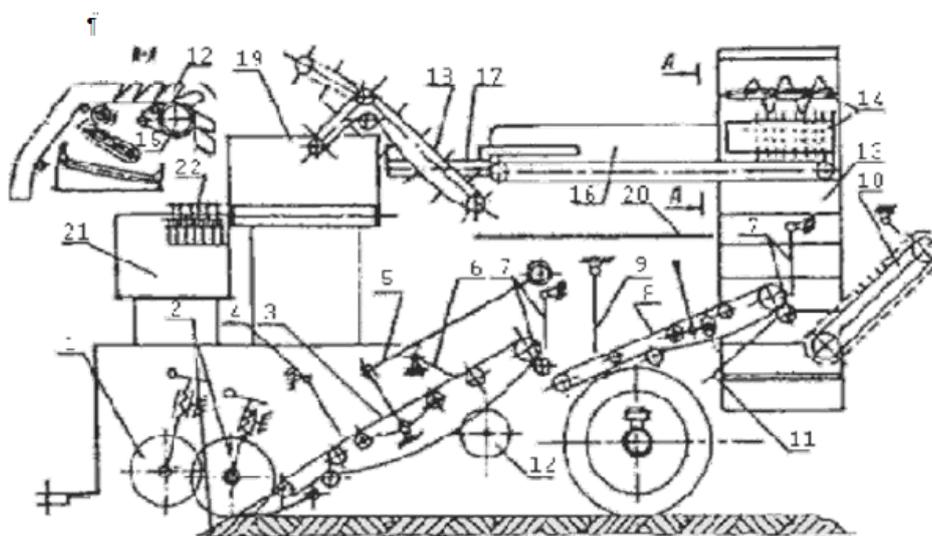


Рисунок 1 – Принципиальная схема картофелеуборочного комбайна УКК-2: 1 – копирующие катки; 2 – выкапывающие лемеха с боковыми дисками; 3 – основной элеватор; 4 – экран; 5 – механизм встряхивания; 6 – механизм ворошения; 7 – ботвоудалитель; 8 – второй элеватор; 9 – фартук; 10 – выносная горка; 11 – скатный щиток; 12 – очиститель полотна; 13 – подъемный транспортер; 14 – горка со шнеком; 15 – внутренний транспортер со шнеком; 16 – переборочный стол; 17 – транспортер примесей; 18 – транспортер загрузки бункера; 19 – бункер; 20 – технологическая площадка; 21 – площадка комбайнера; 22 – пульт управления

С целью оптимизации этого процесса был создан двухрядный картофелекопатель модели УК-2, который интегрировал в себя элементы подкапывающего и сепарирующего устройств из моделей УКК-2 и УКП-2.

Библиографический список

1. Патент № 2438289 С2 Российская Федерация, МПК А01D 33/08. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины : № 2009125943/13 : заявл. 06.07.2009 : опубл. 10.01.2012 / Н. А. Рязанов, И. А. Успенский, Г. К. Рембалович [и др.] ; заявитель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт механизации агрохимического и материально-технического обеспечения сельского хозяйства.

2. Патент на полезную модель № 157146 U1 Российская Федерация, МПК А01D 33/08. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины : № 2015120963/13 : заявл. 02.06.2015 : опубл. 20.11.2015 / Д. А. Волченков, Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

3. Патент на полезную модель № 129345 U1 Российская Федерация, МПК А01D 17/00. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины : № 2012133070/13 : заявл. 01.08.2012 : опубл. 27.06.2013 / Г. К. Рембалович, А. А. Голиков, Д. Н. Бышов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнический университет имени П.А. Костычева".

4. Патент № 2592111 С1 Российская Федерация, МПК А01D 17/10, А01D 33/08. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины : № 2015104275/13 : заявл. 10.02.2015 : опубл. 20.07.2016 / А. А. Голиков, И. А. [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО "РГАТУ имени П.А. Костычева".

5. Специальная техника для производства картофеля в хозяйствах малых форм / Н. Н. Колчин, Н. В. Бышов, С. Н. Борычев [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 5. – С. 48-55.

6. Теоретические исследования процесса интенсификации первичной сепарации в картофелеуборочных машинах динамическим методом / Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко, Д. Е. Каширин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 102. – С. 417-431.

7. Бышов, Н. В. Научно-методические основы расчета сепарирующих рабочих органов и повышение эффективности картофелеуборочных машин : специальность 05.20.0405.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Бышов Николай Владимирович. – Рязань, 2000. – 414 с.

8. Усовершенствованное устройство для сепарирования клубней картофеля / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.] // Сельский механизатор. – 2016. – № 11. – С. 6-7.

9. Выращивание миниклубней картофеля и топинамбура в условиях водно-воздушной культуры с использованием искусственного освещения / О. С. Хутинаев [и др.] // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2018. – № 4(86). – С. 7-14.

10. Повышение эффективности внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции / А. А. Голиков, О. В. Филюшин, Н. В. Лимаренко [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 429-439.

11. Towards Blockchain-Based Robonomics: Autonomous Agents Behavior Validation / K. Danilov, R. Rezin, I. Afanasyev, A. Kolotov // 9th International Conference on Intelligent Systems 2018: Theory, Research and Innovation in Applications, IS 2018 - Proceedings : 9, Theory, Research and Innovation in Applications, Funchal - Madeira, 25–27 сентября 2018 года. – Funchal - Madeira, 2018. – P. 222-227.

12. Актуальные вопросы совершенствования картофелеуборочной техники / А. А. Симдянкин, М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 114. – С. 985-1000.

13. Основные технологии уборки картофеля и технологические схемы картофелеуборочных комбайнов / Г. К. Рембалович, И. А. Юхин, И. А. Успенский [и др.] // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных процессов в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина, Рязань, 24 мая 2023 года. – Рязань: РГАТУ им. П.А. Костычева, 2023. – С. 55-60.

14. Патент на полезную модель № 171425 U1 Российская Федерация, МПК А01D 17/00. Картофелекопатель : № 2016117955 : заявл. 04.05.2016 : опубл. 31.05.2017 / Н. В. Бышов, В. Д. Липин, Д. Н. Бышов [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО "РГАТУ им. П.А. Костычева"

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ В АПК

Актуальность применения опрыскивателей в агропромышленном комплексе обусловлена их трансформацией из простого инструмента распределения средств защиты и удобрений в ключевой элемент стратегии ведения сельского хозяйства.

В условиях импортозамещения и необходимостью обеспечения продовольственной безопасности, точное и своевременное внесение препаратов становится вопросом экономической эффективности.

Современные опрыскиватели, оснащенные системами GPS и AI, позволяют перейти от сплошной обработки полей к адресному применению ресурсов. Это минимизирует химическую нагрузку на почву и окружающую среду, а также снижает резистентность вредных организмов. Таким образом, опрыскиватель сегодня — это не просто механизм, а сложная агротехнологическая платформа, от работы которой зависят урожайность, качество продукции и устойчивость всей сельскохозяйственной системы. Их развитие и внедрение отражает общий курс агробизнеса на цифровизацию и ресурсосбережение, делая их незаменимым звеном в цепочке создания добавленной стоимости.

В современных хозяйствах востребованы модели самоходных опрыскивателей «Туман-2» и «Туман-3», а также John Deere R4040 и R4038

Ключевое преимущество John Deere R4040 заключается в создании интегрированной технологической экосистемы.

Сердцем этого подхода является система ExactApply, обеспечивающая равномерность распределения рабочей жидкости независимо от скорости движения и внешних условий.

Контроль цифровизированного аграрного комплекса полностью сосредоточен у оператора. Просторная эргономичная кабина с интуитивным интерфейсом Command View улучшает человеко-машинное взаимодействие, оптимизирует управление опрыскивателем и минимизирует психофизиологическую нагрузку на оператора. Полная интеграция с облачной экосистемой John Deere Operations Center, поддерживающей ISOBUS и RTK-телеметрию, обеспечивает переменное внесение агрохимикатов по картам-предписаниям, иллюстрируя практическое внедрение концепции точного земледелия.

«Туман-3» при этом демонстрирует превосходство по маневренности и внедорожной проходимости. Указанный опрыскиватель способен автономно выполнять агрохимические обработки в сжатые агротехнические интервалы. «Туман-3» обеспечивает высокую производительность, позволяя оперативно

противодействовать фитосанитарным угрозам — массовым вспышкам патогенов либо нашествиям энтомовредителей, тем самым сохраняя урожай.



Рисунок 1 – John Deere R4040

Таким образом, самоходный агрегат-опрыскиватель «Туман-3» занимает эксклюзивную рыночную нишу, обеспечивая агропредприятию стратегическую маневренность. Он превращается в мультифункциональный комплекс для экстренных агромероприятий на любых угодьях, гарантируя оперативную фитозащиту посевов и независимость от метеофакторов и агрофизического состояния почвы.

Перспективы развития самоходных опрыскивателей видятся в их трансформации из узкоспециализированной сельхозтехники в ключевой элемент единой цифровой экосистемы «умного» поля. Фокус смещается от простого увеличения мощности или ширины захвата к созданию автономных систем, способных самостоятельно анализировать и реагировать на изменяющиеся агрономические условия в реальном времени.

Основой для этого станет углубленная интеграция с интернетом вещей (IoT), когда опрыскиватель будет не просто следовать по заранее загруженному маршруту, а непрерывно получать и обрабатывать массивы данных с дронов, спутников и почвенных сенсоров. Это позволит перейти от задач по внесению составов к сиюминутному управлению продуктивностью каждого растения, адаптируя состав и норму внесения непосредственно в процессе движения. Машина будет вносить не просто гербицид, а индивидуальный коктейль средств, включающий микроудобрения и биопрепараты, на основе текущего фитосанитарного состояния и потребностей культуры.



Рисунок 2 – Туман – 3

Экологическая и экономическая эффективность достигнет нового уровня за счет повсеместного внедрения компьютерного зрения и искусственного интеллекта для идентификации сорняков и вредителей. Технология spot-application (точечного внесения) станет стандартом, сводя к абсолютному минимуму пестицидную нагрузку и кардинально снижая себестоимость обработки. Параллельно будет развиваться автономия: благодаря системам машинного обучения и предиктивной аналитики парк самоходных опрыскивателей сможет работать круглосуточно в режиме «безлюдного поля», координируя свои действия через центральную цифровую платформу хозяйства.

Таким образом, самоходный опрыскиватель будущего — это уже не просто механизм, а высокоинтеллектуальный робот-агроном. Его развитие направлено на достижение максимальной ресурсной и экологической устойчивости сельского хозяйства, где каждое решение принимается на основе данных, а каждое действие является точечным, предсказуемым и максимально эффективным.

Библиографический список

1. Исследование траекторий движения капель дождевальной машины / Г. К. Рембалович, А. И. Рязанцев, М. Ю. Костенко [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2018. – № 4(40). – С. 138-142.
2. Рекомендации по применению низконапорного дождевателя для орошения рассады овощных культур / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, А. И.

Рязанцев [и др.] ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева. – Рязань : РГАТУ, 2018. – 36 с.

3. Юмаев, Д. М. Влияние дождевых насадок на эрозию почвы / Д. М. Юмаев, А. А. Желтоухов, Г. К. Рембалович // Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 20 февраля 2020 года / Министерство сельского хозяйства РФ, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева». – Рязань: РГАТУ, 2020. – С. 429-434.

4. Юмаев, Д. М. К обоснованию формы отверстий насадок дождевальных машин / Д. М. Юмаев, Г. К. Рембалович // Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения : Материалы 71-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 15 апреля 2020 года. Том Часть 2. – Рязань: РГАТУ, 2020. – С. 234-237.

5. Юмаев, Д. М. Анализ современных дождевальных машин для орошения сельскохозяйственных культур / Д. М. Юмаев, А. А. Желтоухов, Г. К. Рембалович // Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 20 ноября 2020 года. Том Часть II. – Рязань: РГАТУ, 2020. – С. 295-299.

6. Юмаев, Д. М. Анализ современных дождевальных машин для орошения сельскохозяйственных культур / Д. М. Юмаев, А. А. Желтоухов, Г. К. Рембалович // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР академиком МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В., Рязань, 09 декабря 2020 года. Том Часть II. – Рязань: РГАТУ, 2020. – С. 393-397.

7. Юмаев, Д. М. Анализ современных систем и способов орошения сельскохозяйственных культур в условиях закрытого грунта / Д. М. Юмаев, А. А. Желтоухов, Г. К. Рембалович // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации : Материалы 72-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 20 апреля 2021 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Том Часть II. – Рязань: РГАТУ, 2021. – С. 467-470.

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

университет имени П.А. Костычева» Автодорожный факультет инженерный факультет. – Рязань: РГАТУ, 2022. – С. 335-340.

9. Исследование параметров современных систем внесения жидких удобрений на основании анализа форсунок-распылителей / Д. М. Юмаев, Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко, А. В. Ерохин // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития : Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: РГАТУ, 2022. – С. 224-228.

10. Юмаев, Д. М. Исследование особенностей машин для внесения удобрений / Д. М. Юмаев, А. С. Лазутин, Г. К. Рембалович // Инновационные решения для АПК, Рязань, 16 февраля 2023 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» Совет молодых учёных ФГБОУ ВО РГАТУ Совет молодых учёных и специалистов Рязанской Области. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С. 207-213.

11. Повышение эффективности внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции / А. А. Голиков, О. В. Филлюшин, Н. В. Лимаренко [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 429-439.

12. Towards Blockchain-Based Robonomics: Autonomous Agents Behavior Validation / K. Danilov, R. Rezin, I. Afanasyev, A. Kolotov // 9th International Conference on Intelligent Systems 2018: Theory, Research and Innovation in Applications, IS 2018 - Proceedings : 9, Theory, Research and Innovation in Applications, Funchal - Madeira, 25–27 сентября 2018 года. – Funchal - Madeira, 2018. – P. 222-227.

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

14. Юмаев, Д. М. Типы и особенности минеральных удобрений для припосевного внесения / Д. М. Юмаев, А. А. Желтоухов, Г. К. Рембалович // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных процессов в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина, Рязань, 24 мая 2023 года. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С. 28-33.

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ

Картофель является одной из основных культур в отечественном агропромышленном комплексе. Для уборки культуры применяется обширная номенклатура средств от моделей картофелекопалок, предназначенных для агрегатирования с мини-тракторами, заканчивая картофелеуборочными комбайнами для обработки площадей в 30-50 га.

При выборе машины стоит руководствоваться типом почвы и площадью хозяйства для точного определения состава парка при выполнении работы. Однако у всех средств для уборки имеются общие принципы работы:

Подкоп и подъем массы

Комбайн движется по ряду картофеля, далее копающий аппарат (обычно активный лемех или вибрационная скоба) подкапывает пласт почвы вместе с клубнями и ботвой. Этот пласт подается на подающий (загрузочный) транспортер, который переносит массу в основную часть машины.

Отделение почвы и разрушение комков

Масса попадает на первичный сепарирующий узел, чаще всего это прутковый элеватор (транспортерная лента с зазорами между прутьями) и элеватор интенсивно встряхивается, после чего мелкая и средняя почва, а также мелкие камни просыпаются сквозь зазоры обратно на поле одновременно крупные комья земли, разбиваются о прутья и вибрацию. Далее масса, содержащая клубни, остатки почвы, ботву и камни, поступает в зону отделения ботвы.

Сепарация

С помощью различных систем проводится окончательное отделение клубней от мелких камней и примесей земли.

Сортировка и погрузка

Очищенные клубни поступают на сортировальный стол (иногда с ручной или оптической доработкой), где происходит финальное отделение поврежденных, резаных или слишком мелких клубней. Чистый товарный картофель по транспортеру направляется в бункер-накопитель. Когда бункер заполняется, картофель выгружается (например, в идущий рядом грузовик) для транспортировки с поля.

Современные технические средства в полной мере реализуются современными аграриями в рамках хозяйств разной площади.

Так, например, вибрационные модели ККМ-1, КВМ-3 и их аналоги, а также транспортерные типа «Заря» более эффективны на малых и средних хозяйствах ввиду своей универсальности и возможностью агрегатирования с мини-тракторами



Рисунок 1 – КВМ-3

Для крупных агрохолдингов и хозяйств с площадью свыше 30 га наиболее эффективным решением является картофелеуборочный комбайн.

Данные машины способны выполнять полный цикл работ и совершать погрузку в бункер или идущий рядом транспорт.

В современных хозяйствах активно применяются как прицепные, так и самоходные комбайны марок Grimme, Dewulf и других.



Рисунок 2 – Картофелеуборочный комбайн Dewulf

Современные комбайны оснащаются системой РЕТ (Pellenc Separation Technology), которая использует оптические датчики и сжатый воздух для отделения камней и комков земли от клубней. Также датчики следят за нагрузкой, потерями, и даже с помощью камер анализируют поток клубней, автоматически настраивая параметры работы.

Для снижения потерь применяются бережные транспортеры и покрытия бункеров из резины и полиуретана.

Применение картофелеуборочной техники — это безусловный прогресс в сельском хозяйстве. Оно перевело картофелеводство из трудоемкой отрасли в капиталоемкую и технологичную.

Для крупных агрохолдингов механизация — это единственно возможный путь, обеспечивающий рентабельность, конкурентоспособность и стабильность производства.

Для средних хозяйств ключевым становится вопрос грамотного выбора техники (аренда, покупка в лизинг, использование универсальных агрегатов) и ее точной настройки.

Для мелких фермеров и личных подсобных хозяйств актуальны малогабаритные и навесные агрегаты, которые лишь облегчают труд, но не исключают его полностью.

Таким образом, главный итог — это создание современной, эффективной отрасли картофелеводства, способной обеспечивать население качественным продовольствием в промышленных масштабах, но при строгом соблюдении технологической дисциплины.

Библиографический список

1. Перспективная картофелеуборочная техника для сельскохозяйственных предприятий / О. В. Терентьев, Е. А. Шамбазов, И. С. Николаева, Д. М. Юмаев // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 23-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 ноября 2023 года. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С. 69-74.

2. Анализ полотен картофелеуборочных машин / А. А. Желтоухов, Е. А. Шамбазов, А. С. Колотов, Г. К. Рембалович // Инновационный вектор развития отечественного АПК : Материалы III Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 23 ноября 2023 года. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С. 53-59.

3. Машины и устройства для уборки картофеля с учетом различных типов почвы / О. В. Филюшин, А. И. Ушанев, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной науч.-практ. конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 91-97.

4. Применение различных полотен картофелеуборочной техники / А. И. Ушанев, О. В. Филюшин, Е. А. Шамбазов, Д. М. Юмаев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора А.А. Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 169-176.
5. Обзор методик и оборудования для удаления ботвы картофеля / Е. А. Шамбазов [и др.] // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 39-45.
6. Совершенствование эксплуатации техники на уборке картофеля / А. Г. Кодиров, Ш. И. Тожибоев, Д. М. Юмаев, А. А. Желтоухов // Научно-исследовательские решения высшей школы : Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань, 26 декабря 2023 года. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С. 25-26.
7. Желтоухов, А. А. Обзор малогабаритных сельскохозяйственных машин для малых частных фермерских хозяйств / А. А. Желтоухов, Д. М. Юмаев, Г. К. Рембалович // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАНКС академиком МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. Рязань, 09 декабря 2020 года. Том Часть II. – Рязань: РГАТУ, 2020. – С. 230-233.
8. Выращивание миниклубней картофеля и топинамбура в условиях водно-воздушной культуры с использованием искусственного освещения / О. С. Хутинаев [и др.] // Вестник ФГОУ ВПО "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2018. – № 4(86). – С. 7-14.
9. Повышение эффективности внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции / А. А. Голиков, О. В. Филюшин, Н. В. Лимаренко [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 429-439.
10. Филюшин, О. В. Повреждение картофеля во время уборки урожая / О. В. Филюшин, И. А. Успенский // Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 12 декабря 2019 года. Том Часть III. – Рязань: РГАТУ, 2019. – С. 268-271.
11. Актуальные вопросы совершенствования картофелеуборочной техники / А. А. Симдянкин, М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 114. – С. 985-1000.
12. Анализ факторов, влияющих на сохраняемость картофелеуборочных машин / А. А. Желтоухов [и др.] // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии : Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием,

посвященной памяти доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. Том Часть I. – Рязань: РГАТУ, 2021. – С. 107-111.

13. Усовершенствованное устройство для сепарирования клубней картофеля / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.] // Сельский механизатор. – 2016. – № 11. – С. 6-7.

14. Некоторые аспекты снижения повреждений плодов при уборочно-транспортных работах / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 121. – С. 592-608.

УДК 544; 631

*Шамбазов Е.А., студент 1 курса магистратуры,
Юмаев Д.М., канд. техн. наук, ст. преподаватель
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

СОВРЕМЕННЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В АПК

Современное сельское хозяйство переживает тихую революцию, где главным действующим лицом становятся полимерные материалы. Их применение давно вышло за рамки привычной парниковой пленки, превратившись в стратегический элемент эффективного агробизнеса и экологической ответственности.

Использование полимеров в АПК — это, по сути, создание управляемой среды для растения от семени до урожая. Почва под мульчирующей пленкой не просто защищена от сорняков — она становится живым организмом с оптимальным температурным и водным балансом. Влага сохраняется, корневая система развивается в идеальных условиях, а использование пестицидов и удобрений сводится к минимуму. Это уже не просто укрытие, а активный участник процесса фотосинтеза и питания.

Капельный полив на основе полимерных трубок и лент совершил переворот в ирригации. Вода целенаправленно доставляется к корню, а вместе с ней — питательные вещества. Точность такой системы кардинально меняет подход к ресурсам: экономия воды достигает 50%, а эффективность усвоения удобрений растет в разы. В условиях нарастающей засушливости климата и дефицита пресной воды это превращается из технологического преимущества в вопрос выживания отрасли.

Полимерные материалы позволяют кардинально сократить потери уже на этапе хранения и транспортировки. Современные силосные рукава и герметичные пленки для сенажа создают анаэробную среду, в которой корм сохраняет свою питательную ценность на протяжении многих месяцев. Умная упаковка для плодоовощной продукции, способная регулировать газовый состав внутри, продлевает срок годности, уменьшая объем продуктов, отправляющихся на свалку.

Актуальность внедрения этих материалов продиктована комплексом глобальных вызовов. Это ответ на необходимость повышать продуктивность ограниченных земельных угодий, адаптироваться к климатическим стрессам и сокращать экологический след агропроизводства. Полимеры стали инструментом «точной настройки» агроэкосистемы, позволяя получать стабильно высокие результаты при значительном снижении давления на окружающую среду. Их роль эволюционирует от вспомогательной к фундаментальной, определяя облик сельского хозяйства будущего, которое будет не только более продуктивным, но и более умным и бережливым.

Одним из основных материалов является полиэтилен. Производство полиэтилена — это, по своей сути, процесс превращения летучего газа в универсальный твердый материал.



Рисунок 1 – Полиэтилен

Сфера его применения стала настолько обширной, что он превратился в каркас современной промышленности. Данный полимер активно применяется в процессе транспортировки и хранения продукции аграрного производства, ярким примером служат современные контейнеры для транспортировки или же пленочные покрытия, защищающие продукцию от механических воздействий, а также загрязнений и порчи. В строительстве и инженерных коммуникациях полиэтилен находит себя в виде долговечных труб, не подверженных коррозии и устойчивых к агрессивным средам. Он надежно служит для прокладки водопроводов, газовых магистралей и систем канализации.

Также востребованным материалом является полипропилен.



Рисунок 2 – Полипропилен

Производство полипропилена — это процесс, в ходе которого легкий газообразный мономер превращается в один из самых востребованных синтетических материалов. Основой для этого служит пропилен, получаемый при крекинге нефти. Ключевым моментом является сама реакция полимеризации, которая инициируется высокоактивными катализаторами. Эти катализаторы выступают в роли архитекторов, определяя пространственное строение растущих молекул и задавая тем самым фундаментальные свойства будущего продукта — его прочность, термостойкость и химическую стабильность.

Варьируя условия процесса и тип каталитической системы, технологи получают различные марки полимера, каждая из которых обладает уникальным набором характеристик. Одни из них отличаются исключительной ударной вязкостью, другие — высокой прозрачностью или способностью выдерживать нагрев. Расплавленный полипропилен затем формуется в гранулы, которые становятся универсальным сырьем для дальнейшего преобразования.

Применение полипропилена проистекает из его уникального баланса свойств. Он сочетает в себе прочность, стойкость к нагреванию и химическую инертность, что делает его незаменимым в самых разных сферах. Например, в автомобилестроении его используют для создания элементов интерьера и деталей под капотом, где важны легкость и способность выдерживать температурные нагрузки.

В медицине его химическая чистота и стабильность позволяют производить из него одноразовые шприцы, системы для переливания крови и стерильные контейнеры. В быту он окружает нас в виде прочной и безопасной посуды, контейнеров для хранения продуктов и корпусов бытовой техники. Кроме того, из него производятся прочные и износостойкие волокна, идущие на изготовление ковров, нетканых материалов и современной спортивной одежды.

Таким образом, полипропилен прочно вошел в нашу жизнь как материал, который удачно сочетает технологичность производства, универсальность и надежность, находя себя в задачах, требующих от материала стойкости, легкости и безопасности.

Библиографический список

1. Гончаренко, В. В. Полимерные композиционные материалы. Применение в АПК / В. В. Гончаренко, И. Г. Шкурин, А. Н. Ховрин // Актуальные проблемы естественнонаучного образования, защиты окружающей среды и здоровья человека. – 2016. – Т. 4, № 4. – С. 92-95.

2. Попов, Н. А. Использование полимерных материалов при ремонте техники в АПК как фактор снижения травматизма / Н. А. Попов, Н. М. Дерканосова // Актуальные вопросы физико-математических и технических наук в свете современных исследований АПК : Материалы национальной научно-практической конференции, Воронеж, 23 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, 2023. – С. 366-371.

3. Гончаренко, В. В. Полимерные композиционные материалы. Применение в АПК / В. В. Гончаренко, И. Г. Шкурин, А. Н. Ховрин // Актуальные проблемы естественнонаучного образования, защиты окружающей среды и здоровья человека (Настоящее и будущее подготовки учащихся и студентов университетов в области естественных наук) : Материалы IV Международной очной научно-практической конференции, Орел, 24–25 ноября 2016 года. – Орел: Орловский ГУ им. И.С. Тургенева, 2016. – С. 92-94.
4. Дорохов, А. С. Перспективы применения полимеров в деталях сельскохозяйственных машин / А. С. Дорохов, А. С. Свиридов // Сборник статей по итогам II международной научно-практической конференции "Горячкинские чтения", посвященной 150-летию со дня рождения академика В.П. Горячкина, Москва, 18 апреля 2018 года. – Москва: РГАУ - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2019. – С. 273-277.
5. Возможность использования новых полимерных материалов в сельскохозяйственном производстве [Замена металлических трубопроводов мелиоративных систем и машин на трубопроводы из стеклопластика] // Инженерно-техническое обеспечение АПК. – 2004. – № 2. – С. 379.
6. Повышение защитных свойств лакокрасочных материалов оптимизацией системы покрытий / И. В. Фадеев, И. А. Успенский, Е. И. Степанова, Н. И. Хайлов // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 9(303). – С. 34-39.
7. Исследования свойств композиционных материалов, применяемых в картофелеуборочных машинах / Н. С. Жбанов [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2020. – № 2(46). – С. 69-75.
8. Юмаев, Д. М. Анализ полимерных материалов, применяемых при изготовлении отдельных деталей техники для дождевания методом 3D-печати / Д. М. Юмаев, Г. К. Рембалович // Научно-технологические приоритеты в развитии агропромышленного комплекса России : Материалы 73-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 21 апреля 2022 года. Том Часть II. – Рязань: РГАТУ, 2022. – С. 163-166.
9. Сидоров, А. А. О продлении срока эксплуатации сельскохозяйственных агрегатов / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. И. Ушанев // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 137-143.
10. Планирование эксперимента нанесения материала грунтовки / С. Н. Борячев [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2014. – № 3(23). – С. 50-52.
11. Influence of the droplet size on the uniformity of the distribution of protective material over the surface of agricultural machinery / A. I. Ushanev, I. A. Uspenskiy, I. A. Yukhin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 21–22 октября 2019 года. Vol. 488. – Stavropol, 2020. – P. 012048..

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОРМОЗАГОТОВКИ

Экономика и развитие агропромышленного комплекса напрямую зависят от себестоимости продукции растениеводческих хозяйств. Особенно ярко этот эффект проявляется при кормозаготовке таких культур как силос сенаж и сено.

Выбор актуальных машин для каждого этапа кормозаготовки позволяет сократить потери и снизить себестоимость продукции. К основным этапам заготовки можно отнести: покос, ворошение и валкование, подбор и измельчение, а также транспортировку и трамбовку.

На стадии покоса актуальными требованиями являются, совмещение операций для экономии времени и сохранение качества сырья. Наиболее востребованными являются дисковые косилки (Krone, Pottinger, JF, Case IH, New Holland) и косилки-плющилки (Kuhn, Claas).



Рисунок 1 – Косилка New Holland

На стадии ворошения и валкования трендом является: гидравлическое складывание и регулировка скорости роторов для точной работы с разными культурами. Актуальными машинами, соответствующими требованиям, являются колесно-пальцевые и роторные грабли брендов Kuhn и Pottinger.

Подбор и измельчение массы является ключевым этапом в кормозаготовке.

Кормоуборочные комбайны, которые могут быть как навесными, так и самоходными, являются актуальным выбором для данной операции, также самоходные комбайны обеспечивают эффективный покос, что делает их применение наиболее обоснованным в технологии кормозаготовки.



Рисунок 2 – Роторные грабли Pottinger

Наиболее популярными самоходными комбайнами являются модели марок Claas, John Deere, New Holland FR, Krone. Общей чертой данных моделей является высокая производительность и уникальные технологии резки. Самый большой спрос на самоходные комбайны возникает на крупных хозяйствах с площадью более 500га.

Для более мелких хозяйств более эффективным является применение навесных комбайнов марок Pottinger, Kemper и Claas модели QUANTUM.



Рисунок 3 – Самоходный комбайн Claas



Рисунок 4 – Pottinger JUMBO

Не менее важным этапом является транспортировка и трамбовка массы перед хранением. Современные трамбовщики обладают высоким удельным весом, а также колеса с шипами, для лучшего сцепления и уплотнения массы, также некоторые модели имеют возможность работы с пленкой.



Рисунок 5 – Трамбовщик Holaras

Современный процесс заготовки кормов кардинально отличается от методов прошлого. Сегодня это не просто набор разрозненных операций, а единый, высокотехнологичный поток, где каждый элемент — от скашивания до

укрытия — направлен на достижение одной цели: сохранения максимальной питательной ценности корма.

Трендом является использование машин, совмещающих несколько операций (косилки-плющилки, самоходные комбайны с активным подбором), и комплексов, связанных данными. Это позволяет сократить временные затраты, минимизировать потери и получить предсказуемое качество корма, также качество силосования напрямую зависит от степени уплотнения, поэтому роль современных, тяжелых тракторов и специализированных тракторов-трамбовщиков с системами шипованных колес невозможно переоценить. Это страховка от потерь и порчи корма.

Библиографический список

1. Влияние состава газовой среды на качественные и физико-химические показатели комбикорма / А. Д. Чернышев, М. Ю. Костенко, И. А. Мурог [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 189. – С. 164-173.

2. Чернышев, А. Д. Особенности формирования газовой среды при хранения сенажа в агрострейч пленке / А. Д. Чернышев, М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 191. – С. 228-237.

3. Повышение качества хранения кормов и сельскохозяйственной продукции в герметичных рукавах / Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко, Р. В. Безносюк [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2023. – Т. 15, № 4. – С. 152-157.

4. К вопросу хранения комбинированных кормов в среде углекислого газа / А. Д. Чернышев, М. Ю. Костенко, Р. В. Безносюк [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 168. – С. 248-260.

5. Патент № 2676735 С1 Российская Федерация, МПК В02С 4/06. Термомеханическая плющилка для зерна : № 2018106749 : заявл. 22.02.2018 : опубл. 10.01.2019 / Н. В. Бышов [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

6. Патент № 2672026 С1 Российская Федерация, МПК В65D 81/20, В65В 3/18. Способ упаковки сельскохозяйственных продуктов и кормов, в частности, чувствительных к воздействию кислорода : № 2018106756 : заявл. 22.02.2018 : опубл. 08.11.2018 / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, Р. В. Безносюк [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

7. Патент № 2657467 С2 Российская Федерация, МПК А23К 30/10. Способ приготовления и хранения силосованных кормов : № 2016148353 : заявл. 08.12.2016 : опубл. 14.06.2018 / Я. Л. Ревич, Г. К. Рембалович, М. Ю.

Костенко [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

8. Патент на полезную модель № 170228 U1 Российская Федерация, МПК А01F 25/14. Мягкий контейнер для приготовления и хранения силоса : № 2016135186 : заявл. 29.08.2016 : опубл. 18.04.2017 / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, Л. Н. Лазуткина [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

9. Проблемы сохранности силоса в мягкой вакуумированной таре / Г. К. Рембалович, И. Ю. Богданчиков, Р. В. Безносюк, Я. Л. Ревич // Сельский механизатор. – 2016. – № 11. – С. 26-27.

10. Исследование сохранности прессованного сена при внесении гуматов в качестве консервирующей добавки / М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович, Н. А. Костенко [и др.] // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства : Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, Москва, 15–16 сентября 2015 года / Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. Том Часть 1. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2015. – С. 242-244.

11. Исследование влияния гуматов на микробиологическую среду рулонов прессованного сена / Н. В. Бышов, М. Ю. Костенко, В. С. Тетерин [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2015. – № 4(28). – С. 52-55.

УДК 338.242

*Колотов А.С., канд. техн. наук,
Ушанев А.И., канд. техн. наук,
Алексеев Д.А., студент
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

ВЛИЯНИЕ САНКЦИЙ НА ОБСЛУЖИВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ

Молниеносная трансформация глобальной геополитики, резко обострившая взаимодействие Запада с Российской Федерацией, закономерно трансформировалась в комплекс экономических рестрикций, затронувших ключевые сектора национальной хозяйственной системы. Наиболее наглядным индикатором санкционного давления выступил импорт пассажирских автомобилей. Падение продаж, взлет цен, уход традиционных брендов и экспансия альтернативных, российский автомобильный рынок переживает не банальный спад, а формирование принципиально новой парадигмы для субъектов внешнеторговой логистики и таможенно-тарифного регулирования. Ограничения стали мощным шоком, разрушившим сложившиеся цепочки снабжения иномарок, доступ к OEM-компонентам, спровоцировав глубочайшую структурную перестройку отечественной экспортно-импортной архитектуры, при этом процесс трансформации цепочек поставок, нормативных механизмов продолжается.

Большинство отечественных сборочных предприятий иностранных автоконцернов встали, серьёзные трудности испытали также дилеры, прежде завозившие автомобили. Из-за обрыва устоявшихся логистических цепочек и санкционных эмбарго на ввоз машин им пришлось перейти к параллельному импорту через серые каналы или постепенно отказаться от иномарок, полагаясь на запасы. Освободившуюся нишу западных брендов заняли китайские OEM-аналоги, однако и они, и отечественные модели подорожали. На рынке активизировались перекупы-спекулянты. В продажу бросились даже популярные автоблогеры, некоторые уже составляют серьёзную конкуренцию классическим автодилерам-профессионалам.

Имплементация антироссийских санкционных мер значительно отразилась на функционировании всех сегментов национальной экономики. Одним из максимально пострадавших секторов оказался автомобильный рынок, а соответственно – сегмент автосервисного и ремонтного аутсорсинга. Данный кластер, являясь ключевым компонентом потребительского рынка и сферы услуг, подвергся серьёзной логистической трансформации инфраструктуры.

1. Рынок до и после введения санкций.

До 2022 года рынок автосервисов в России был тесно связан с мировыми производственными и сервисными сетями. Его основными направлениями были:

- **Официальные дилерские центры:** Они работали по лицензиям ведущих мировых автопроизводителей, выполняя сервисное обслуживание согласно заводским требованиям, применяя оригинальные запчасти.
- **Многопрофильные СТО:** Они обслуживали автомобили разных марок, используя как оригинальные запчасти, так и аналоги.
- **Узконаправленные СТО:** Они концентрировались на определенных видах работ (ремонт стартеров, кузовной ремонт, чип-тюнинг, ремонт генераторов).
- **Гаражные сервисы:** Они предлагали низкие цены за счет минимизации транзакционных издержек используя только неоригинальные, некачественные запчасти.

Важной особенностью была зависимость от импорта: 60-80% всех запчастей, значительная доля технического оборудования, расходных материалов (моторные, трансмиссионные масла, охлаждающие, тормозные жидкости) и диагностического программного обеспечения поставлялись из других стран, в основном из стран Евросоюза, Южной Кореи и Японии.

Введение санкций создало много проблем, произошел классический шок предложения. Резкое сокращение прямых поставок комплектующих, разрыв логистических цепочек и уход с рынка многих известных производителей вызвали дефицит оригинальных запчастей, инфляцию издержек, обусловленную скачком цен на импортные запчасти и необходимость выстраивания новых, длинных логистических маршрутов через третьи страны и снижение совокупного предложения на рынке автосервисных услуг в сегменте официальных дилерских центров.

2. Как адаптировался рынок в новых условиях.

Первым последствием для потребителя стал скачок цен на услуги. Переменные издержки автосервисных центров (стоимость запасных частей, расходников, логистики) выросли во много раз. Из-за поиска новых поставщиков и перенастройки бизнес-процессов постоянные издержки тоже увеличились. Поскольку спрос на все услуги очень чувствителен к изменению цены, фирмам пришлось взять на себя часть возросших расходов для удержания клиентов, это привело к сокращению рентабельности.

Ценообразование запчастей кардинально изменилось, что создало сложную, многоуровневую систему:

1. **Оригинальные запчасти.** Высокая цена, ограниченное предложение.
2. **Аналоги от премиальных брендов.** Их качество на уровне оригинальных. Однако высокая стоимость, иногда даже превосходящая оригинал объясняется проблемами с поставками.
3. **Запчасти из «дружественных» стран (зачастую Китай).** Эти запчасти зарекомендовали себя как предлагающие баланс между ценой и качеством. Это привело к существенному росту их доли на рынке.

4. Некачественная продукция. Увеличение угроз, связанных с поступлением поддельных товаров на рынок, они имели сомнительное качество, так же у них отсутствовала надлежащая сертификация.

Санкции породили процесс импортозамещения в сфере услуг и параллельного импорта.

- Проблемы официальных дилерских центров. Их деятельность полностью зависела от поставок материнских компаний. Они столкнулись с наибольшими трудностями, их рыночная доля сократилась. Из-за сложившихся обстоятельств, многие компании были вынуждены расширить спектр своих услуг, став многопрофильными, начав использовать неоригинальные запчасти, ремонтируя и обслуживая автомобили тех марок, к которым они ранее никогда не прикасались.

- Рост значимости независимых автосервисов. Из-за того, что данные СТО не были привязаны к определенному бренду, они смогли быстро адаптироваться. Приспособившись к новым условиям, они наладили поставки автозапчастей по альтернативным каналам, освоили работу с аналогами и стали лидерами рынка в сфере автосервисов.

Создание новых сегментов рынка:

- Услуги по адаптации ввозимых автомобилей по схеме параллельного импорта. Рынок получил новое быстроразвивающееся направление.

- Развитие рынка вторичных запчастей. Обрел популярность рынок б/у запчастей с разбираемых автомобилей.

3. Макроэкономические аспекты и влияние на потребителя.

В целом, изменения на рынке автосервиса отражают общие направления экономики:

- Инфляция: Рост цен на услуги автосервисов внес свой вклад в общий индекс потребительских цен.

- Снижение уверенности у потребителя: Стоимость владения автомобилем увеличилась, это заставило людей пересматривать свои потребительские корзины, откладывать несущественные сервисные работы, что проявило сберегательное поведение.

- Перестройка импортных потоков: Произошел переход от прямых поставок из Японии и Европы на поставки из Китая, ОАЭ и других стран.

- Развитие производства внутри страны: Кризис подтолкнул к инвестициям в локализацию производства некоторых категорий запчастей (фильтры, тормозные колодки, аккумуляторы), что в долгосрочной перспективе может положительно повлиять на динамику валового внутреннего продукта (ВВП).

Санкции оказали значительное воздействие на рынок автосервисных услуг в России, они привели к глубокой структурной перестройке. Ключевые последствия:

1. Рост операционных издержек и цен для потребителя.

2. Смещение рыночного равновесия от официальных дилеров в сторону многопрофильных независимых автосервисов.

3. Развитие импортозамещения.

4. Люди стали пересматривать свои покупательские привычки, стремясь к покупке более доступных запчастей от аналогов.

Несмотря на первоначальные негативные моменты, такие как дефицит и инфляция, рынок показал свою адаптивную способность и гибкость. Стабильность рынка в будущем связана с тем, насколько успешно национальная экономика сможет наладить производство собственных комплектующих и освоить высокотехнологический ремонт.

Библиографический список

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

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

3. Патент на полезную модель № 218007 U1 Российская Федерация, МПК В08В 3/00. Установка для мойки деталей и узлов машин : заявл. 21.10.2022 : опубл. 02.05.2023 / А. А. Симдянкин, А. В. Шемякин, С. Н. Борычев [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

4. Анализ методов разработки технических систем / Г. Д. Кокорев [и др.] // Актуальные вопросы транспорта в современных условиях : Сборник научных статей по материалам III Международной научной конференции, Саратов, 28–29 октября 2016 года / Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. – Саратов: ИД "Райт- ЭКСПО", 2016. – С. 74-78.

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

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

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

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

9. Современные подходы к организации и технологиям технического обслуживания и ремонта автомобилей / А. И. Ушанев, Д. М. Юмаев, О. В. Филюшин, Е. А. Шамбазов // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации, Рязань, 29 января 2025 года. – Рязань: РГАТУ, 2025. – С. 176-181.

10. Повышение эффективности работы грузовых автомобилей в АПК цифровизацией их эксплуатации / И. А. Успенский, И. А. Юхин, П. С. Синицин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2025. – № 5(83). – С. 464-474.

11. Эффективность телематики в технической эксплуатации автотранспорта / А. С. Колотов, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2025. – № 3(81). – С. 504-511.

12. Анализ электронных систем измерения усилия педали тормоза легковых автомобилей / Г. К. Рембалович, И. А. Успенский, Д. М. Юмаев, Е. А. Шамбазов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 160-167.

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

14. Анализ электронных систем измерения усилия педали тормоза легковых автомобилей / Г. К. Рембалович, И. А. Успенский, Д. М. Юмаев, Е. А. Шамбазов // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 160-167.

ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ И МОЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СРЕДСТВ ДЛЯ ОЧИСТКИ МАШИН С ПОМОЩЬЮ БОРАТНЫХ ИНГИБИТОРОВ

Технологический процесс ремонта машин и оборудования в таких сферах, как агропромышленный комплекс и транспорт, неизменно включает в себя одну из наиболее трудоемких операций – очистку снятых агрегатов и деталей от масляно-жировых, органических и производственных загрязнений [1]. На сегодняшний день доминирующим методом, обеспечивающим высокую эффективность и производительность, является химическая мойка с использованием водных растворов синтетических моющих средств (СМС) [2]. Широкое распространение на предприятиях получили такие составы, как «Лабомид-101», «МЛ-51», «МС-8», «Тракторин» и другие, представляющие собой сыпучие порошки, хорошо растворимые в воде с образованием нетоксичных и пожаробезопасных рабочих растворов [3].

Однако, несмотря на очевидные преимущества, ключевой проблемой применения водных растворов СМС остается их высокая коррозионная активность по отношению к деталям из углеродистых сталей [4], которые составляют основу большинства узлов машин. Это приводит к скрытым повреждениям, снижению усталостной прочности и, как следствие, к сокращению межремонтного ресурса машин [5].

Таким образом, актуальной задачей является не только эффективное очищение, но и обеспечение защиты металла в процессе мойки и последующего хранения.

Гравиметрические исследования демонстрируют, что скорость коррозии стали Ст.10 в стандартных 3%-х растворах СМС может быть значительной. Например, в работах [6, 7] установлено, что через 10 суток испытаний скорость коррозии в растворе МЛ-52 достигала 0,0221 г/м²·ч, в Лабомиде-203 – 0,0190 г/м²·ч, а в МС-8 – 0,0168 г/м²·ч, что выстраивает эти средства в ряд по агрессивности: МЛ-52 > Лабомид-203 > МС-8. Такие потери металла, особенно в условиях многократной мойки или длительной выдержки деталей в моечном растворе (например, в моечных машинах гнездового типа или при обмывке перед консервацией), являются недопустимыми.

Первоначальные поиски решения были направлены на использование простых неорганических соединений. Было обнаружено [8, 9], что введение в состав СМС пентаборатов лития, натрия или калия, а также моно- и тетраборатов щелочных металлов и аммония, позволяет в определенной степени снизить коррозионную активность растворов и повысить коэффициент запаса циклической прочности стали. Механизм их действия основан на способности борат-ионов адсорбироваться на поверхности стали, образуя тонкий защитный слой, и подщелачивать прикатодную зону, замедляя

катодную реакцию восстановления кислорода. Однако потенциал простых солей оказался ограниченным. Для достижения значимого защитного эффекта (свыше 70-75%) требовались высокие концентрации ингибитора (5-7% и более), что экономически невыгодно и может негативно сказаться на моющих свойствах композиции, например, за счет образования труднорастворимых осадков с компонентами СМС или жесткостью воды [10].

Качественный скачок в эффективности произошел с переходом к использованию комплексных боратных соединений. Исследования [11, 12] показали, что при комбинации боратов с органическими лигандами, такими как аминспирты (моноэтаноламин, диэтаноламин, гексаметилендиамин), наблюдается ярко выраженный синергетический эффект. Это означает, что противокоррозионное действие полученного комплекса многократно превосходит суммарный эффект его отдельных компонентов.

Например [13, 14], при взаимодействии тетрабората аммония с гексаметилендиамином образуется новое двойное соединение – дитетраборатгексаметилендиаммоний (ДТБГМДА). Коррозионно-электрохимические испытания (поляризационные измерения и импедансная спектроскопия) доказали, что ДТБГМДА является мощным ингибитором смешанного типа с преобладанием анодного действия. Он не только пассивирует анодные участки поверхности, но и затрудняет катодный процесс.

Защитный эффект комплексных боратных ингибиторов, таких как ДТБГМДА, обусловлен многоуровневым механизмом [15]:

1. *Формирование полимолекулярного адсорбционного слоя.* Крупные органическо-неорганические катионы комплекса (в случае ДТБГМДА – гексаметилендиаммоний) прочно хемосорбируются на поверхности металла, ориентируясь таким образом, что создают гидрофобный барьер. Этот барьер блокирует активные центры коррозии и затрудняет подвод к поверхности агрессивных компонентов (кислорода, ионов хлора).

2. *Создание объемного буферного и пассивирующего барьера.* Борат-анионы, входящие в состав комплекса, мигрируют к поверхности и в присутствии кислорода способствуют образованию тонкой, но плотной оксидной пленки (Fe_2O_3 / Fe_3O_4), модифицированной соединениями бора. Эта пленка обладает высокими адгезионными свойствами и низкой растворимостью в щелочной среде моющего раствора.

3. *Стабилизация pH.* Комплексные соединения, подобные ДТБГМДА, проявляют буферные свойства, поддерживая pH раствора в оптимальном для защиты стали диапазоне (9,5-10,5). Это предотвращает как щелочное травление металла при высоких значениях pH, так и развитие локальной кислотной коррозии при его снижении.

Введение комплексных боратных ингибиторов не только не ухудшает, но и зачастую усиливает моющую способность композиций. Это связано с рядом факторов [16]:

1. *Поверхностно-активные свойства.* Органический катион в составе комплекса сам проявляет свойства катионного ПАВ. Это способствует

снижению поверхностного натяжения раствора, лучшему смачиванию поверхности детали и эмульгированию жировых загрязнений.

2. *Пептизация и диспергирование.* Борат-ионы обладают способностью связывать ионы жесткости (Ca^{2+} , Mg^{2+}), предотвращая образование нерастворимых «мыльных шлаков». Кроме того, они способствуют диспергированию твердых частиц загрязнений, переходя их во взвешенное состояние и препятствуя их повторному осаждению на очищенную поверхность.

3. *Синергия с компонентами СМС.* Комплексные ингибиторы демонстрируют синергизм не только между собой, но и с традиционными компонентами СМС – неионогенными ПАВ, карбонатами, силикатами. Это позволяет снизить общую концентрацию моющего средства без потери эффективности.

Эксперименты показали, что добавка 1,0-1,5 % ДТБГМДА в состав СМС «МЛ-52» повышает моющую способность готового раствора на 15-20 % по сравнению с исходным составом и на 25-30 % по сравнению с составом, содержащим простой тетраборат натрия в эквивалентной концентрации [17].

Таким образом, использование комплексных боратных ингибиторов, в частности дитетраборатгексаметилендиаммония, представляет собой высокоэффективное и экономически целесообразное решение ключевой проблемы химической мойки – коррозионного повреждения стальных деталей. Многоуровневый механизм защитного действия, сочетающий адсорбционное блокирование, пассивацию и буферный эффект, обеспечивает степень защиты на уровне 90-95% даже при низких концентрациях (1,0-1,5%).

Важнейшим преимуществом данного подхода является синергетическое улучшение не только противокоррозионных, но и моющих свойств синтетических моющих средств. Это позволяет создать универсальные композиции, совмещающие функции интенсивной очистки и надежной защиты, что в конечном итоге способствует повышению качества ремонта, увеличению срока службы машин и оборудования и снижению эксплуатационных затрат в таких критически важных отраслях, как агропромышленный комплекс и транспорт.

Дальнейшие исследования в данном направлении будут проводиться по синтезу и тестированию новых комплексных соединений на основе боратов с другими органическими лигандами (например, производными имидазолина, полиаминов), а также по оптимизации рецептур СМС для работы в условиях сверхжесткой воды и при пониженных температурах.

Библиографический список

1. Фадеев, И.В. Новые боратсодержащие присадки к моющим средствам для узлов и агрегатов транспортных средств / И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // Автотранспортное предприятие. 2015. – № 2. – С. 46-50.
2. Изменение контактных углов смачивания при добавлении в моющие растворы поверхностно-активных веществ / Н.В. Бышов, И.А. Успенский, В.В.

Алексеев, И.В. Фадеев // Инженерные технологии и системы. – 2019. – Т. 29. – № 2. – С. 295-305

3. Фадеев, И.В. Применение тетраборатов лития, натрия, калия в качестве экологически чистых добавок к моющим средствам / И.В. Фадеев, В.В. Белов, Ш.В. Садетдинов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2015. – № 21. – С. 52-55.

4. Повышение коррозионной стойкости углеродистой стали с помощью дипинаконборатных соединений / Ш.В. Садетдинов, Л.Ш. Пестряева, И.В. Фадеев, Д.А. Пестряев // Черные металлы. – 2020. – №11. – С. 40-45.

5. Разработка композиции технологической жидкости для увеличения долговечности деталей и узлов транспортных средств / И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, С.М. Мороз, Ш.В. Садетдинов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2017. – № 3 (50). – С. 90-97.

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

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

8. Фадеев, И.В. Синергетический эффект пентаборатов лития, натрия и калия в присутствии аминоспиртов в синтетических моющих средствах / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2016. – № 3 (46). – С. 49-55.

9. Фадеев, И.В. Исследование растворимости и ингибиторного действия систем моно-, тетра-, пентаборат натрия - этилендиамин - вода при 25°C / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов, В.К. Половняк // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 5. – С. 13-17.

10. Фадеев, И.В. Влияние моноборатов лития, натрия, калия на моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Приволжский научный журнал. – 2015. – № 2 (34). – С. 86-90.

11. Фадеев, И.В. Моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств для узлов и деталей в присутствии некоторых боратов / И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // Грузовик. – 2017. – № 1. – С. 17-20.

12. Фадеев, И.В. Моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств для узлов и деталей транспортных средств в присутствии некоторых боратов / И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // Грузовик. – 2016. – № 6. – С. 17-20.

13. Илларионов, И.Е. Теоретические основы химии аминокборатов и борофосфатов для разработки связующих систем, / И.Е. Илларионов, И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Проектирование и перспективные технологии в

машиностроении, металлургии и их кадровое обеспечение. Материалы третьей Всероссийской научно-практической конференции. Ответственный редактор И.Е. Илларионов, 2017. – С. 46-52.

14. Фадеев, И.В. Влияние моноэтаноламинтетраборатаммония в составе защитного покрытия на электрохимическое поведение стали 08кп / И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // Грузовик. – 2016. – № 12. – С. 15-20.

15. Parameters of optimized system of technological process of waste water disinfection of livestock enterprises in integrated physico-chemical effects / N.V. Byshov [et al] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. С. 012140.

16. Присадка к средствам для мойки деталей автотракторной техники / И.А. Успенский и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 4 (60). – С. 414-425.

17. Фадеев, И.В. Теоретические основы разработки новых ингибиторов коррозии для автотранспортного комплекса / И.В. Фадеев, А.М. Новоселов, Ш.В. Садетдинов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2014. – № 4 (39). – С. 17-21.

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

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

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

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

УДК 656.022:519.17

*Суханов М.К., студент 2 курса магистратуры,
Сябро М.М., студент 2 курса магистратуры,
Трофименко В.Э., студент 1 курса,
Научный руководитель: Лимаренко Н.В., доктор техн. наук, профессор
ФГБОУ ВО ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, РФ*

**УТОЧНЕНИЕ ПРИЗНАКОВ КЛАССИФИКАЦИИ СПОСОБОВ
ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ
НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ**

Введение. В настоящее время тема мониторинга и динамического управления транспортными маршрутами активно рассматривается и исследуется во множестве научных исследований в области логистики и транспорта [1-6]. Особое внимание уделяется пассажирским перевозкам [1-3], а также транспортировки грузов и товаров различного назначения [4]. Кроме того, активно исследуются факторы повышения эффективности логистических услуг и оперативности доставки грузов путем оптимизации маршрутов грузоперевозок [5, 6].

В качестве нормативной базы, определяющей развитие транспортной инфраструктуры в России, выступает Распоряжение Правительства РФ №3363-р от 27 ноября 2021 года. Этим документом утверждена Транспортная стратегия Российской Федерации, реализация которой запланирована на период до 2030 года с последующей масштабированием до 2035 года. Ключевыми ориентирами Стратегии является наращивание объемов и интенсивности грузовых перевозок. Достижение данных показателей напрямую связано с проблемой оптимизации логистических сроков и издержек. Достижение оптимальных временных и материальных затрат на логистику возможно путем внедрения интеллектуализированных систем управления. Основой таких систем являются методы математической оптимизации.

Математический аппарат для решения задач транспортного планирования предоставляет теория графов, которая с достаточной степенью достоверности моделирует задачу оптимизации [7-10]. С точки зрения формализации рассматриваемой задачи, транспортная система представляется в виде ориентированного или неориентированного графа. Его вершины отображают узловые элементы инфраструктуры: логистические центры, сортировочные пункты, перекрестки и пункты погрузки-разгрузки. Ребра графа имитируют соединяющие эти узлы пути сообщения, к которым относятся автомобильные и железные дороги, авиационные и морские маршруты. При этом временные и энергетические затраты на перемещение между узловыми элементами определяют вес соответствующего ребра графа. Вычислительные методы на графах, в первую очередь алгоритмы маршрутизации, являются основой для

навигационных и управляющих систем, критерием оптимальности для которых служит минимизация временных, финансовых и иных затрат.

В условиях современного уровня урбанизации страны и постоянного роста транспортного транзита постоянно растет спрос на решение задачи организации транспортных сетей. Эта задача зачастую имеет множество индивидуальных подзадач и граничных условий, которые необходимо учитывать при выборе математического алгоритма для ее решения. К рассматриваемым условиям можно отнести: требуемую вычислительную мощность и объем памяти для проведения расчетов, ограничения по времени работы, возможность роста размеров или плотности потока сети и т.д. Целью исследования является уточнение признаков классификации математических алгоритмов теории графов для решения задачи организации транспортных сетей различного уровня загруженности.

Основная часть. Классические алгоритмы поиска кратчайшего пути, такие как Алгоритм Дейкстры, являются фундаментальным инструментом для решения задач маршрутизации между двумя точками. Его гарантированная корректность для графов с неотрицательными весами делает его идеальным кандидатом для расчета статических маршрутов по расстоянию или фиксированному времени. Однако вычислительная сложность данного алгоритма может становиться ограничивающим фактором для графов очень большого размера, характерных для крупных городов с динамической плотностью потоков. Алгоритм A^* (A-star), будучи эвристическим расширением Дейкстры, позволяет существенно повысить эффективность поиска за счет использования эвристической функции (например, евклидова расстояния до цели), что делает его одним из наиболее предпочтительных методов для систем навигации и интеллектуальных транспортных систем, где требуется быстрое планирование маршрута.

Для решения задач глобального анализа, таких как оценка транспортной доступности всех районов города или размещение ключевых объектов инфраструктуры, применяются алгоритмы нахождения всех пар кратчайших путей. Алгоритм Флойда-Уоршелла предоставляет полную матрицу расстояний между всеми вершинами, что ценно для стратегического планирования, несмотря на кубическую сложность реализации.

При моделировании потоков, где ключевым параметром является не длина пути, а пропускная способность дорожного полотна, наиболее часто применяются алгоритмы поиска максимального потока. Алгоритм Эдмондса-Карпа, являющийся частным случаем алгоритмов Форда-Фалкерсона, позволяет найти максимальный объем транспорта, который может быть пропущен через сеть в час пик.

Методы, ориентированные на структуру сети, такие как алгоритмы кластеризации графов Гирвана-Ньюмена играют важную роль в макроанализе транспортной системы. Они позволяют выявить кластеры связанных перекрестков или районов, что может быть использовано для создания иерархической маршрутизации, оптимизации работы общественного транспорта и выделения зон с высокой внутренней связностью.

Эвристические подходы, такие как Муравьиный алгоритм, предлагают мощный инструмент для решения сложных оптимизационных задач, где традиционные методы не справляются. В контексте транспортных сетей они могут быть применены для динамической адаптации маршрутов в условиях меняющейся загруженности, имитируя коллективное поведение участников движения. Такие алгоритмы не гарантируют нахождения оптимума и требуют значительных вычислительных ресурсов, но способны находить близкие к оптимуму решения в больших и динамично эволюционирующих системах. Поэтому эвристические алгоритмы перспективны, например, для систем адаптивного управления светофорами.

Алгоритмы Крускала и Прима применяются в задачах проектирования инфраструктуры, например, при прокладке линий общественного транспорта или инженерных коммуникаций с минимальной общей длиной, обеспечивающей связность всех ключевых точек.

На основе проведенного анализа предложен уточненный перечень признаков классификации рассмотренных алгоритмов, достаточной для систематизации и оценки их применимости для задач организации транспортных сетей. Вычислительная сложность и время работы определяют эффективность алгоритма. Универсальность для разных задач характеризует критерий применимости. Стабильность работы в условиях больших и динамических сетей с постоянно меняющейся структурой и плотностью потоков определяет устойчивость алгоритма. Интерпретируемость результатов работы алгоритма определяют его доступность. Требования к объему памяти для хранения данных и проведения вычислений показывают ресурсоемкость.

Применение предложенного перечня признаков классификации позволило составить сравнительную таблицу 1 с бинарной сравнительной оценкой описанных алгоритмов применительно к рассматриваемой задаче.

Таблица 1 – Бинарная оценка применимости графовых алгоритмов для организации транспортных сетей

№	Алгоритм	Эффективность	Применимость	Устойчивость	Доступность	Ресурсы	Σ
1	Алгоритм Дейкстры	1	1	1	1	1	5
2	Алгоритм A* (A-star)	1	1	1	1	1	5
3	Алгоритм Флойда-Уоршелла	0	1	1	1	0	3
4	Алгоритм Эдмондса-Карпа	0	1	1	1	0	3
5	Муравьиный алгоритм	0	0	0	1	0	1
6	Алгоритмы Крускала / Прима	1	0	1	1	1	4
7	Алгоритмы	0	0	0	0	0	0

№	Алгоритм	Эффективность	Применимость	Устойчивость	Доступность	Ресурсы	Σ
	кластеризации (Гирвана-Ньюмена)						
8	Алгоритмы нахождения медианы графа	0	0	1	0	0	1

В таблице 1 суммарная оценка предложенных критериев приведена в правом крайнем столбце, что позволяет построить столбчатую диаграмму (рисунок 1) для сравнительной визуализации рассмотренных алгоритмов.

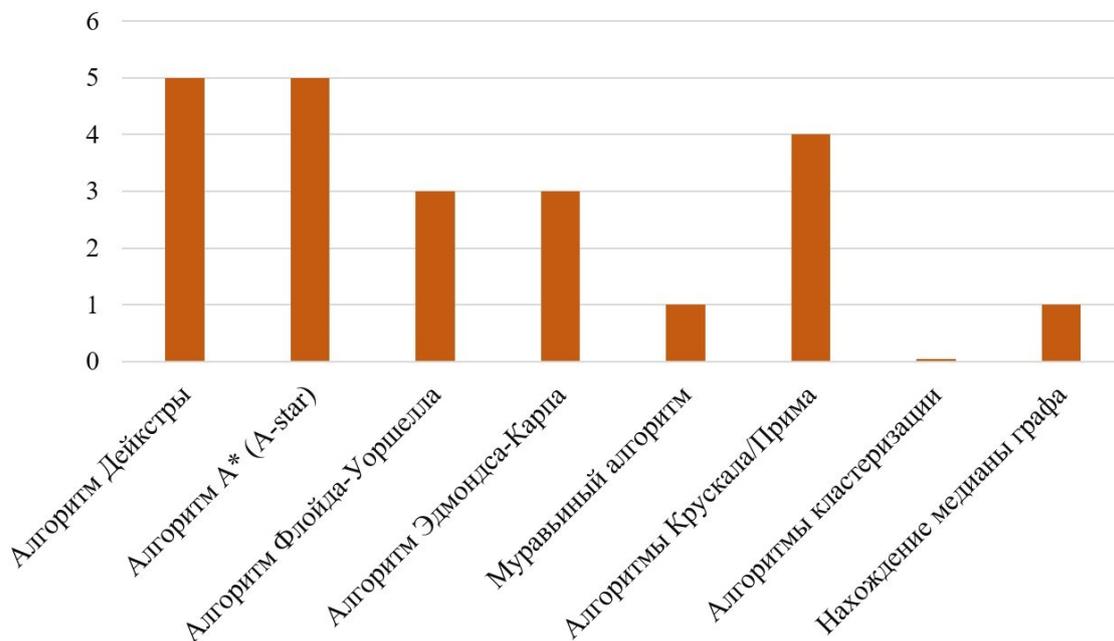


Рисунок 1 – Столбчатая диаграмма суммарных оценок применимости алгоритмов для решения рассматриваемой задачи

Таким образом, по предложенному перечню признаков наиболее подходящими алгоритмами среди рассмотренных оказались: алгоритм Дейкстры, алгоритм A* (A-star) и Алгоритм Крускала/Прима.

Для повышения точности детерминирования наиболее подходящего метода в реальных условиях для решения задачи организации транспортных сетей с индивидуальными внешними условиями, принцип оценки применимости алгоритмов может быть усложнен добавлением весов (w_i) каждому из 5 предложенных признаков (i). Оценку весов в таком случае необходимо производить с учетом значимости конкретного признака для уникальных условий задачи. Суммарная оценка (S_j) каждого алгоритма (j) из 6 рассмотренных может быть вычислена по формуле:

$$S_j = \sum_{i=1}^5 (x_i \times w_i), \quad (1)$$

где x_i – значение бинарной оценки i -го признака.

Заключение. В процессе проведения исследования были получены следующие теоретические результаты:

- проведена оценка применимости математических алгоритмов теории графов применительно к задаче организации транспортных сетей;
- предложен уточненный список признаков для классификации рассмотренных признаков в рамках решаемой задачи.

Кроме того, были получены следующие практические результаты:

- выделены оптимальные по предложенному набору признаков графовые алгоритмы для организации транспортных сетей;
- предложена методика оценки применимости рассмотренных алгоритмов с учетом оценки весомости предложенных признаков.

Исследование предлагает уточненный инструмент в области логистики для повышения эффективности путем оптимизации пассажирских, грузовых перевозок и транспортного движения в целом. Уточненный список признаков классификации способов организации транспортных сетей на основе теории графов позволит проводить оценку применимости алгоритмов под конкретную задачу. Кроме того, методика оценки применимости с учетом весомости признаков может быть непосредственно интегрирована в программные комплексы поддержки принятия решений.

Перспективным направлением дальнейших исследований может являться разработка гибридных графовых алгоритмов для работы с динамическими транспортными сетями в реальном времени, в том числе для интегрирования в системы поддержки принятия решений.

Библиографический список

1. Управление пассажирскими перевозками с помощью автоматизировано-информационных технологий / Д.С. Рябчиков, О.Н. Дидманидзе, А.А. Солнцев [и др.] // Транспортное дело России. – 2024. – № 3. – С. 287-292.
2. Андриевский, С.А. Оптимизация транспортных потоков в городских агломерациях / С.А. Андриевский, А.И. Баранов // Наука и молодежь XXI века. – 2024. – С. 125–129.
3. Абузьяров, Л.Д. Управление дорожным движением в городах / Л.Д. Абузьяров, О.В. Терентьев, В.В. Терентьев // Научно-исследовательские решения высшей школы: Материалы студенческой научной конференции, Рязань, 01 ноября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 345-346.
4. Терентьев, О.В. Система управления автомобильными перевозками / О.В. Терентьев, В.В. Терентьев // Россия молодая: Сборник материалов XVI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с

международным участием, Кемерово, 16–19 апреля 2024 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2024. – С. 52507.1-52507.4.

5. Современные технологии в логистике / О.В. Терентьев, В.В. Терентьев, И.Ю. Богданчиков [и др.] // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2024. – № 1(20). – С. 111-117.

6. Терентьев, В.В. Оптимизация маршрутов грузовых перевозок / В.В. Терентьев, О.В. Терентьев, Н.Н. Пашканг // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 333-338.

7. Лаврентьева, Т.Н. Применение методов теории графов в логистике / Т.Н. Лаврентьева, В.А. Михайлова // Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития: сборник научных трудов XVII Республиканской технической научно-практической конференции (Чебоксары, 28 марта 2018 г.). В 2 ч. Ч. 1. – Чебоксары: Волжский филиал ФГБОУ ВО «МАДИ», 2018. – С. 182–186.

8. Использование теории графов в транспортной логистике / О.С. Кочегарова, Ю.В. Лажаунинкас, В.С. Мавзовин, Е.Г. Носова // Наука, инновации, технологии и образование: сборник статей Международной научно-практической конференции (Саратов, 01 декабря 2017 г.). – Саратов: Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2017. – С. 217–221.

9. Mitra, A. Application of graph theory in disaster management for efficient handling and mobIALIZING of resources and logistics / A. Mitra, S. Paul, R. Bhardwaj // *Advances in Computers*. – 2025.

10. Алейник, Д.В. Оптимизация логистических сетей на основе теории графов / Д.В. Алейник, В.Н. Коломиец, О.В. Косникова // Московский экономический журнал. – 2023. – Т. 8, № 11.

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

УДК 631.171

*Агальцов Н.В., студент 2 курса,
Гаврилина О.П., канд. техн. наук, доцент,
Попов А.С., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

РОЛЬ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ПРОВЕДЕНИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

В настоящее время в связи с глобальной проблемой продовольствия особенно важно получать наиболее максимальную отдачу от сельскохозяйственных полей. Перспективы развития в данной сфере имеют автоматизация и цифровизация управления ресурсами в АПК. Важную роль в повышении урожайности культур играют мелиоративные мероприятия. В Российской Федерации около 9,5 млн га мелиорированных земель. При этом нуждаются в ремонте и реконструкции около 40 % оросительных систем и около 25% осушительных систем. Для наблюдения состояния мелиоративных систем и недопущения нежелательных поломок необходимо проводить своевременный мониторинг. Также необходимо обследовать водный, воздушный, питательный и тепловой режим почв.

Основные аспекты в рамках данной темы:

1. Точное земледелие. Оно включает в себя применение беспилотных летательных аппаратов и спутникового мониторинга, что необходимо для дальнейшей цифровизации сельскохозяйственных полей и анализа состояния различных сельскохозяйственных культур. Благодаря этому можно контролировать и регулировать проведение мелиоративных мероприятий.

2. Автоматизированное управление водными ресурсами. Данный аспект включает в себя применение различных инновационных датчиков и автоматических систем, что снижает материальные затраты.

3. Применение инноваций в мелиоративных технологиях. Улучшение методов полива и разработка новых мелиоративных систем. Это позволит сэкономить водные ресурсы и электроэнергию, а также повысить урожайность.

4. Обмен опытом и международное сотрудничество. Это позволит изучить опыт зарубежных стран в данной области с дальнейшим сотрудничеством для дальнейшего перспективного развития агропромышленного опыта.

5. Подготовка квалифицированных кадров. Необходимо внедрение новых технологий и оборудования в учебный процесс.

В данном материале подробно будет рассмотрено точное земледелие. Все чаще аграрии применяют на практике различное инновационное оборудование, в особенности беспилотные летательные аппараты. Их применение характерно

для точного земледелия. При съемке летательными аппаратами получают точные данные, с помощью которых в дальнейшем корректируют мелиоративные и другие мероприятия для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. К таким мероприятиям относятся: полив, посев и внесение химических веществ, пестицидов и различных удобрений. При применении беспилотных летательных аппаратов получают аэрофотоснимки, позволяющие оценить не только состояние растений, но и техническое состояние мелиоративных систем. По снимкам из космоса возможен вариант обнаружения водоприёмников открытых, искусственных прудов, дамб, плотин, гидротехнических сооружений т.д.

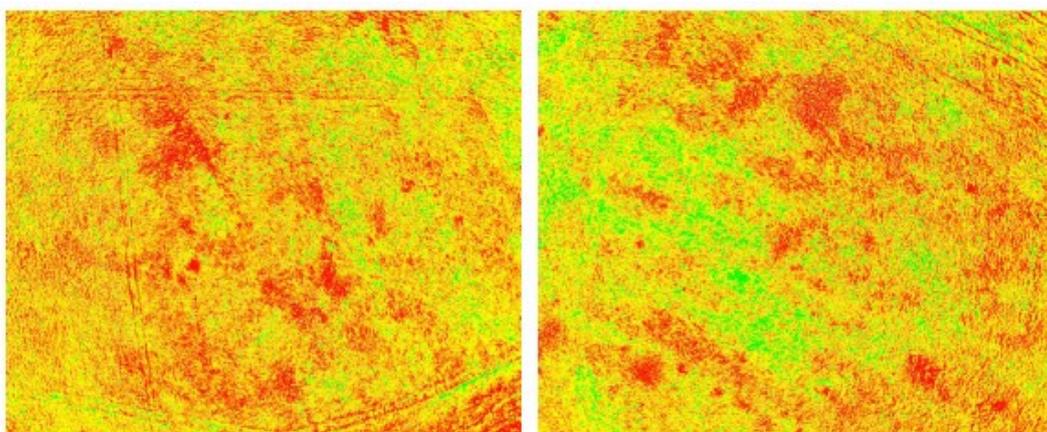


Рисунок 1 – Пример мультиспектральной съемки с помощью БПЛА сельскохозяйственного поля

При съемке с помощью БПЛА получают высокодетализированные изображения сельскохозяйственных полей, что особенно необходимо для оценки состояния сельскохозяйственных растений, для выявления проблемных участков полей и для определения потребности растений в воде и удобрениях.

БПЛА имеют камеры, которые делают снимки в инфракрасном и видимом спектрах. Такие камеры оснащаются сенсорами, способными воспринимать электромагнитное излучение в широком диапазоне длин волн. Камера состоит из:

- матриц (регистрируют цвета, которые воспринимаются глазом человека с длиной волн около 380-750 нм и инфракрасное излучение с длиной волн выше 750 нм);
- объективов и фильтров (линзы для инфракрасной съемки изготавливают из таких материалов, как кремния, германия и селенида цинка). Фильтры необходимы для блокировки нежелательных длин волн, для регистрации камерой необходимый диапазон волн;
- процессоров (необходимы для обработки сигналов с дальнейшей конвертацией из изображения) и преобразователей аналого-цифровых;
- корпуса и устройств охлаждения (криогенное и жидкостное охлаждение).

При съемке с помощью БПЛА измеряется нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI). Он показывает состояние растений согласно разнице между отражением света в красном и инфракрасном диапазоне. Данный индекс рассчитывается согласно формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}, \quad (1)$$

где, NIR – отраженная интенсивность излучения в инфракрасном диапазоне,

Red – отраженная интенсивность излучения в красном диапазоне.

Данный индекс имеет значение от -1 до 1. Если растение здоровое, индекс близится к 1 и наоборот.

Данный индекс позволяет определить участок с недостатком влаги. Также возможно составление карты полива.

В рамках данной темы проводились различные исследования. Одно из которых – обследование хозяйства ЗАО «Озеры» в Коломенском городском округе. С помощью беспилотника были сделаны снимки в естественных цветах (рис.2).

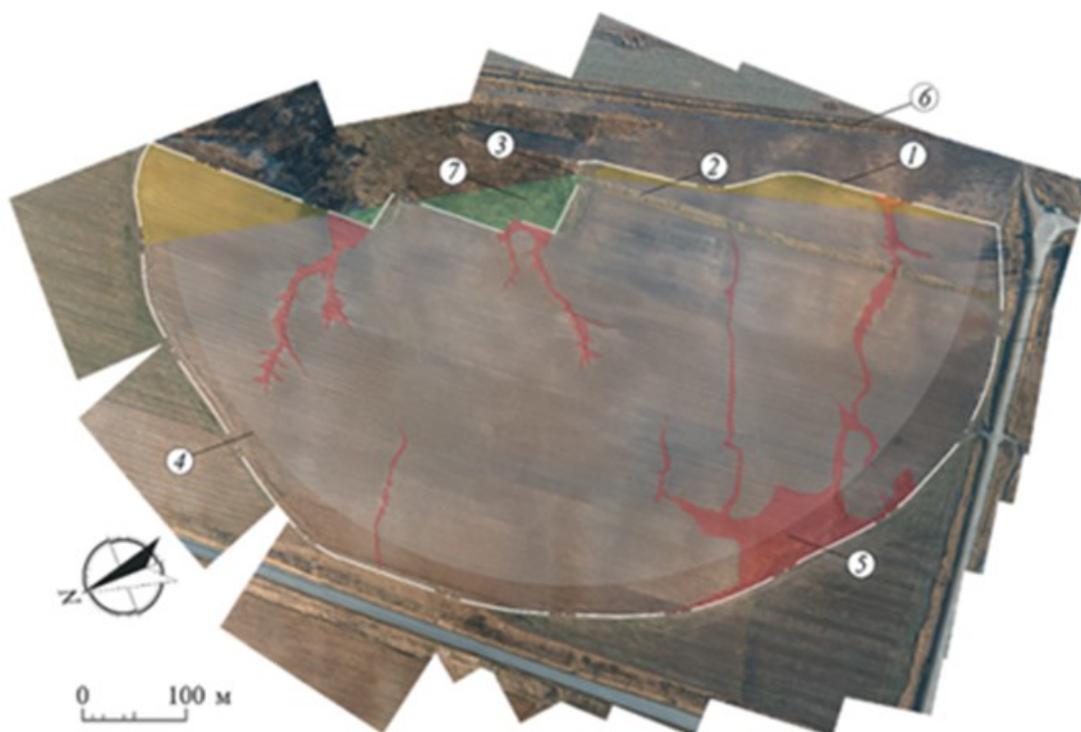


Рисунок 2 – Снимок хозяйства

Для изучения состояния мелиоративной системы был выполнен поиск спутниковых снимков и получены оценки спектральных индексов с визуализацией (рис.3).

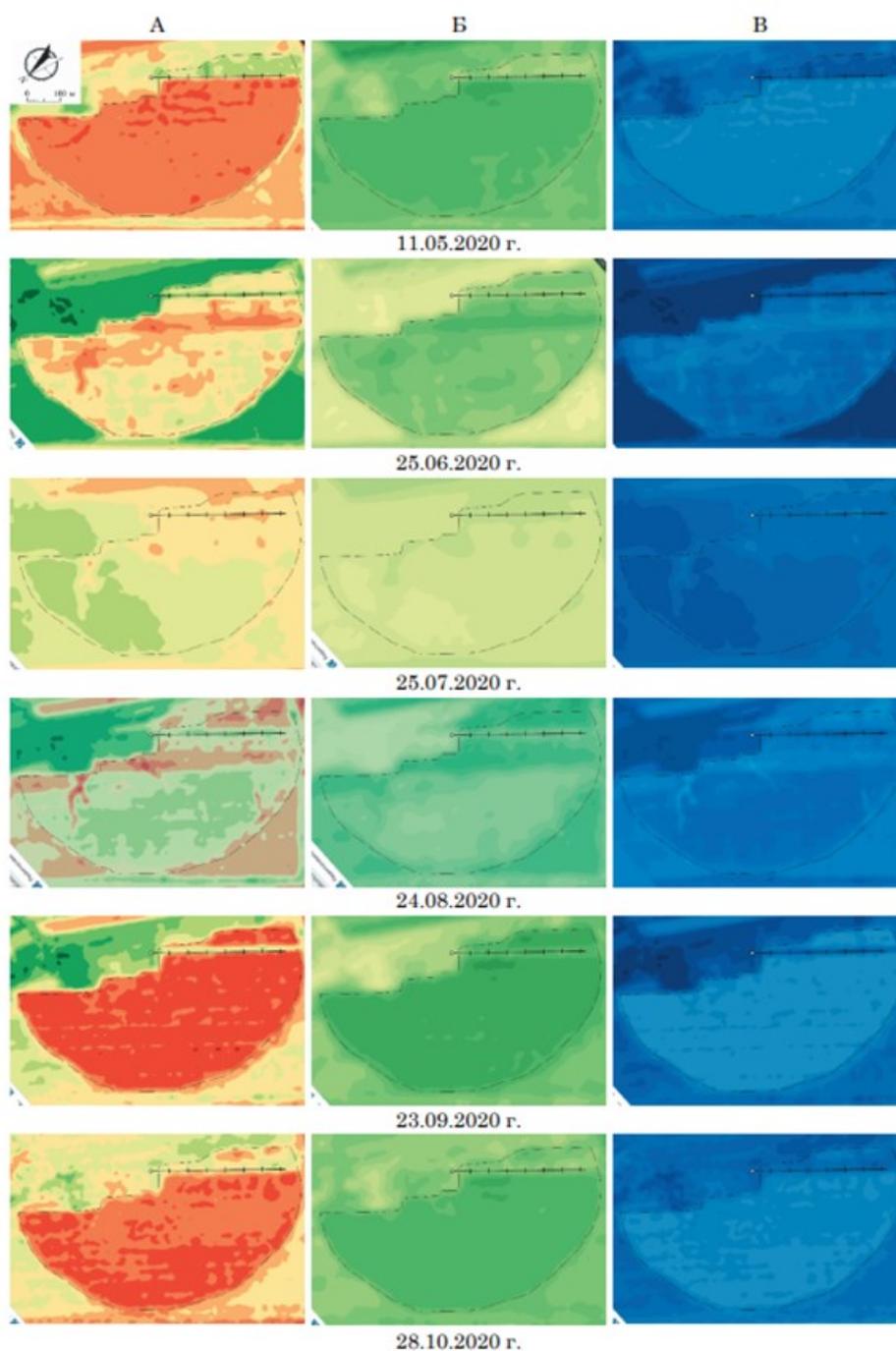


Рисунок 3 – Состояние поля со спектральными индексами: А – NDVI индекс; Б – LSWI индекс; В – NDSI индекс

При данных исследованиях выявлено, что объект находится в удовлетворительном состоянии, что в дальнейшем может негативно сказаться на мелиоративном состоянии.

БПЛА в мелиорации позволяют проводить мониторинг сельскохозяйственных угодий, оценивать водные ресурсы (определять температуру воды в водоемах, определять их местоположение и оценивать динамику водных потоков), планировать мелиоративные мероприятия и контролировать выполнение мелиоративных работ.

Преимущества беспилотных летательных аппаратов в мелиорации – высокая оперативность, получение детализированных данных, снижение риска рабочих кадров и экономичность.

Таким образом, применение БПЛА достаточно актуально в наше время. Они обеспечивают точных и эффективный контроль за состоянием сельскохозяйственных земель. Однако, как и всё оборудование, данные летательные аппараты имеют свои недостатки: ограничения во времени и дальности полетов, затруднительная работа при плохих погодных условиях.

В нашей стране активно внедряются беспилотные летательные аппараты для оценки сельскохозяйственных угодий и планирования мелиоративных мероприятий.

Библиографический список

1. Мелиорация земель [Электронный ресурс] : учебник / А.И. Голованов [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 816 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/65048> — Загл. с экрана.

2. Гарифуллин, И.И. Методика расчёта величины оптимальной плотности сложения почвы в любой период вегетации / И.И. Гарифуллин // Сельскохозяйственный журнал 2020 №5. С 12-18.

3. Почвенно-мелиоративные изыскания / Борячев С.Н., Колошеин Д.В., Гаврикова Е.Ю. др. // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. - 2020. - С. 98-101.

4. Дубенок, Н.Н. Дистанционное зондирование земли в оценке состояния мелиоративных систем и эффективности использования мелиоративных земель / Н.Н. Дубенок // Проблемы развития сельскохозяйственных мелиораций и водохозяйственного комплекса на базе цифровой технологий: материалы Междунар. юбилейной науч.-практ. конф. М., 2019. С. 27-37.

5. Бородин, И.Д. Статистическая оценка устойчивости движения беспилотного летательного аппарата (БЛА) / И.Д. Бородин // Гагаринские чтения – 2018: сб. тезисов докладов XLIV Междунар. молодежной науч. конф. Коломна, 2018. С.

6 Гаврилина, О. П. Автоматизация полива дождеванием / О. П. Гаврилина, С. Н. Борячев, Д. В. Колошеин // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации: Материалы 72-й международной научно-практической конференции, Рязань, 20 апреля 2021 года, Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 162-165.

*Щур А.С., студент 1 курса,
Белозеров А.И., студент 1 курса,
Зограбян Г.З., студент 1 курса,
Гаврилина О. П. канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВОРГАТУ, г. Рязань, РФ*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫМИ РЕЖИМАМИ ПОЧВ

В современных условиях трансформации агроландшафтов, характеризующихся возрастающей неустойчивостью гидрометеорологических параметров и усложнением структуры землепользования, особую актуальность приобретает задача повышения эффективности функционирования мелиоративных систем. Практический опыт эксплуатации ирригационных и дренажных сооружений свидетельствует, что устойчивость почвенно-гидрологического режима в значительной мере определяется степенью согласованности управляющих воздействий, качеством мониторинговых данных и способностью оператора мелиоративного комплекса к своевременной коррекции управляющих параметров. В этих условиях внедрение информационных технологий (ИТ) становится определяющим фактором оптимизации работы мелиоративных систем, позволяя формировать более точные сценарии управления водным балансом почв и минимизировать деградационные процессы.

1. Система факторов, определяющих эффективность управления мелиоративным режимом.

Эффективность регулирования водно-воздушного состояния почвы в мелиоративных системах определяется совокупностью внешних (атмосферных) и внутренних (физико-химических, гидрогеологических) факторов, в числе которых: сезонная изменчивость водопритока, неоднородность почвенного профиля, динамика грунтовых вод, а также структура влагообеспечения растений. Традиционные методы оценки и контроля мелиоративного режима предполагают использование выборочных наблюдений, что формирует значительные погрешности при наблюдении за динамикой водного баланса. В реальных условиях эксплуатации несоответствие между проектными и фактическими параметрами функционирования систем приводит к возникновению критических отклонений — переувлажнению, вторичному засолению, суффозии, что снижает продуктивность земель.

Современные информационные технологии позволяют компенсировать данные ограничения за счёт формирования непрерывной, высокодетализированной и пространственно распределённой системы наблюдений, включающей сеть сенсорных узлов, дистанционный контроль и автоматизированную обработку больших массивов данных.

2. Архитектура информационно-управляющих систем в мелиорации

Современные ИТ-комплексы, применяемые для регулирования мелиоративных процессов, представляют собой многоуровневые системы, включающие подсистемы:

1. сенсорного мониторинга, обеспечивающего непрерывный контроль влажности почвы, уровня грунтовых вод, температуры, солевого режима;
2. гидрологических моделей, позволяющих прогнозировать динамику водных потоков в зависимости от климатических и антропогенных воздействий;
3. управляющего контура, включающего исполнительные устройства (заслонки, насосные станции, дренажные агрегаты) и интеллектуальные алгоритмы адаптивного регулирования.

Особенностью таких систем является возможность формирования самообучающихся моделей, основанных на применении методов машинного обучения и нейросетевого анализа. Эти модели учитывают не только текущие значения параметров, но и направления изменения ключевых факторов, что позволяет корректировать мелиоративные воздействия в упреждающем режиме.

Интеграция различных уровней информационного обеспечения формирует единое цифровое пространство, обеспечивающее высокоточную координацию работы распределённых элементов мелиоративной сети.

3. Технологии сенсорного мониторинга и их роль в управлении режимами почв

В рамках современных подходов к управлению водным режимом почв ключевым фактором, по нашему мнению, выступает внедрение технологий высокоточного сенсорного мониторинга, обеспечивающих оперативное и объективное получение данных о состоянии почвенной среды. В частности, применение датчиков грунтовой влажности с многоточечным сканированием позволяет фиксировать вертикальную неоднородность влагонакопления, что существенно повышает достоверность оценки инфильтрационных процессов. Электромагнитные зонды, в свою очередь, обеспечивают контроль засоленности и дают возможность своевременно выявлять тенденции к аккумуляции солей, что особенно важно для территорий с риском вторичного засоления. Использование ультразвуковых и пьезометрических датчиков уровня грунтовых вод формирует непрерывные ряды наблюдений, позволяющие отслеживать динамику колебаний горизонта насыщения. Дополняют эту систему полевые метеостанции, интегрированные с облачными сервисами прогнозирования, что обеспечивает согласование почвенно-гидрологических данных с метеорологическими факторами.

Следует отметить, что агрегирование информации в едином центре обработки данных создаёт условия для её предварительной фильтрации, алгоритмизации и классификации. Формирование статистически устойчивой базы наблюдений позволяет выявлять малозаметные, но значимые изменения в структуре водного режима, которые традиционными методами контроля установить крайне затруднительно.

4. Математическое моделирование и цифровые двойники мелиоративных систем

В современных условиях, когда повышение эффективности мелиоративных мероприятий требует не только инженерной, но и интеллектуальной поддержки, особую значимость приобретает математическое моделирование, реализуемое через концепцию цифровых двойников мелиоративных систем. Под цифровым двойником понимается виртуальная реплика реального объекта, функционирующая в синхронном режиме с натурной системой и отражающая текущее состояние почвенно-гидрологических процессов.

Формирование такого двойника основывается на комплексной интеграции гидрофизических свойств почв — водопроницаемости, капиллярного подъёма, структуры и распределения порового пространства, — которые определяют характер фильтрации и влагопереноса. Не менее важными являются климатические факторы, включающие осадки, интенсивность испарения и температурный режим, поскольку именно они формируют внешнюю нагрузку на систему. В модель также закладываются параметры функционирования оросительных и дренажных сооружений, обеспечивающие воспроизведение процессов водоподачи, перераспределения и водоотведения. Топографическая основа и геоинформационные данные позволяют учитывать рельеф, микродепрессии и направленность естественного стока, что повышает точность пространственной привязки прогнозных расчётов.

Следует отметить, что цифровой двойник обеспечивает возможность апробации различных управленческих режимов без риска вмешательства в реальный объект. Это касается как моделирования промывных мероприятий в целях снижения засоленности почвенного профиля, так и оптимизации работы закрытого дренажа с учётом изменчивости уровня грунтовых вод. В результате цифровая модель позволяет выявлять потенциальные зоны нестабильности, прогнозировать развитие неблагоприятных процессов и формировать обоснованные, экономически выверенные сценарии мелиоративного воздействия, что существенно повышает надёжность и результативность управления почвенно-водным режимом.

5. Автоматизация управления и интеллектуальные алгоритмы регулирования.

Использование интеллектуальных управляющих комплексов обеспечивает существенное повышение эффективности эксплуатации мелиоративных систем.

Наиболее перспективными являются:

- адаптивные алгоритмы, которые модифицируют действия в зависимости от состояния почвы, водного баланса и прогнозируемых климатических изменений;
- оптимизационные модели, минимизирующие затраты воды и энергии при одновременном обеспечении целевых режимов влажности;

– системы предиктивного управления, основанные на прогнозировании водных нагрузок и упреждающем изменении режимов работы насосно-заслонных узлов.

Эти подходы позволяют обеспечить высокую устойчивость мелиоративных процессов даже при резком изменении внешних условий.

6. Практические примеры внедрения информационных технологий в мелиорации

Опыт применения ИТ-комплексов управления мелиоративными процессами в ряде регионов позволяет установить существенное повышение производительности мелиорируемых земель. Доказано, что использование автоматизированных систем управления дренажем позволяет сократить объёмы водоподачи до 20–30 %, а применение цифровых платформ мониторинга обеспечивает более точное регулирование засоленности и предотвращает развитие деградационных процессов. В районах с рисовым орошением внедрение автоматизированных шлюзовых систем приводит к значительному снижению потерь воды и улучшению стабильности урожайности.

Совокупность представленных данных свидетельствует, что информационные технологии формируют принципиально новый уровень управления мелиоративными режимами почв. Интеграция сенсорного мониторинга, цифровых двойников, интеллектуальных алгоритмов и автоматизированных управляющих устройств обеспечивает повышение точности регулирования водного режима, устойчивость почвенно-гидрологических процессов и снижение риска развития деградационных явлений. Именно переход к цифровой парадигме управления позволяет рассматривать мелиоративные системы как высокотехнологичные инженерные комплексы, способные адаптироваться к изменяющимся климатическим и техногенным условиям и обеспечивать требуемые параметры эксплуатации в долгосрочной перспективе.

Библиографический список

1. Преимущества мелкодисперсного дождевания / О. П. Гаврилина, А. С. Щур, С. О. Клепова, Е. В. Горожанина // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации, Рязань, 29 января 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2025. – С. 210-214.

2. Горизонтальные дренажи в дорожном строительстве / А. С. Щур, Д. Д. Стешенко, Г. С. Власов, Л. А. Маслова // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве, Рязань, 26 марта 2025 года. – Рязань: РГАТУ, 2025. – С. 80-87.

3. Осушительная система в гидромелиорации / А. И. Белозеров, А. С. Щур, А. Н. Кочеткова, О. П. Гаврилина // Перспективы развития транспортной системы в Российской Федерации : Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, приуроченной к профессиональному празднику - Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 25 октября

2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 68-72.

4. Гаврилина, О. П. Принципы и методы использования гидравлической процессов на оросительных системах / О. П. Гаврилина, С. Н. Борычев // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2019. – № 2(9). – С. 76-80.

5. Бочкарева, Я. В. Моноблочная система стабилизации водоподачи из трубчатых водовыпусков, каналов и малых водоемов / Я. В. Бочкарева, О. П. Гаврилина // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства : Сборник научных трудов. Том Выпуск 4, Часть 1. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2000. – С. 119-124.

6. Фионова, А. А. Эколого-экономические основы мелиорации земель / А. А. Фионова, О. П. Гаврилина // Современные направления повышения эффективности использования транспортных систем и инженерных сооружений в АПК: Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 16 февраля 2022 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 377-380.

7. Гаврилина, О. П. Автоматизация полива дождеванием / О. П. Гаврилина, С. Н. Борычев, Д. В. Колошеин // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации : Материалы 72-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 20 апреля 2021 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 162-165.

8. Гидротехнические сооружения и требования, предъявляемые к ним / О. П. Гаврилина, Д. В. Колошеин, Т. С. Ткач [и др.] // Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 20 ноября 2020 года. Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 86-89.

9. Солянка, Н. С. Автоматизация водоснабжения и орошения / Н. С. Солянка, О. П. Гаврилина, А. И. Бойко // Современные направления повышения эффективности использования транспортных систем и инженерных сооружений в АПК : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 16 февраля 2022 года / Министерство

сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 356-359.

10. Щур, А. С. Актуальные вопросы инженерно-технической поддержки сельскохозяйственных предприятий / А. С. Щур, О. П. Гаврилина // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных процессов в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина, Рязань, 24 мая 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева , 2024. – С. 190-196.

11. Применение авторегуляторов уровня грунтовых вод на гидромелиоративных системах / А. С. Щур, А. И. Белозеров, А. Н. Кочеткова, О. П. Гаврилина // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 239-244.

12. Применение авторегуляторов уровня грунтовых вод на гидромелиоративных системах / А. С. Щур, А. И. Белозеров, А. Н. Кочеткова, О. П. Гаврилина // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 239-244.

13. Почвенно-мелиоративные изыскания/ С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин, Е.Ю. Гаврикова // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. - Рязань: РГАТУ, 2020. - С. 98-101.

*Щур А.С., студент 1 курса,
Кочеткова А.Н., студент 1 курса,
Белозеров А.И., студент 1 курса,
Ткач Т.С., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВОРГАТУ, г. Рязань, РФ*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ВЛАГИ И СОЛЕЙ В ПОЧВОГРУНТАХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ПОЛИВА

Современная практика мелиорации требует высокой точности расчётов, устойчивости прогнозов и способности учитывать многофакторное влияние климатических, гидрологических, физико-химических и биологических процессов, воздействующих на почвогрунт при эксплуатации оросительных систем. Рост климатической нестабильности, интенсификация вододефицита и деградация почвенного профиля усиливают актуальность разработки моделей движения влаги и растворённых солей, позволяющих адаптировать режимы орошения к реальным условиям функционирования агроландшафтов.

Аналогично инженерным композитам, где параметры структуры на микро - и макроуровнях определяют устойчивость материала к внешним воздействиям, почвогрунт представляет собой высокоорганизованную, неоднородную пористую среду, в которой свойства влагообмена и миграции солей являются функцией гранулометрического состава, минералогии, капиллярно-поровой структуры, уровня органического вещества, гидравлической проводимости и осмотических градиентов. Поэтому корректное моделирование процессов влаго- и солепереноса возможно лишь при учёте многоуровневой организации почвы, динамики её структурных связей и особенностей водоподачи при различных способах полива.

Теоретико-методологические основы моделирования влаго - и солепереноса

Фундаментом для математического описания движения влаги служит уравнение Ричардса, представляющее собой модифицированный закон Дарси для нестационарного, нелинейного движения воды в ненасыщенных пористых средах. В свою очередь, перенос солей описывается уравнением адвекции–диспесии, дополненным блоками сорбции, ионного обмена, растворимости и химического равновесия.

В инженерной аналогии эти уравнения соответствуют моделям распространения влаги и растворённых веществ в цементном камне или пористых строительных материалах, где скорость и направление транспорта также определяется поровой структурой и взаимодействием между фазами.

В мелиоративной науке наиболее распространены модели HYDRUS-1D/2D/3D, SWAP, UNSATCHEM и SALTMED, которые интегрируют гидродинамику, термодинамику и химическое взаимодействие, обеспечивая возможность прогноза глубины промачивания, профилей влажности, солевого баланса и тенденций к вторичному засолению.

Важно, что моделирование становится критически значимо при переходе к ресурсосберегающим технологиям, где допустимая погрешность управления подачей воды снижается, а риск накопления солей возрастает, особенно в аридных и полуаридных регионах.

Влияние способов полива на структуру влаго- и солепереноса

Способ подачи воды определяет не только интенсивность и глубину инфильтрации, но и конфигурацию потоков, режимы сорбции, направление миграции и скорость накопления солевых фронтов.

1. Поверхностный полив

Поверхностные методы (бороздовый, чекированный) создают резко выраженный вертикальный поток влаги, обусловленный высокой начальной скоростью инфильтрации. В начальной фазе вода заполняет крупные поры, формируя интенсивное нисходящее движение, при котором соли выносятся в нижние горизонты. Однако при длительном испарении в зоне аэрации формируется обратный капиллярный подъём, приводящий к локальному накоплению солей — аналогично концентрации растворённых веществ в материалах с нарушенной однородностью поровой структуры.

Такие особенности требуют моделирования с учётом испарительных потерь, глубины промачивания и неоднородности влажностного фронта.

2. Дождевание

Системы дождевания обеспечивают равномерное распределение влаги по поверхности, что приводит к более сглаженному профилю инфильтрации. В условиях умеренной интенсивности дождевание снижает градиенты влагообмена и способствует равномерному перемещению солей.

При ветровых нагрузках наблюдается формирование зон недоувлажнения и переувлажнения, что в модели отражается в виде пространственной неоднородности. Соли перераспределяются преимущественно конвективным путём, риск их накопления ниже, чем при поверхностном поливе.

3. Капельное орошение

При капельном орошении образуется характерная «луковичная» форма фронта влаги, обусловленная сочетанием вертикального и радиального движения. Модели показывают, что соли вытесняются к периферии зоны смачивания и концентрируются в сухих областях, что приводит к образованию солевых фронтов, подобных фрактальным структурам границы раздела фаз в наномодифицированных композитах.

Такое смещение солей требует строгой математической корректировки:

- оптимизации расстояния между капельницами;
- расчёта текущего и остаточного солевого баланса;
- прогнозирования зон возможного засоления.

4. Подпочвенное орошение

При подпочвенном поливе движение влаги осуществляется снизу вверх посредством капиллярного подъёма. В такой системе осмотические и гравитационные силы действуют в противоположных режимах, что увеличивает риск концентрации солей в верхних горизонтах.

Это особенно опасно в условиях высокой испаряемости: солевой фронт поднимается вслед за капиллярной влагой, формируя плотную зону засоления на глубине 5–20 см, которая является критической для корневых систем большинства культур.

Моделирование как инструмент управления мелиоративными процессами

Использование моделей влаго- и солепереноса в почвогрунтах выступает ключевым методологическим инструментом, обеспечивающим научно обоснованное управление мелиоративными процессами. В условиях усиливающейся климатической нестабильности и нарастающего водного дефицита именно математическое моделирование позволяет перейти от эмпирически ориентированных подходов к строго регламентированным стратегиям управления водным режимом орошаемых территорий.

Структурная сложность почвенной среды — её капиллярно-поровая организация, минералогическая неоднородность, многокомпонентная химическая система и динамическая изменчивость гидрофизических параметров — делает моделирование единственным инструментом, способным реконструировать пространственно-временную картину влаго- и ионопереноса без разрушения природной структуры почвы. Аналогично тому, как в инженерных композиционных материалах моделирование процессов влагонакопления и деструкции позволяет прогнозировать эксплуатационную долговечность конструкции, в мелиорации моделирование процессов в почве выполняет функцию диагностического и прогностического механизма, определяющего оптимальные конфигурации водоподачи и предупреждающего развитие негативных процессов.

Функциональные возможности моделирования влаго- и солепереноса

Прогнозирование динамики увлажнения при различных способах орошения

Модели позволяют воспроизводить сложную кинетику влагообмена — от начальной инфильтрации до перераспределения влаги по профилю. Каждому способу полива соответствует собственная конфигурация градиентов, потоков и зон насыщения. Поверхностный полив, дождевание, капельное и подпочвенное орошение формируют различную геометрию фронта влаги, что требует соответствующих расчётных схем.

Прогноз, формируемый моделью, позволяет заранее оценивать глубину и скорость промачивания, что критически важно для предотвращения неравномерного увлажнения и оптимального размещения точки подачи воды.

Определение риска возникновения локальных зон засоления

Каждый способ орошения задаёт уникальный режим миграции солевых фронтов. Модели позволяют выявлять области возможного накопления солей, которые формируются вследствие капиллярного подъёма, избыточного испарения или радиального вытеснения солей при капельном поливе.

Эти зоны являются функциональным аналогом участков с повышенной концентрацией порового раствора в наномодифицированных материалах, где локальный рост концентраций инициирует структурную деградацию. В почве

аналогичные процессы ведут к химической деградации плодородного слоя и потере устойчивости агроценоза.

Моделирование движения влаги и солей в почвогрунтах при различных способах полива формирует научно обоснованную базу для управления мелиоративными системами в условиях возрастающего водного дефицита и климатической нестабильности. Взаимосвязь процессов влаго- и солепереноса с режимами орошения определяет необходимость комплексного подхода, включающего динамические, физико-химические и структурные параметры почвы.

Аналогично инженерным материалам, где направленная модификация внутренней структуры обеспечивает повышение долговечности и устойчивости, применение математических моделей позволяет управлять процессами в почве, предотвращать накопление деструктивных явлений и обеспечивать устойчивое функционирование агроландшафтов.

Библиографический список

1. Преимущества мелкодисперсного дождевания / О. П. Гаврилина, А. С. Щур, С. О. Клепова, Е. В. Горожанина // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации, Рязань, 29 января 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2025. – С. 210-214.

2. Горизонтальные дренажи в дорожном строительстве / А. С. Щур, Д. Д. Стешенко, Г. С. Власов, Л. А. Маслова // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве, Рязань, 26 марта 2025 года. – Рязань: РГАТУ, 2025. – С. 80-87.

3. Осушительная система в гидромелиорации / А. И. Белозеров, А. С. Щур, А. Н. Кочеткова, О. П. Гаврилина // Перспективы развития транспортной системы в Российской Федерации : Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, приуроченной к профессиональному празднику - Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 25 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 68-72.

4. Гаврилина, О. П. Принципы и методы использования гидравлической процессов на оросительных системах / О. П. Гаврилина, С. Н. Борычев // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2019. – № 2(9). – С. 76-80.

5. Бочкарева, Я. В. Моноблочная система стабилизации водоподачи из трубчатых водовыпусков, каналов и малых водоемов / Я. В. Бочкарева, О. П. Гаврилина // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства : Сборник научных трудов. Том Выпуск 4, Часть 1. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2000. – С. 119-124.

6. Фионова, А. А. Эколого-экономические основы мелиорации земель / А. А. Фионова, О. П. Гаврилина // Современные направления повышения эффективности использования транспортных систем и инженерных сооружений в АПК: Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 16 февраля 2022 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 377-380.

7. Гаврилина, О. П. Автоматизация полива дождеванием / О. П. Гаврилина, С. Н. Борычев, Д. В. Колошеин // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации : Материалы 72-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 20 апреля 2021 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 162-165.

8. Гидротехнические сооружения и требования, предъявляемые к ним / О. П. Гаврилина, Д. В. Колошеин, Т. С. Ткач [и др.] // Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 20 ноября 2020 года. Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 86-89.

9. Солянка, Н. С. Автоматизация водоснабжения и орошения / Н. С. Солянка, О. П. Гаврилина, А. И. Бойко // Современные направления повышения эффективности использования транспортных систем и инженерных сооружений в АПК : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 16 февраля 2022 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 356-359.

10. Щур, А. С. Актуальные вопросы инженерно-технической поддержки сельскохозяйственных предприятий / А. С. Щур, О. П. Гаврилина // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных процессов в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина, Рязань, 24 мая 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева , 2024. – С. 190-196.

11. Применение авторегуляторов уровня грунтовых вод на гидромелиоративных системах / А. С. Щур, А. И. Белозеров, А. Н. Кочеткова, О. П. Гаврилина // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 239-244.

12. Применение авторегуляторов уровня грунтовых вод на гидромелиоративных системах / А. С. Щур, А. И. Белозеров, А. Н. Кочеткова, О. П. Гаврилина // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 239-244.

13. Почвенно-мелиоративные изыскания / С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин, Е.Ю. Гаврикова // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. - Рязань: РГАТУ, 2020. - С. 98-101.

УДК 631.6

*Чесноков Р.А., канд. техн. наук, доцент,
Борычев С.Н., доктор техн. наук, профессор,
Васин Д.А., студент 2 курса
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ОРОШЕНИЯ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Управление водными ресурсами играет ключевую роль в повышении эффективности сельскохозяйственного производства, особенно в условиях дефицита воды и роста потребности в продовольствии. Для повышения урожайности зерновых культур требуется оптимизация систем орошения, направленная на снижение водопотребления при сохранении или увеличении продуктивности. Настоящая работа посвящена анализу методов оптимизации водопользования и внедрению современных технологий орошения в процессе проектирования.

Современные системы орошения характеризуются значительными потерями воды из-за испарения, инфильтрации и утечек. Традиционные методы, такие как дождевание, не всегда соответствуют потребностям зерновых культур, что снижает их продуктивность. По некоторым данным, эффективность использования воды в традиционных системах редко превышает 60%. Это требует внедрения технологий точного земледелия,

автоматизированных систем управления и локализованного полива, обеспечивающих рациональное использование водных ресурсов.

Вопрос оптимизации управления водными ресурсами требует комплексного подхода, включающего как использование современных технологий, так и учет природных и экономических факторов. Основные методологические подходы включают:

Математическое моделирование служит инструментом для прогноза потребностей растений в воде и оптимального распределения ресурсов. Примером может служить использование уравнений влагопереноса в почве, таких как уравнение Ричардса, которое описывает движение воды под действием капиллярных сил и гравитации. Уравнение Ричардса:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K(\theta) \frac{\partial h}{\partial z} \right), \quad (1)$$

Применение этих моделей позволяет рассчитать оптимальные объемы полива с учетом испарения, инфильтрации и особенностей почвенного покрова.

ГИС-технологии позволяют интегрировать данные о почвах, климате и рельефе местности для пространственного анализа эффективности систем орошения. Ученые проводили исследования, где были использованы карты распределения влажности почвы, построенные на основе спутниковых данных, что позволило оптимизировать графики полива в условиях засушливых регионов.

Геоинформационные системы также используются для выявления деградированных участков почвы и определения зон с высоким уровнем водопотребления.

Применение автоматизированных систем, основанных на датчиках влажности и погодных станциях, позволяет повысить точность орошения. В исследованиях была продемонстрирована эффективность автоматизированных систем, которые обеспечили снижение водопотребления на 20% за счет адаптивного управления поливом в зависимости от климатических условий.

Эти системы используют алгоритмы, основанные на методах машинного обучения, для предсказания потребностей культур.

Точное земледелие включает использование дронов и сенсоров для мониторинга состояния растений и почвы.

В работе зарубежных ученых отмечается, что применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга культур позволяет идентифицировать стрессовые зоны растений и своевременно корректировать параметры полива.

Экономическое обоснование внедрения новых систем орошения базируется на расчетах срока окупаемости и коэффициента экономической эффективности.

Например, в модели Петерсона учитываются как затраты на установку оборудования, так и долгосрочные выгоды в виде повышения урожайности и снижения расходов на воду.

В ходе анализа была проведена сравнительная оценка традиционных и современных технологий орошения, представленная в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение технологий орошения

Технология орошения	Водопотребление (м ³ /га)	Эффективность (%)	Затраты (руб./га)	Урожайность (ц/га)
Традиционное дождевание	800	60	5 000	40
Капельное орошение	400	90	15 000	50

В данном случае использовалось сравнение только двух видов, но мы точно знаем, что в дальнейшем для повышения точности и значимости научной работы можно использовать для сравнения все четыре вида орошения, такие как поверхностное, капельное, внутрпочвенное и дождевальное.

Но в нашем случае при сравнении двух технологий, представленных в таблице, традиционное дождевание и капельное орошение полученные данные показали, что капельное орошение обеспечивает значительное снижение водопотребления (на 50%) и увеличение урожайности зерновых культур (на 25%). Дополнительным преимуществом является сокращение эксплуатационных затрат благодаря автоматизации процессов без учета стоимости подготовки кадров, закупки систем автоматического управления, ремонта и последующей амортизации внедренных систем. Также не учитывалось нынешнее требование внедрения импорт независимости, что в значительной мере изменит показатели экономической эффективности, так как в дальнейшем при анализе научной работы можно будет дополнительно учитывать изменяющиеся величины производительности, стоимости, ставки заработной платы и цены. Возможно изменение вида выращиваемой агрокультуры, что также будет изменять показатели потребления им воды и в дальнейшем также можно изменять объемы (диапазон) производимого продукта и издержки на его выращивание.

На основе проведенного анализа, я могу сделать следующие выводы:

Внедрение современных технологий орошения, таких как капельное и автоматизированное управление, позволяет значительно снизить потери воды и повысить урожайность.

Использование ГИС и систем мониторинга способствует точному прогнозированию потребностей в воде и рациональному управлению водными ресурсами.

Рекомендую активное внедрение капельного орошения в засушливых регионах и использование автоматизированных систем управления для повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Также

следует учитывать локальные особенности при проектировании гидромелиоративных систем.

Оптимизация управления водными ресурсами при проектировании систем орошения для выращивания зерновых культур имеет ключевое значение для устойчивого развития сельского хозяйства. Проведенные исследования подтвердили, что внедрение современных технологий, таких как капельное орошение и автоматизированные системы управления, позволяет не только снизить водопотребление, но и повысить урожайность. Достижение оптимального использования водных ресурсов требует комплексного подхода, включающего анализ почвенно-климатических условий, использование геоинформационных технологий и экономическую оценку эффективности систем. Перспективы дальнейших исследований связаны с адаптацией систем орошения к изменяющимся климатическим условиям и интеграцией инновационных решений для мониторинга и управления водопользованием.

Библиографический список

1. Иванов, И. И. Современные технологии орошения: учебное пособие / И. И. Иванов, П. П. Петров — М.: Колос С, 2020. — 256 с.

2. Сидоров, А. В. Геоинформационные системы в управлении водными ресурсами / А. В. Сидоров // Известия РАН. Серия географическая. — 2019. — № 5. — С. 43–50.

3. Павлов Е. Н. Оптимизация систем орошения с использованием математического моделирования // Вопросы гидромелиорации: материалы Всероссийской конференции. — М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ», 2021. — С. 78–85.

4. Смирнов, В. Л. Совершенствование технологий капельного орошения для зерновых культур в условиях засушливых регионов: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Смирнов В. Л. — Волгоград, 2018. — 153 с.

5. ГОСТ Р 56638-2015. Мелиоративные системы и сооружения. Общие технические требования. — М.: Стандартинформ, 2015. — 25 с.

6. Математическая модель распределения искусственного дождя шлангового дождевателя / А. В. Агейкин, Р. А. Чесноков, Ю. Н. Тимошин, Ю. Х. Шогенов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. — 2024. — Т. 16, № 3. — С. 102-108.

7. Агейкин, А. В. Математическая модель расчета интенсивности дождя шлангового дождевателя позиционного действия / А. В. Агейкин, Ю. Н. Тимошин, Р. А. Чесноков // Инновационные научно-технологические решения для АПК, Рязань, 20 апреля 2023 года. Том Часть II. — Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. — С. 24-29.

8. Чесноков, Р. А. Применение ситуационных центров для оптимизации управления водными ресурсами в природно-техногенных комплексах / Р. А. Чесноков, А. М. Таволжанский // Актуальные вопросы транспорта и

механизации в сельском хозяйстве: Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 243-249.

9. Чесноков, Р. А. Принципы управления водохозяйственным подкомплексом АПК России / Р. А. Чесноков, А. В. Трохин, М. И. Терехин // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве: Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 224-231.

10. Чесноков, Р. А. Применение интеллектуальных систем в автоматизации технологических процессов инженерных мелиоративных систем / Р. А. Чесноков, Д. А. Васин // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве: Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 160-166.

11. Васин, Д. А. Моделирование и оптимизация параметров орошения для улучшения урожайности сельскохозяйственных культур / Д. А. Васин, Р. А. Чесноков // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве: Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 155-160.

12. Таволжанский, А. М. Моделирование работы системы видеонаблюдения на мелиоративных объектах / А. М. Таволжанский, Р. А. Чесноков // Инновационные инженерные решения для АПК: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Рязань, 28 марта 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 213-217.

13. Зулалян, Р. А. Организация орошения на оросительных землях / Р. А. Зулалян, А. А. Кабанов, Р. А. Чесноков // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 288-295.

14. Почвенно-мелиоративные изыскания / С.Н. Бoryчев, Д.В. Колошеин, Е.Ю. Гаврикова // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. - Рязань: РГАТУ, 2020. – С. 98-101.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ В МЕЛИОРАТИВНЫХ ПРОЕКТАХ

Эффективная организация эксплуатации мелиоративных систем представляет собой сложный, иерархически структурированный процесс, в котором согласование технических, гидрологических и почвенно-физических параметров выступает фундаментальным условием поддержания устойчивости агроландшафтов и предотвращения деградации почвенного профиля. В условиях усиливающейся климатической неопределённости, роста variability осадков, учащения засушливых периодов и усложнения структуры почвогрунтов эксплуатационная деятельность перестаёт быть набором регламентных процедур и превращается в динамическую систему управления, требующую адаптивных алгоритмов, основанных на интеграции мониторинговых данных, предиктивной аналитики и интеллектуальных средств регулирования водного режима.

Как и в наномодифицированных композитах, где эксплуатационная надёжность определяется способностью структуры перераспределять нагрузки, реагировать на локальные дефекты и сохранять механическую целостность при изменяющихся внешних воздействиях, долговечность мелиоративных систем формируется через синхронизированное функционирование гидротехнических сооружений, оросительных и дренажных каналов, насосных станций, трубопроводных линий и автоматизированных узлов управления. Эти элементы образуют интегрированную инфраструктурную среду, в которой нарушение параметров одного компонента неизбежно отражается на поведении всей системы. Поэтому эксплуатация мелиоративных объектов требует не автономного обслуживания отдельных элементов, а системного подхода, ориентированного на обеспечение их совместной работы в условиях изменчивого природно-технического фона.

Содержательная основа эксплуатационной деятельности формируется на базе комплекса взаимосвязанных процессов, обеспечивающих поддержание устойчивого водного режима и минимизацию деградационных последствий, возникающих из-за нарушения гидрологических и почвенно-физических характеристик. Главной задачей является поддержание такого состояния оросительно-дренажной системы, при котором влажность почвогрунтов, глубина залегания грунтовых вод, величина капиллярного подъёма и динамика солевого баланса остаются в пределах нормативных значений, предотвращающих как риски засоления, так и угрозу заболачивания. Эти параметры определяют функциональную устойчивость агроландшафта, поскольку отклонения по влажности приводят к стрессовому состоянию растений, изменения уровней грунтовых вод инициируют процессы

подтопления или, напротив, иссушения корнеобитаемого слоя, а нарушение солевого баланса формирует предпосылки для вторичного засоления.

Поддержание нормативных характеристик невозможно без постоянного контроля за техническим состоянием оборудования. Любое отклонение в работе гидротехнических сооружений — снижение пропускной способности каналов, деформация стенок, заиливание русловых участков, нарушение герметичности трубопроводов, падение эффективности дренажных линий или нестабильность работы насосных станций — немедленно изменяет распределение влаги, ослабляет управляемость водного режима и приводит к смещению потоков в нежелательные направления. В результате формируются зоны переувлажнения, недоувлажнения или локального засоления, выступающие аналогами структурных дефектов в инженерных композитах, где единичное нарушение способно инициировать масштабную деградацию системы.

Решающую роль играет непрерывность мониторинга, обеспечивающая фиксацию даже незначительных отклонений влажности, солевого состава, уровня грунтовых вод и гидравлической проводимости каналов. Эти отклонения выступают ранними индикаторами скрытых процессов, которые ещё не проявляются в виде визуальных дефектов, но уже свидетельствуют о зарождении неблагоприятных тенденций. Мониторинговые данные становятся основой для применения предиктивных методов анализа, которые позволяют выявлять потенциальные «точки напряжения» в почвогрунтовой среде и гидротехнических сооружениях, прогнозируя развитие критических состояний задолго до того, как они перейдут в необратимую фазу. Именно прогнозный характер анализа создаёт условия для своевременной корректировки эксплуатационных параметров — от регулирования глубины промачивания до изменения интенсивности водоподачи — тем самым предотвращая нарушение структурной устойчивости и гидросолевого равновесия.

Концепция структурной адаптивности становится ключевым принципом современной эксплуатации, позволяя оперативно изменять режимы орошения и дренажа в соответствии с динамикой природно-климатических условий и текущим состоянием почвенного профиля. Такая гибкость обеспечивает оптимизацию глубины промачивания, регулирование направлений оттока, перераспределение водных нагрузок и предотвращение избыточного водонасыщения. Подобная адаптивность функционально схожа с механизмами саморегуляции в наномодифицированных композитах, где структура материала способна изменять локальные свойства под воздействием эксплуатационных напряжений, тем самым препятствуя развитию дефектов.

Техническое обслуживание элементов мелиоративной системы — каналов, трубопроводов, насосных агрегатов, распределительных устройств и гидротехнических сооружений — представляет собой не просто регламентную процедуру, а фундаментальный инструмент обеспечения эксплуатационной надёжности. Любые нарушения гидравлических характеристик, включая заиливание, коррозию металлических элементов, накопление отложений, кавитационные повреждения насосов или деформационные процессы в

грунтовых каналах, неизбежно инициируют цепную реакцию отклонений. Она проявляется в локальном перераспределении влаги, возникновении зон переувлажнения или недоувлажнения, в снижении пропускной способности каналов и трубопроводов и, как следствие, в ускоренном нарушении структуры почвенного слоя.

Эти процессы имеют прямую аналогию с поведением композитных материалов, в которых зарождение микродефектов приводит к концентрации напряжений, нарушению связности структуры и, в конечном итоге, к деструкции конструкции. Так же и в мелиоративной системе небольшие отклонения, не устранённые своевременно, трансформируются в крупномасштабные повреждения, нарушающие проектную эффективность всей инфраструктуры. Именно поэтому своевременная диагностика и устранение эксплуатационных отклонений составляет критическое условие сохранения функциональной устойчивости мелиоративных объектов.

Интеграция данных гидрологического, почвенного и технического мониторинга формирует многослойную пространственно-временную картину состояния мелиоративного объекта, в которой отдельные параметры водного режима, динамики солевого баланса и технической работоспособности инженерных элементов рассматриваются не изолированно, а как взаимосвязанная система процессов, определяющая устойчивость функционирования всей инфраструктуры. Такой интегрированный подход позволяет выявлять скрытые структурные зоны риска — участки, где пониженная водопроницаемость, повышенная солеёмкость, избыточные испарительные потоки, нестабильные уровни грунтовых вод или локальные ослабления инженерных конструкций формируют условия для будущей деградации. Эти зоны представляют собой функциональные аналоги областей концентрации напряжений в инженерных композитах, где микродефекты, не фиксируемые при поверхностной инспекции, инициируют развитие внутренних нарушений, способных привести к утрате целостности и разрушению всей структуры. В почвогрунтовой среде такие локальные аномалии проявляются в виде начальных смещений водного баланса, микрон зон засоления, локального переувлажнения, ускоренного разрушения каналов или трубопроводов, что делает их раннюю идентификацию критическим инструментом эксплуатации.

Своевременное выявление подобных зон обеспечивает возможность целенаправленной корректировки режимов водоподдачи и перераспределения оросительных нагрузок, минимизируя вероятность накопления негативных процессов и предотвращая переход системы в предаварийные или необратимые состояния. Коррекция режимов осуществляется как посредством регулирования интенсивности и продолжительности подачи воды, так и через оптимизацию работы дренажной сети, что в комплексе позволяет стабилизировать гидрологический режим и сохранить структурную целостность почвенного профиля.

Современный этап развития мелиоративных систем характеризуется высокой степенью внедрения интеллектуальных автоматизированных комплексов, объединяющих датчики влажности, солевого состава, глубины и

динамики уровней грунтовых вод, давления в трубопроводах, расходных характеристик и метеорологических параметров. Эти комплексы формируют многомерный поток данных, отражающий текущее состояние природно-технической системы с высокой временной разрешающей способностью. Интеграция этих данных с математическими моделями влаго- и солепереноса позволяет формировать самонастраивающийся контур управления, в котором мелиоративная система функционирует как адаптивный объект с обратной связью.

В таком режиме система автоматически корректирует интенсивность и пространственное распределение подачи воды, изменяет конфигурацию работы насосных станций в зависимости от текущего спроса и состояния сети, предупреждает развитие аварийных режимов, включая скачки давления, перерасходы воды, опасные изменения уровня грунтовых вод, а также предотвращает формирование зон критического засоления и переувлажнения. Данный подход аналогичен внедрению интеллектуальных регуляторов в структуру наномодифицированных материалов, где управление эксплуатационными параметрами осуществляется на основе внутренней обратной связи, позволяющей материалу адаптироваться к внешним воздействиям без потери устойчивости и структурной целостности.

Таким образом, организация эксплуатации в мелиоративных проектах является сложной инженерно-экологической системой, эффективность которой определяется качеством мониторинга, точностью математического моделирования, скоростью обработки информации и степенью интеграции интеллектуальных технологий. Комплексное управление гидротехническими сооружениями, почвогрунтовой средой и автоматизированными подсистемами обеспечивает устойчивое функционирование мелиоративной инфраструктуры, предотвращает развитие деградиционных процессов и формирует долгосрочную устойчивость агроландшафтов в условиях климатической нестабильности и увеличивающейся нагрузки на водные ресурсы.

Библиографический список

1. Преимущества мелкодисперсного дождевания / О. П. Гаврилина, А. С. Щур, С. О. Клепова, Е. В. Горожанина // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации, Рязань, 29 января 2025 года. – Рязань: РГАТУ, 2025. – С. 210-214.

2. Горизонтальные дренажи в дорожном строительстве / А. С. Щур, Д. Д. Стешенко, Г. С. Власов, Л. А. Маслова // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве, Рязань, 26 марта 2025 года. – Рязань: РГАТУ, 2025. – С. 80-87.

3. Осушительная система в гидромелиорации / А. И. Белозеров, А. С. Щур, А. Н. Кочеткова, О. П. Гаврилина // Перспективы развития транспортной системы в Российской Федерации : Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, приуроченной к профессиональному

празднику - Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 25 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 68-72.

4. Гаврилина, О. П. Принципы и методы использования гидравлической процессов на оросительных системах / О. П. Гаврилина, С. Н. Борычев // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2019. – № 2(9). – С. 76-80.

5. Бочкарева, Я. В. Моноблочная система стабилизации водоподачи из трубчатых водовыпусков, каналов и малых водоемов / Я. В. Бочкарева, О. П. Гаврилина // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства : Сборник научных трудов. Том Выпуск 4, Часть 1. – Рязань : РГАТУ, 2000. – С. 119-124.

6. Фионова, А. А. Эколого-экономические основы мелиорации земель / А. А. Фионова, О. П. Гаврилина // Современные направления повышения эффективности использования транспортных систем и инженерных сооружений в АПК: Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 16 февраля 2022 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – Рязань: РГАТУ, 2022. – С. 377-380.

7. Гаврилина, О. П. Автоматизация полива дождеванием / О. П. Гаврилина, С. Н. Борычев, Д. В. Колошеин // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации : Материалы 72-й международной научно-практической конференции, Рязань, 20 апреля 2021 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Том Часть II. – Рязань: РГАТУ, 2021. – С. 162-165.

8. Гидротехнические сооружения и требования, предъявляемые к ним / О. П. Гаврилина, Д. В. Колошеин, Т. С. Ткач [и др.] // Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 20 ноября 2020 года. Том Часть II. – Рязань: РГАТУ, 2020. – С. 86-89.

9. Солянка, Н. С. Автоматизация водоснабжения и орошения / Н. С. Солянка, О. П. Гаврилина, А. И. Бойко // Современные направления повышения эффективности использования транспортных систем и инженерных сооружений в АПК : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 16 февраля 2022 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – Рязань: РГАТУ, 2022. – С. 356-359.

10. Щур, А. С. Актуальные вопросы инженерно-технической поддержки сельскохозяйственных предприятий / А. С. Щур, О. П. Гаврилина // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных процессов в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина, Рязань, 24 мая 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 190-196.

11. Применение авторегуляторов уровня грунтовых вод на гидромелиоративных системах / А. С. Щур, А. И. Белозеров, А. Н. Кочеткова, О. П. Гаврилина // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 239-244.

12. Применение авторегуляторов уровня грунтовых вод на гидромелиоративных системах / А. С. Щур, А. И. Белозеров, А. Н. Кочеткова, О. П. Гаврилина // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 239-244.

13. Почвенно-мелиоративные изыскания/ С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин, Е.Ю. Гаврикова // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. - Рязань: РГАТУ, 2020. – С. 98-101.

УДК 626.824

*Чесноков Р.А., канд. техн. наук, доцент,
Борычев С.Н., доктор техн. наук, профессор,
Ахмедов Н. С., студент 1 курса
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ*

УПРАВЛЕНИЕ В ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Современные принципы ведения сельского хозяйства на территории Российской Федерации приводят к постепенному переходу на автоматизацию и роботизацию человеческого труда целью которой является создание качественно новых более интеллектуально развитых представителей инженерии, которые в дальнейшем смогут создавать и использовать полученные модули в дальнейшем применяя их в столь нужной нам системе, а на основе них можно получить движущиеся интеллектуальные машины и системы при условии, что подготовленные кадры смогут их изготавливать, использовать и ремонтировать, в дальнейшем это позволит более значимо повысить интенсификацию нужного нам в данном случае используемого

процесса, в частности ввести совершенно новый принцип ведения управления в оросительных системах.

В попытках проведения автоматизации, оптимизации и желании получить экономический эффект, сельхозпроизводители предпринимают попытки автоматизировать часть процессов, чтобы получить экономию на определенных статьях расходов. Автоматизация оросительных систем с недавнего времени стала возможной не только в условиях тепличных комплексов. Но важно помнить, что в первую очередь, при автоматизации, необходимо учитывать принципы управления системами орошения. Важным аспектом является расчет нагрузки поливальной машины на почву.

Главное – это не нанести урон почве, а для этого так же необходимо изучить состав воды, которой осуществляется полив и структуру почвы. В настоящее время, в управлении оросительными системами можно выделить следующие проблемы:

- технологически и экономически необоснованное превышение объемов забора воды в оросительную систему. Превышение технологических показателей по заборам воды приводит к повышению затрат на конечный продукт за счет расходов на транспортировку воды, амортизацию оборудования, возможное образование дефицита воды, так же имеется возможность возникновения аварийной ситуации, связанной с возможными переливами и опорожнением каналов

- низкая степень оперативности подачи воды к потребителям, что приводит к значительным нарушениям сроков полива сельскохозяйственных культур. Это может повлечь за собой снижение плодородия или полную потерю урожая



Рисунок 1 – Станция автоматизированного полива

- завышение уровня воды в канале, увеличение фильтрационных процессов, как следствие, возможно подтопление прилегающей к каналу территории.

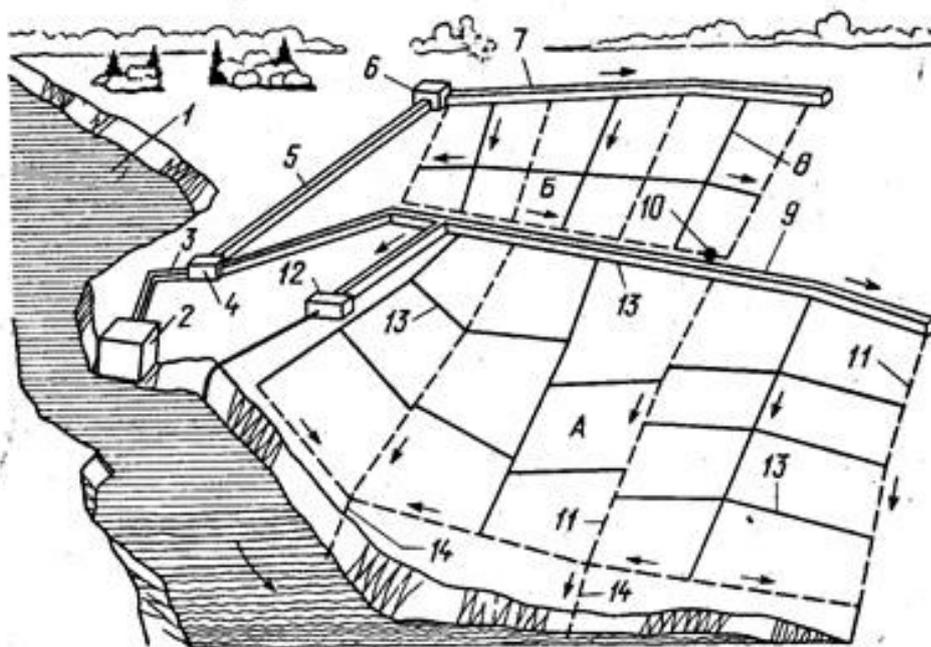


Рисунок 2 – Схема распределения водных ресурсов при поливе по секторам на поле

Управлением водораспределения на оросительных системах занимается диспетчерская служба. Современные гидромелиоративные системы могут иметь от нескольких десятков до нескольких сотен хозяйственных водовыделов, требующих своевременной и с заданным объемом подачи оросительной воды. При таком управлении из-за ограниченности физических и физиологических возможностей человека практически не учитываются динамические свойства оросительной системы, инерционность протекающих в ней процессов, время добегания расходов, перерегулировки командных уровней на водовыделах и т. п. По той же причине трудно обеспечить оперативность управления большим количеством территориально разобщенных субъектов управления. Сведение потерь оросительной воды к минимуму, обеспечение соответствия объемов водозабора и водопотребления возможно при условии существенного повышения качества управления процессами водораспределения путем автоматизации узловых сооружений.

Также при работе автоматизированных поливочных комплексов предъявляются требования по быстродействию процессоров и датчиков.

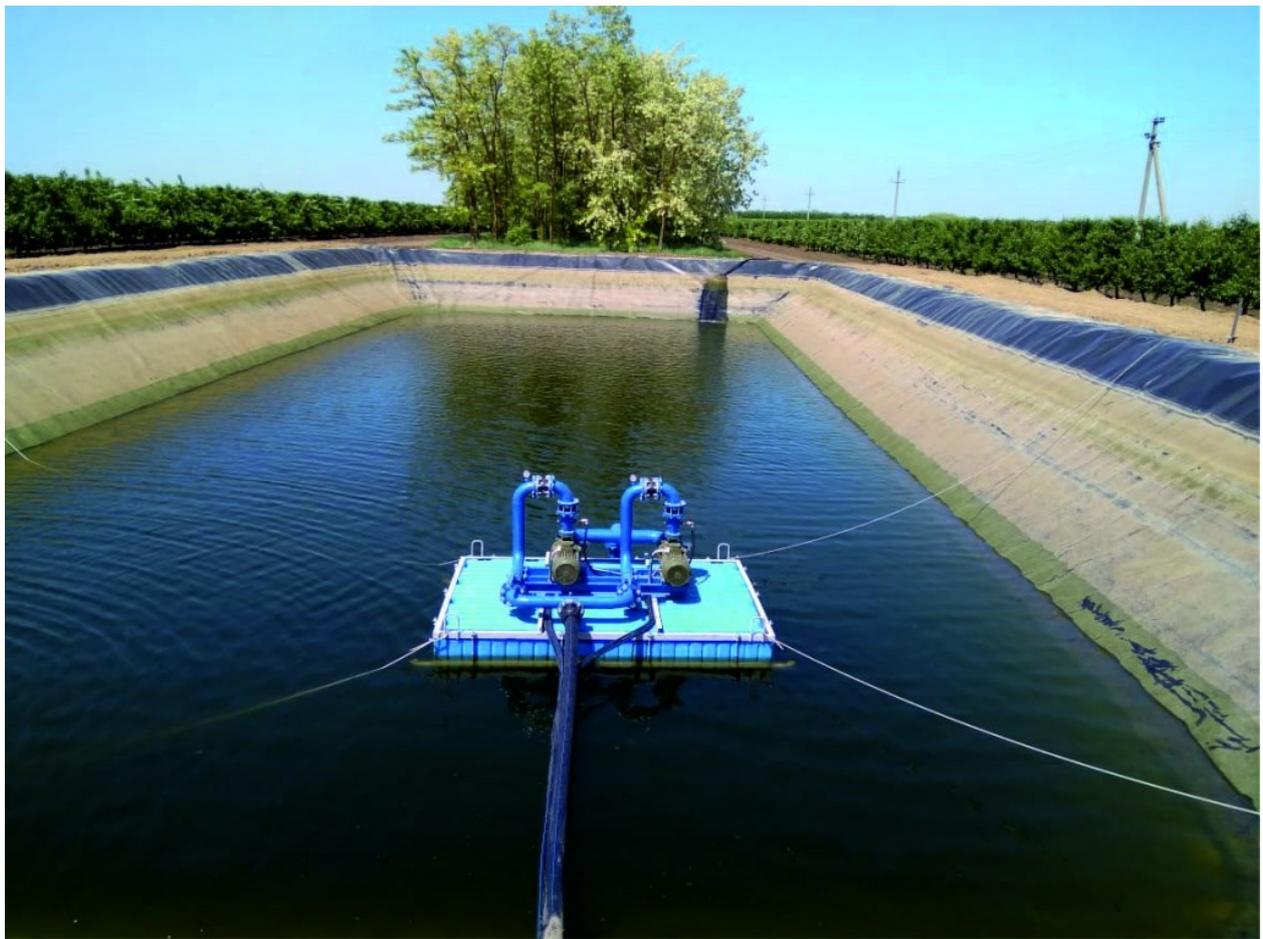


Рисунок 3 – Насосная станция

Условно, управление оросительными системами можно разделить на следующие группы:

1. Составление плана орошения – при этом проводится учет пропускной способности каналов, объема воды в скважине, среднее потребление воды в год. Необходимо составлять план орошения на год вперед, учитывая все возможные природные факторы во избежание ситуации, при которой вода в канале может закончиться.

2. Автоматизация управление оросительными системами – необходимо для получения стабильного расхода воды, и получения запланированного результата полива за счет автоматического распределения водных потоков, с учетом ряда факторов, которые невозможно контролировать при поливе в обычных условиях, например, рельеф местности. Контроль за такими параметрами как равномерность увлажнения почвы осуществляется за счет использования современных систем координации (GPS, GSM), управления (микроконтроллеры и ПО) и регуляции водных потоков (давления в канале трубопровода, уровень воды).

Для построения плановой сети оросительной системы, необходимо изучить все условия окружающей среды и при построении учесть следующие элементы:

- рельеф местности

- источники орошения
- водозаборное сооружение
- магистральные каналы и распределители
- узлы сетевых и гидротехнических сооружений
- углы, повороты, пересечение каналов

Так же, в настоящее время, широкое распространение получили программы ЭВМ, которые входят в общепринятую оболочку с названием САПР (система автоматического проектирования и расчета), что позволяет повысить многократно эффективность для расчета пропускной способности канала, построения схем, карт, с учетом применяемой системы автоматизации и анализа рельефа местности. С помощью таких программ происходит автоматизация проектирования системы полива и поставки воды.

Такие программы способны формировать техническую документацию, формировать номенклатуру и сметы на необходимые материалы, обеспечивая уменьшение времени на операционные задачи, занимающие большое количество времени и включающие в себя так называемый вариант запаздывания, которое является временем проходящим между моментом завершения предыдущего действия и началом следующего за ним процесса, оптимизируя труд, и сокращая общехозяйственные расходы при проектировании систем орошения.

Библиографический список

1. Математическая модель распределения искусственного дождя шлангового дождевателя / А. В. Агейкин, Р. А. Чесноков, Ю. Н. Тимошин, Ю. Х. Шогенов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2024. – Т. 16, № 3. – С. 102-108.

2. Агейкин, А. В. Математическая модель расчета интенсивности дождя шлангового дождевателя позиционного действия / А. В. Агейкин, Ю. Н. Тимошин, Р. А. Чесноков // Инновационные научно-технологические решения для АПК, Рязань, 20 апреля 2023 года. Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 24-29.

3. Чесноков, Р. А. Применение ситуационных центров для оптимизации управления водными ресурсами в природно-техногенных комплексах / Р. А. Чесноков, А. М. Таволжанский // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве: Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 243-249.

4. Чесноков, Р. А. Принципы управления водохозяйственным подкомплексом АПК России / Р. А. Чесноков, А. В. Трохин, М. И. Терехин // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве: Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной

памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 224-231.

5. Чесноков, Р. А. Применение интеллектуальных систем в автоматизации технологических процессов инженерных мелиоративных систем / Р. А. Чесноков, Д. А. Васин // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве: Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 160-166.

6. Васин, Д. А. Моделирование и оптимизация параметров орошения для улучшения урожайности сельскохозяйственных культур / Д. А. Васин, Р. А. Чесноков // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве: Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 155-160.

7. Таволжанский, А. М. Моделирование работы системы видеонаблюдения на мелиоративных объектах / А. М. Таволжанский, Р. А. Чесноков // Инновационные инженерные решения для АПК: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Рязань, 28 марта 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 213-217.

8. Зулалян, Р. А. Организация орошения на оросительных землях / Р. А. Зулалян, А. А. Кабанов, Р. А. Чесноков // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 288-295.

9. Почвенно-мелиоративные изыскания/ С.Н. Борячев, Д.В. Колошеин, Е.Ю. Гаврикова // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАНКС академиком МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. - Рязань: РГАТУ, 2020. – С. 98-101.

10. Гаврилина, О. П. Автоматизация полива дождеванием / О. П. Гаврилина, С. Н. Борячев, Д. В. Колошеин // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации: Материалы 72-й международной научно-практической конференции, Рязань, 20 апреля 2021 года, Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 162-165.

Международная научно-практическая конференция,
посвященная 25-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта»
«Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники»
15 октября 2025 год

Отпечатано с готового оригинал-макета.

Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная

Усл. печ. л. 7,5 п.л. Тираж 500 экз. Заказ № 1691

подписано в печать 10.03.2026

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования*

*«Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П. А. Костычева»*

*Отпечатано в издательстве учебной литературы
и учебно-методических пособий*

ФГБОУ ВО РГАТУ

390044 г. Рязань, ул. Костычева, 1