Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Департамент координации деятельности организаций
в сфере сельскохозяйственных наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волгоградский государственный аграрный университет»

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Материалы
Международной научно-практической конференции,

г. Волгоград, 26-27 февраля 2026 г.

ТОМ I

- *Сельскохозяйственная робототехника, мехатроника и цифровые технологии в АПК*
- *Эффективное использование техники в сельскохозяйственном производстве*
- *Современные электротехнологии, электрооборудование и электроснабжение сельских территорий*
- *Актуальные проблемы пожарной и техносферной безопасности*

Волгоград
Волгоградский ГАУ
2026

УДК 001(066)
ББК 72
И-66

И-66 Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции, г. Волгоград, 26-27 февраля 2026 г. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2026. – Том I. – 424 с.

В данном научном издании рассмотрены сельскохозяйственная робототехника, мехатроника и цифровые технологии в АПК; эффективное использование техники в сельскохозяйственном производстве; современные электротехнологии, электрооборудование и электроснабжение сельских территорий, а также актуальные проблемы пожарной и техносферной безопасности.

Издание предназначено аспирантам, магистрантам, научным сотрудникам, специалистам сельского хозяйства.

ISBN 978-5-4479-0560-6 (т. I)
ISBN 978-5-4479-0561-3

УДК 001(066)
ББК 72

Редакционная коллегия

доцент Цепляев В. А. (главный редактор),
профессор Ряднов А. А. (ответственный за выпуск), доцент Сарычев А. Н.,
доцент Кузнецов Ю. В., профессор Злепкин В. А., профессор Рогачев А. Ф.,
доцент Богданов С. И., доцент Воробьева Н. С., доцент Черняева А. В.,
профессор Ряднов А. И., доцент Захарова А. С., профессор Балашова Н. Н.,
зав. кафедрой Кагальницкова Н. В., профессор Ахмедов А. Д., доцент Власова Т. Н.,
доцент Беломутенко Д. В., доцент Юшкин В. Н., профессор Николаев А. П.,
академик РАН, профессор Овчинников А. С.

ISBN 978-5-4479-0560-6 (т. I)
ISBN 978-5-4479-0561-3

© ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2026
© Авторы статей, 2026

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ РОБОТОТЕХНИКА, МЕХАТРОНИКА И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АПК

УДК 631.3:635.61/.63

РОБОТИЗИРОВАННАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР ПОД ПЛЕНКОЙ ПРИ НЕПОСРЕДСТВЕННОМ СЕВЕ

Ажгалиев Р. С., *аспирант*
Воробьева Н. С., *д-р техн. наук, зав. кафедрой*
Иванов А. Г., *канд. техн. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. При возделывании бахчевых культур при непосредственном севе под мульчирующей пленкой в определенный период вегетации возникает необходимость высвобождения ростка из-под пленки путем надреза её над растением с последующей фиксаций вокруг него. В настоящее время эти операции выполняются, в основном, вручную, что требует больших трудозатрат. В статье рассмотрена возможность автоматизации технологического процесса возделывания бахчевых культур под пленкой с помощью мобильной роботизированной платформы.

Ключевые слова: *роботизированные платформы, бахчевые культуры, посев бахчевых культур, технологии возделывания бахчевых культур.*

К технологиям, обеспечивающим экономию оросительной воды, борьбу с сорняками, регулирующим воздушный и тепловой режим относится мульчирование почвы. Традиционно для мульчирования почвы используют навоз, торф, опилки, солому и другие растительные остатки (рис. 1, 2), но в последнее время для мульчирования почвы чаще применяют различные синтетические материалы – прикрытие почвы специальным материалом (пленкой), которое сохраняет тепло и влагу, предотвращает рост сорняков и защищает корни растений от перегрева (рис. 3) [1].



Рисунок 1 – Органическая мульча



Рисунок 2 – Минеральная мульча



Рисунок 3 – Мульчирующая пленка (синтетические материалы)

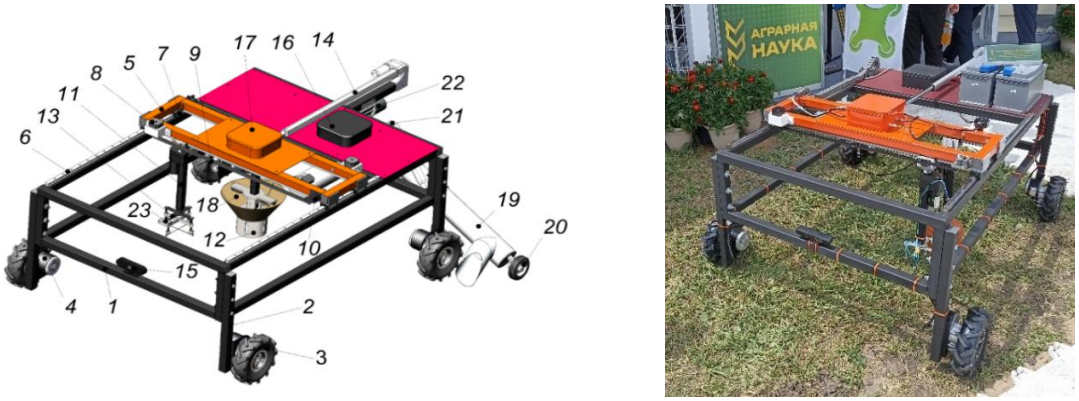
Возделывание бахчевых культур под пленкой осуществляется в основном по следующим технологиям: посадка саженцев в отверстия на расстеленной мульчирующей пленке и сев семян с последующей укрытием пленкой. Наиболее целесообразным и рациональным из вышеуказанных является сев семян с последующей укладкой мульчирующей пленкой. При возделывании бахчевых культур с последующей укладкой поверх мульчирующей пленкой возникает проблема ручного высвобождения ростка из-под пленки в определенный период вегетации, выполнение которого ограничено агротехническими сроками, что требует больших трудозатрат, приводящая часто к нехватке рабочих сил.

На данный момент механизированные средства в составе агрегатов не позволяют осуществлять правильно надрез мульчирующей пленки над растением с последующей фиксацией вокруг, а роботизированные средства для высвобождения ростка не разработаны. В связи с этим совершенствование процесса высвобождения ростка из-под пленки является актуальной задачей.

Автоматизацию технологического процесса предлагается осуществлять с помощью роботизированной платформы с соответствующими рабочими органами для надреза мульчирующей пленки и фик-

сации её. При этом технические характеристики должны основываться на агротехнических требованиях возделываемой культуры с учетом функциональных особенностей технологических операций [2, 3].

Компьютерная модель роботизированной платформы (рис. 4а) состоит из рамы 1, стоек 2, колес 3, мотор-редукторов 4, рамы подвижной 5, направляющей 6, линейных подшипников 7, шаговых двигателей 8, ремней 9, оттяжных роликов 10, линейных приводов рабочих органов 11, рабочих органов 12, 13, линейного привода рамы подвижной рамы 14, технического зрения 15, блок навигации 16, системы управления с контрольно-измерительными приборами 17. Надрез пленки осуществляется с помощью линейного привода 11, рабочего органа с нитью накаливания 13, на которой устанавливается ультразвуковой датчик 23. Для фиксаций мульчирующей пленки предусмотрен рабочий орган в виде пустотелого цилиндра 12 с присыпающим механизмом, состоящий из бункера 18, трубопровода со шнеком 19, приводного мотор-редуктора 22, опорного колеса 20, линейного привода 21 для регулировки положения. Для определения растений в нижней части рамы 1 устанавливается техническое зрение 15 [4].



а б

Рисунок 4 – Конструкция мобильной роботизированной платформы: а) компьютерная модель, б) экспериментальный образец

При выполнении операции по надрезу мульчирующей пленки над растением с последующей фиксацией необходимо совершать движения рабочими органами во время перемещения шасси в рядке, следовательно, возникает потребность в рассмотрении кинематики рабочих органов и его звеньев относительно неподвижного корпуса (рамы) платформы. Разработана кинематическая циклограмма работы роботизированной платформы (рис. 5).

Для выполнения качественного технологического процесса по надрезу (прожиганию) пленки рабочим органом 13 ($РО_1$), присыпки почвой и фиксации пленки рабочими органами 12 ($РО_2$) во время

движения шасси 1 (без остановки) необходимо соблюдать следующие условия: рабочие органы ($РО_1$, $РО_2$) должны быть сориентированы над растением во время выполнения технологических операций, поэтому проекции абсолютных скоростей актуаторов 7,8 и $РО_1$, $РО_2$ на горизонтальную плоскость должны быть равны нулю.

$$\vec{V}_{абс} = \vec{V}_{пер} + \vec{V}_{отн},$$

$$V_{POx_{абс}} = V_{POx_{пер}} + V_{POx_{отн}} = 0,$$

где V_{POx} – проекция скорости рабочего органа на ось Ох.

Для описания циклограммы обозначим скорости шасси и приводных механизмов (рис. 5). Скорость шасси 1 - V_1; скорость каретки 3 - $V_3 = V_{2актуатора}$; скорости $РО_1$ (режущий) - $V_5 = V_{4актуатора}$ и $РО_2$ (присыпающий) -$V_6 = V_{5актуатор а}$

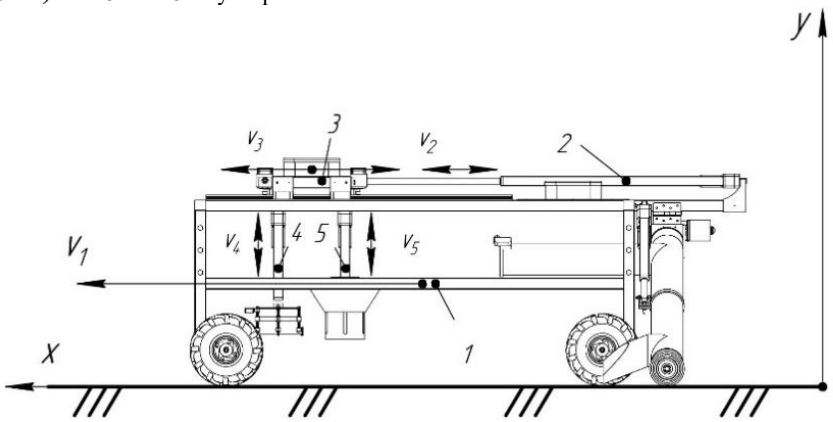


Рисунок 5 – Схема направления движений

№	Движения	Время, с									
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	Движение шасси										
2	Засыпка бункера										
3	Поперечное движение РО1										
4	Продольное движение каретки (втягивание штока)										
5	Вертикальное движение РО1 (вниз,прожигание)										
6	Вертикальное движение РО1 (вверх)										
7	Поперечное движения РО2										
8	Вертикальное движение РО2 (вниз)										
9	Раскрытие присыпающего механизма										
10	Вертикальное движение РО2 (вверх)										
11	Продольное движение каретки (вытягивание штока)										

Рисунок 6 – Циклограмма основных движений

Описание Циклограммы.

1. Принимаем, что шасси 1 движется до растения в течение промежутка времени t = 1 с со скоростью V= 0,1 м/с, каретка 3 при этом находится в крайнем положении (шток актуатора 2 выдвинут). Суммарное время движения шасси 20 с (t_0=0 до t_k=20 с).

2. Одновременно с момента начала движения шасси 1 начинает работать транспортер элеватора 6, заполняя почвой бункер 11 с подачей Q = 0,15 кг/с (t_0=0 до t_k=13 с).

3. Ориентация $РО_1$ точно над растением (при необходимости $РО_1$ перемещается в поперечном направлении, т.е. перпендикулярно движению шасси) (t_0=0 до t_k=1 с).

4. При достижении $РО_1$ зоны над растением каретка 3 начинает перемещение в обратном направлении (шток актуатора 2 втягивается) со скоростью V_3=-V_1 в течение промежутка времени t=3 с. (t_0=1 до t_k=4 с).

5. Одновременно с обратным движением каретки 3 $РО_1$ опускается в вертикальной плоскости со скоростью V = 0,1 м/с, в течение промежутка времени t=2 с, прожигает пленку. (t_0=1 до t_k=3 с).

После пункта 5 движение каретки прекращается на промежуток времени t=3 с (t_0=4 до t_k=7 с).

6. РО1 поднимается вверх со скоростью V= 0,1 м/с в течение промежутка времени t=1 с (t_0=3 до t_k=4 с).

7. Одновременно с вертикальным перемещением $РО_1$ происходит ориентация $РО_2$ точно над растением (при необходимости $РО_2$ перемещается в поперечном направлении, т.е. перпендикулярно движению шасси) (t_0=3 до t_k=4 с).

При достижении $РО_2$ зоны над растением каретка 3 начинает перемещение в обратном направлении (шток актуатора 2 втягивается) со скоростью V_3=-V_1 в течение промежутка времени t=4 с (t_0=7 до t_k=11 с).

8. $РО_2$ в это время опускается вниз со скоростью V=0,1 м/с в течение промежутка времени t = 2 с до достижения вдавливающего эффекта с силой P = 150 Н. (t_0=7 до t_k=9 с).

9. Бункер раскрывается и начинается процесс присыпания в течение промежутка времени t =1 с (t_0=9 до t_k=10 с).

10. $РО_2$ перемещается вверх со скоростью V=0,1 м/с в течение промежутка времени t=2 с (t_0=10 до t_k=12 с).

11. Каретка 3 начинает перемещение в направлении движения шасси (шток актуатора 2 выдвигается) со скоростью V_3=V_1 в течение промежутка времени t=7 с (t_0=12 до t_k=19 с) и принимает крайнее положение, после чего процесс повторяется по циклу.

Для достижения необходимых результатов позиционирования и быстродействия роботизированного средства используется многоуровневая или многопроцессорная системы управления. Система управления подразделена на два уровня: верхний и нижний (рис. 7).

Верхний уровень системы управления отвечает за глобальное перемещения в пространстве, навигацию, согласно дорожной карте, выполняет обработку данных с камеры технического зрения, подает

данные и команды для выполнения на нижний уровень. Нижний уровень осуществляет управление приводами и контролирует работу приводов, обрабатывает данные с датчиков и передает их на верхний уровень.

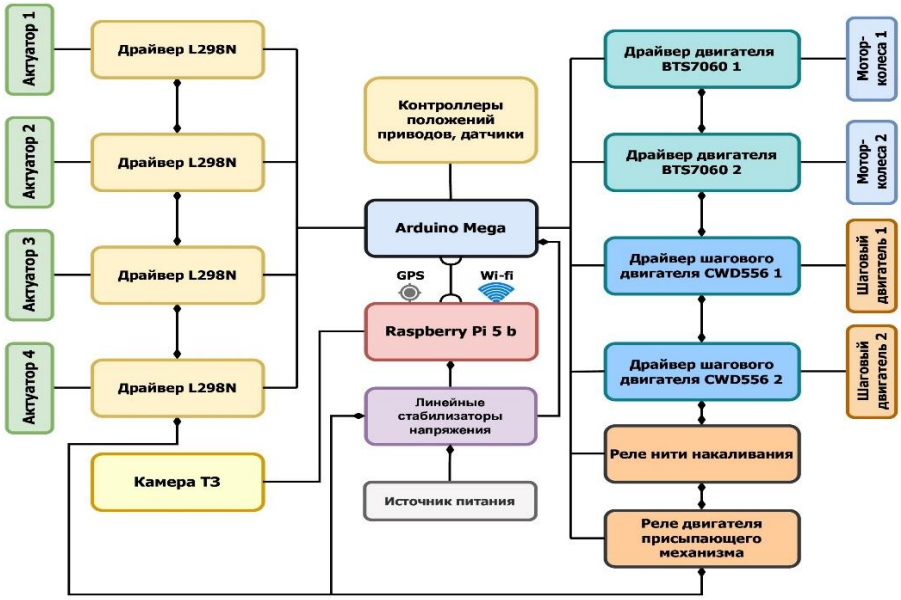


Рисунок 7 – Функциональная система управления

Система технического зрения включает датчики ультразвука для определения расстояния до некоторых видов препятствия, цифровые оптико-электронные датчики и камеру структурированного света Asus xtion pro live, имеющую поле зрения: 58 градусов по горизонтали, 45 градусов по вертикали, 70 градусов по диагонали, подключенная по USB интерфейсу к бортовому компьютеру. Система навигации представляет частичную совокупность датчиков технического зрения, объединенного с блоком спутниковой навигационной системы в виде приемника ГЛОНАСС/GPS и блоком инерциальных датчиков [5, 6].

Список использованной литературы

1. Посев сельскохозяйственных культур под мульчирующую пленку / К. Л. Пузевич, В. И. Коцуба, В. В. Пузевич [и др.] // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. Горки: БГСХА, 2020. Вып. 5. С. 163-166.

2. Измайлов А. Ю. Интеллектуальные технологии и роботизированные средства в сельскохозяйственном производстве // Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89. № 5. С. 536-538.

3. Проблемы и перспективы создания роботизированных технических средств для агропромышленного комплекса / З. А. Годжаев, В. И. Прядкин, А. В. Лавров, Д. С. Дубровин // Роботизированные и автоматизированные системы в автомобиле- и тракторостроении: материалы Всероссийской научной конференции. Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова, 2022. С. 4-11.

4. Цепляев А. Н. Комплексный подход к созданию машин для механизации бахчеводства. История создания и развития системы машин для бахчеводства // Стратегия развития сельского хозяйства в современных условиях – продолжение научного наследия Листопада Г. Е., академика ВАСХНИЛ (РАСХН), доктора технических наук, профессора: национальная научно-практическая конференция. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2019. Т. 1. С. 20-26.

5. Автоматизация технологического процесса высвобождения ростка из-под пленки с использованием мобильной роботизированной платформы / Р. С. Ажгалиев, Н. С. Воробьева, А. Г. Иванов, А. В. Дяшкин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2025. № 3 (81). С. 547-557.

6. Управление движением сельскохозяйственной автономной роботизированной платформы / Д. О. Хорт [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17. № 1. С. 25-34.

УДК 621.868:634.1-13

ВОПРОС ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО МАНИПУЛЯТОРА ДЛЯ СБОРА ЯБЛОК

Бабоченко Н. В., *канд. техн. наук, доцент*
Безрук И. О., *магистрант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены системные вызовы, с которыми сталкивается современное садоводство и для облегчения работ предложена конструктивная разработка роботизированного манипулятора для сбора яблок. Приведены рисунки конструкции и описан способ функционирования, а также подводится определенный вывод о целесообразности использования роботизированного манипулятора в процессе сбора яблок с дерева. Литературные источники указывают на аналоги конструкций и принципы работы.

Ключевые слова: *роботизированные манипуляторы для сбора яблок, концтрукции роботов-манипуляторов, манипуляторы, сбор яблок, автоматизированная уборка урожая.*

Современное садоводство сталкивается с рядом системных вызовов, среди которых особое место занимает острая нехватка квалифицированной сезонной рабочей силы, рост затрат на ручной труд и необходимость повышения качества производственных издержек.

Сбор яблок – это одна из самых трудоёмких операций в плодоводстве, здесь учитываются высокая точность, бережное обращение с плодами и способность принимать решения в реальном времени, а именно, выбор зрелых яблок, обход препятствий, адаптация к геометрии кроны. Все перечисленное требует большого расхода человеческой энергии, а это уже не актуально, несмотря на их эффективность в плане сохранности плодов, в свете неустойчивости в условиях демо-

графических и экономических изменений. В ответ на это в последние время активно развиваются автоматизированные и роботизированные решения, нацеленные на частичную или полную замену человеческого труда. Однако существующие системы сбора яблок или наносят повреждения плодам, например, вибрационные методы, или остаются слишком дорогими и медленными для широкого внедрения, например, использование в процессе сбора яблок полноценных агророботов.

Возникла необходимость в использовании таких устройств, от которых напрямую зависят скорость, точность и деликатность сбора. В этом случае наиболее подходящим решением послужат роботизированные манипуляторы.

Разработка специализированного автоматизированного манипулятора, сочетающего в себе высокую манёвренность, интеллектуальное управление и бережное взаимодействие с плодом, выступает как важное направление совершенствования всего технологического процесса сбора яблок.

Внедрение в процесс сбора яблок роботизированных манипуляторов позволит сохранить преимущества ручного сбора – качество и селективность, при чем одновременно обеспечивая воспроизводимость, автономность и снижение зависимости от человеческого фактора.

Целью исследования является совершенствование технологического процесса сбора яблок за счёт разработки роботизированного манипулятора, обеспечивающего высокую точность локализации, безопасности захвата и адаптивность к условиям реального сада.

Проанализировав представленную литературу [1-10], установили, что возможно создание роботизированного манипулятора, способного бережно снимать яблоки с веток плодовых деревьев.

Разработана оригинальная конструкция роботизированного манипулятора, с целью совершенствования технологического процесса сбора яблок с веток дерева, причем яблоко срывается без механического повреждения.

Разработаны конструкция, представленная на рисунке 1 и описан принцип действия роботизированного манипулятора с рабочим органом для сбора яблок.

Конструкция роботизированного манипулятора с рабочим органом для сбора яблок (рис. 1) представляет собой одностороннюю роботизированную систему, работающую с одной стороны ряда и состоит из следующих элементов: рама 1; балка 2; телескопическая балка 3; актуаторы 4 и 5; захват 6; сервопривод 7, 8.

Разработанный роботизированный манипулятор предназначен для автоматизированной сборки спелых яблок в условиях сада. Конструкция роботизированного манипулятора с рабочим органом для сбора яблок монтируется на универсальное самоходное шасси Т-16,

что обеспечивает мобильность и совместимость с существующей сельскохозяйственной инфраструктурой. Конструкция роботизированного манипулятора с рабочим органом для сбора яблок функционирует с одной стороны от траектории движения трактора, что оптимизирует её и снижает энергозатраты.

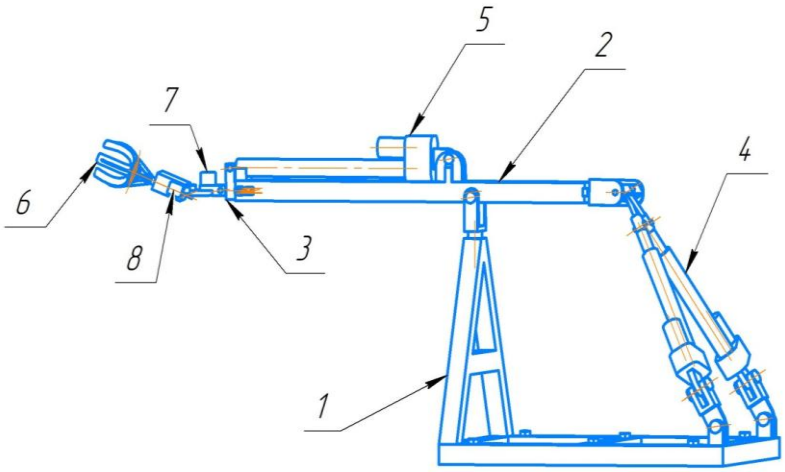


Рисунок 1 – Роботизированный манипулятор

Как видно из рисунка 2, самоходное шасси Т-16 приближается к дереву, останавливается в зоне работы роботизированного манипулятора. Роботизированный манипулятор, закреплённый в кузове, ориентирован в сторону одного ряда яблонь. На роботизированном манипуляторе установлено устройство компьютерного зрения – камера RGB-D, программное обеспечение на базе алгоритмов машинного обучения YOLOv5/v8 в реальном времени: распознаёт спелые яблоки по цвету, форме и текстуре; отсеивает недозрелые, повреждённые или скрытые плоды; вычисляет 3D-координаты каждого подходящего яблока относительно базы манипулятора.

Роботизированный манипулятор с актуаторами позиционирует механический захват, так называемый энд-эффектор, к выбранному яблоку. Захват оснащён мягкими силиконовыми пальцами для бережного обращения; датчиком усилия, а именно – тензодатчик, для контроля силы сжатия; тактильными датчиками для подтверждения контакта с плодом.

Система управления сформирована на базе одноплатного компьютера – NVIDIA Jetson и обеспечивает плавное движение, а также предотвращение столкновений с ветвями.

После захвата роботизированный манипулятор совершает контролируемое движение – покачивание или поворот кисти, имитирующее ручной сбор, что позволяет аккуратно сорвать яблоко без повреждения плодоножки и ветки. Затем роботизированный манипулятор перемещает плод в воронку-приёмник, расположенную в основании конструкции.

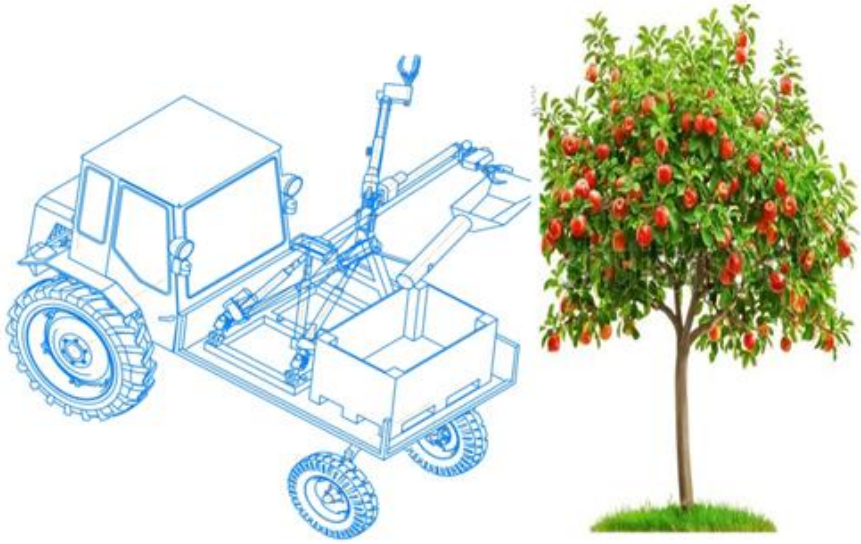


Рисунок 2 – Автоматизированный манипулятор в работе

Далее яблоко перемещается к верхнему входу наклонного трубопровода, расположенного под углом к горизонту. Под действием силы тяжести яблоко скатывается по гладкому ПВХ-трубопроводу в накопительный ящик, установленный на платформе трактора.

При достижении заданного объёма самоходное шасси останавливается, и фронтальный погрузчик с вилами снимает полный ящик и устанавливает пустой.

Жесткость конструкции роботизированного манипулятора Q возможно определить использовав несложную зависимость отношения силы G (принятой за силу тяжести поднимаемого захватом груза) к перемещению (S), под действием силы:

$$Q = G/S. \quad (1)$$

В качестве итога всему выше указанному, относительно представленной конструкции роботизированного манипулятора, отметим, что преимущества конструктивного решения следующие: 1) частичная автоматизация снижает зависимость от сезонной рабочей силы; 2) односторонняя компоновка упрощает конструкцию и обслуживание; 3) компьютерное зрение обеспечивает селективность сбора – только спелые и качественные плоды; 4) вакуумная транспортировка исключает необходимость в сложных конвейерных системах и минимизирует повреждения; 5) интеграция с Т-16 позволяет использовать уже имеющуюся технику без полной замены парка.

Таким образом, роботизированные системы для сбора плодов и ягод представляют собой наиболее перспективное направление роботизации садоводства, сочетающее достижения робототехники, искусственного интеллекта и агрономии. Их дальнейшее развитие будет

определяться не только техническими, но и экономическими и агротехнологическими факторами, что делает данную область особенно актуальной для научных исследований и инженерных разработок.

Исходя из чего, можно сказать о возможности реализации разработанной конструкции роботизированного манипулятора с рабочим органом для сбора спелых яблок в условиях сада.

По полученному результату приводятся определенные выводы о целесообразности использования автоматизированного манипулятора в процессе сбора яблок с веток деревьев.

Список использованной литературы

1. Кран-манипулятор: патент изобретение № 2725367 RU / Н. В. Бабоченко и др. Опубл. 25.11.2019.

2. Робот-манипулятор: патент на изобретение № 2833264 RU / Н. В. Бабоченко. Опубл. 02.09.2024.

3. Роботы для сбора урожая. https://rosstip.ru/news/3516-roboty-dlya-sbora-urozhaya-kak-tekhnologii-povyshayut-effektivnost-selskogo-khozyajst

4. Роботы для сбора яблок. https://www.riperobotics.com/#eve

5. Jia W., Tian Y., Luo Y., Zhang Zh., Zheng Y. Detection and segmentation of overlapped fruits based on optimized mask R-CNN application in apple harvesting robot // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. V. 172. Art. 105380.

6. Gené-Mola J., Gregorio E., Cheein F. A., Guevara J., Llorens J., Sanz-Cortiella R., Escolà R., Rosell-Polo J. R. Fruit detection, yield prediction and canopy geometric characterization using LiDAR with forced air flow // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. V. 168. Pp. 105-121.

7. Kang H., Chen C. Fruit detection, segmentation and 3D visualization of environments in apple orchards // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. V. 171. Art. 105302.

8. Wan Sh., Goudos S. Faster R-CNN for multi-class fruit detection using a robotic vision system // Computer Networks. 2020. V. 168. Art. 107036.

9. Kuznetsova A., Maleva T., Soloviev V. Detecting apples in orchards using YOLO-v3 // The 20th International Conference on Computational Science and its Applications: Proceedings. Cagliari, Italy, 2020. Pp. 1-12.

10. Kuznetsova A., Maleva T., Soloviev V. Using YOLOv3 algorithm with pre- and post-processing for apple detection in fruit-harvesting robot // Agronomy. 2020. V. 10. Pp. 1-19.

УДК 621.865.8

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО ГРУЗОПОДЪЕМНОГО СРЕДСТВА

Бабоченко Н. В., *канд. техн. наук, доцент*
Голубовская Я. Д., *магистрант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Раскрыты возможности системы управления для предложенной конструкции роботизированного грузоподъемного средства. Приведенная функциональная схема системы управления позволяет определить возможности

роботизированного грузоподъемного средства в работе. Литературные источники ориентируют в анализе имеющихся конструкций и систем управления известных, роботизированных грузоподъемных средств, которые используются при выполнении погрузочно-разгрузочных работ сельскохозяйственного назначения.

Ключевые слова: *роботизированные грузоподъемные средства, системы управления роботами, актуаторы, автоматизация погрузочно-разгрузочных работ.*

Роботизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных работ уделяется меньше внимания, несмотря на то, что этот технологический процесс немаловажен в аграрном секторе. Зачастую в ремонтных мастерских, складских помещениях и в полевых условиях для погрузки и разгрузки различных объектов используют механизированные средства, требующие непосредственного участия человека. Тем временем многие известные, по статьям и в средствах массовой информации роботы, предназначенные для погрузочно-разгрузочных работ, представляют собой лишь мобильные платформы для передвижения грузов, не способные поднимать его или опускать. Именно поэтому тема роботизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных работ остается актуальной в наше время.

Использование в сельскохозяйственном производстве роботизированных грузоподъемных средств, как и других роботов, требует знания их системы управления.

В качестве новой роботизированного грузоподъемного средства, для технологического процесса погрузки-выгрузки, рассмотрим разработку роботизированного грузоподъемного средства, которое может устанавливаться на самоходное шасси, например, трактор Т-16, как вариант – в передней части, а также в прицепное устройство и в стационарном виде.

Опираясь на представленную в статье литературу [1-10], приведем характеристику составляющих системы управления нашей разработки роботизированного грузоподъемного средства, предназначенной для использования при выполнении погрузочно-разгрузочных работ в сельскохозяйственном производстве.

Цель работы – рассмотреть систему управления предложенного роботизированного грузоподъемного средства.

По результату изложенного в статье материала привести обосновать использования разработки роботизированного грузоподъемного средства, с предложенной системой управления, при выполнении погрузочно-разгрузочных работ в сельскохозяйственном производстве.

Рассматривая систему управления предложенного роботизированного грузоподъемного средства, необходимо вначале представлять его конструкцию, ведь она формирует систему управления. На рисунке 1 представим конструкцию роботизированного грузоподъемного средства.

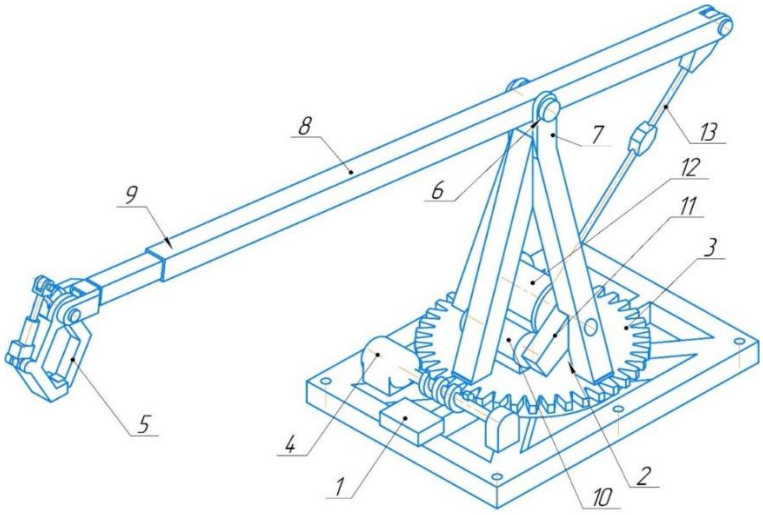


Рисунок 1 – Конструкция роботизированного грузоподъемного средства

Конструкция роботизированного грузоподъемного средства, представленная на рисунке 1 состоит из рамы 1, поворотной платформы 2, опор 3, телескопической балки 4 и захватного устройства 5. Рама 1 жестко закрепляется на выбранном устройстве, а платформа 2 подвижно закреплена на раме 1. По периметру рамы 1 располагаются крепежные отверстия 6 для возможности жесткой установки грузоподъемного средства. В передней части конструкции расположен поворотный механизм, выполненный в виде червячной передачи. На основании поворотной платформы 2 располагаются зубья 7, находящиеся в зацеплении с червяком 8, жестко закрепленном на валу электродвигателя 9.

Опоры 3 жестко закреплены на поворотной платформе 2. В верхней части опор 3 жестко закреплена проушина 10, на которой подвижно закреплена телескопическая балка 4. Для возможности выдвижения телескопической балки внутри неё расположен линейный привод. В нижней части опоры 3 установлен механизм лебедки, состоящий из барабана 11 с тросом 12 и электродвигателя 13, который приводит в движение барабан 11 за счет передачи вращения через червячный редуктор 14. Трос 12 проходя через полиспаст 15 соединен с концом балки 4. В данном случае полиспаст 15 применяется для уменьшения усилия на лебедке.

За функционирование грузоподъемного средства отвечает электронный блок 16, расположенный в передней части рамы, который посредством Wi-fi соединения получает данные от устройства управления находящийся у оператора.

Опираясь на рисунок 1, представим принцип работы роботизированного грузоподъемного средства.

Роботизированное грузоподъемное средство работает следующим образом: в ручном режиме сигнал, подающийся от пульта управления, который находится у оператора, посредством Wi-fi соединения передается на электронный блок управления. Блок управления в свою очередь задает необходимую величину изменения угла подъемного и поворотного механизма, а также отвечает за изменение вылета штоков линейных приводов телескопического механизма и грузозахватного органа.

В автоматическом режиме грузоподъемное средство работает следующим образом: по заложенной оператором программе блок управления определяет положение грузозахватного органа и совместной работой всех механизмов перемещает грузозахватный орган по определенной траектории, захватывая и перемещая груз.

Поворотный механизм работает следующим образом (рис. 1): блок управления 1 считывая показания энкодера 2, расположенного в основании поворотной платформы 3, определяет её положение в горизонтальной плоскости. Для изменения положения поворотной платформы 3 блок управления 1 подает сигнал на включение электродвигателя 4, который посредством червячной передачи вращает поворотную платформу 3 на необходимое значение. Электродвигатель 4 способен работать в двух направления, соответственно поворот платформы 3может также осуществляться как по часовой стрелке, так и против.

Аналогичным образом работает механизм подъема и опускания. Для отслеживания положения захватного органа 5 в вертикальной плоскости блок управления 1 считывает показания датчика энкодера 6, расположенного в проушине 7 для крепления балки 8 и значения датчика привода 9, определяя угол наклона балки и длину вылета телескопического механизма. Далее для изменения положения захватного устройства 5 в вертикальной плоскости блок управления 1 подает сигнал для включения электродвигателя 10, который посредством редуктора 11 зацеплен с барабаном 12 лебедки. Трос 13, наматываясь на барабан 12 тянет один конец балки 8 и соответственно осуществляется подъем другого конца балки 8, на котором расположен грузозахватный орган 5.

Совместно с поворотным и подъёмным механизмом блок управления также отвечает за изменение вылета штока линейных приводов телескопического механизма и грузозахватного органа.

Как мы видим, весь процесс работы мобильного робота-манипулятора связан с системой управления, которая представлена на рисунке 2.

Функциональная схема показывает общий принцип работы системы управления, наглядно демонстрируя взаимосвязь блоков и узлов разработки.

Роботизированное грузоподъемное средство может использоваться как в ручном управлении, при помощи джойстика, так и в автоматическом посредством заложенной программы. В автоматическом режиме оператору перед началом работы грузоподъемного средства необходимо внести в программу траекторию движения, а также последовательность открытия и закрытия грузозахватного органа с учетом временных задержек.

Например, рассматривая технологический процесс загрузки семян и удобрений в посевной комплекс, при расположении роботизированного грузозахватного средства в прицепном устройстве, в котором также располагаются мешки с семенами и удобрениями, оператору необходимо запрограммировать движение захватного средства с учетом расположения мешков, бункера посевного комплекса, а также с учетом времени на опустошения мешков при загрузке.

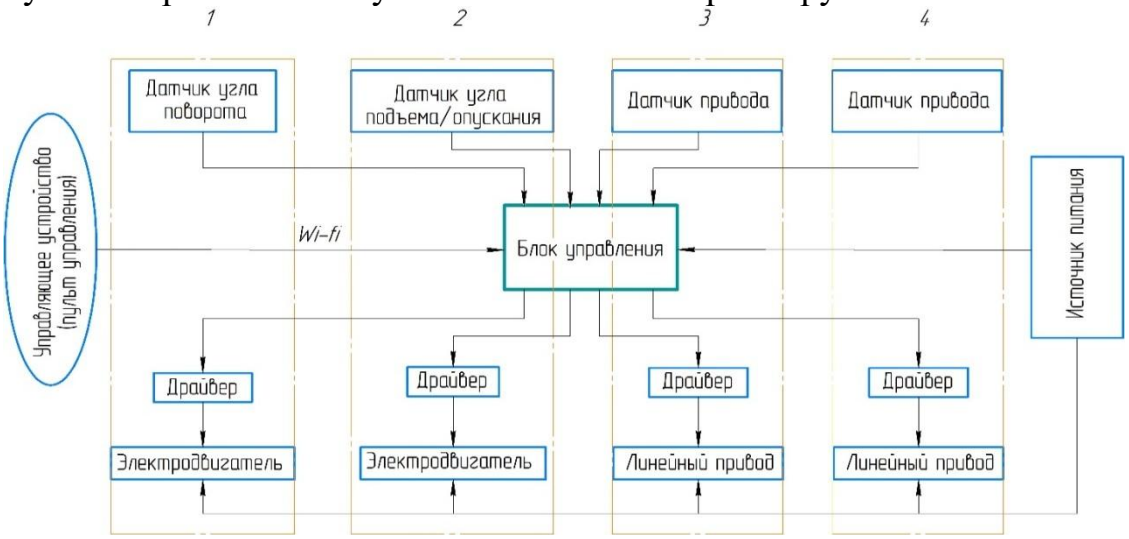


Рисунок 2 – Функциональная схема системы управления роботизированного грузоподъемного средства

На данной схеме (рис. 2) видно, что работу всех электронных узлов роботизированного грузоподъемного средства контролирует блок управления. Управляющим устройством является пульт управления для работы в ручном режиме, через который оператор подает команды для работы устройства. Управляющее устройство передает сигнал на блок управления посредством Wi-fi соединения. В автоматическом режиме работы грузоподъемного средства в пульте управления нет необходимости так как роботизированное устройство будет работать по заложенной программе.

Функциональная схема системы управления условно разбита на четыре блока. В первом блоке располагаются узлы подъемного механизма. Блок управления считывает показания датчика угла поворота, в

роли которого выступает энкодер и подает сигнал через драйвер для включения электродвигателя, связанного с поворотной платформой червячной передачей. Как только значение датчика дойдет до заданного оператором, блок управления подает сигнал на драйвер для отключения электродвигателя.

Во втором блоке располагаются узлы подъемного механизма, отвечающие за подъем и опускание стрелы роботизированного грузоподъемного средства. Блок управления считывает показания датчика угла подъема-опускания, в роли которого также выступает энкодер и подает сигнал через драйвер для включения электродвигателя, отвечающего за работу лебедки.

В третьем блоке функциональной схемы указаны элементы телескопического механизма, выполненного в виде линейного привода установленного внутри балки. При подаче сигнала от оператора, блок управления задает величину перемещения линейного привода, за счет которого осуществляется удлинение штока, а соответственно и балки. Изменение величины вылета штока контролирует датчик привода, установленный в актуаторе, показания которого передаются на блок управления.

Датчики первых трех блоков функциональной схемы системы управления отвечают за позиционирование грузозахватного органа в пространстве.

В четвертом блоке функциональной схемы системы управления указаны узлы, отвечающие за работу грузозахватного органа. При подаче сигнала от оператора, блок управления задает величину перемещения линейного привода, за счет которого осуществляется открытие или закрытие грузозахватного органа. Изменение величины вылета штока контролирует датчик привода, установленный в актуаторе, показания которого передаются на блок управления.

Также на функциональной схеме указан источник питания, подключенный к блоку управления, электродвигателям и линейному приводу. Выбор источника питания будет зависеть от расположения роботизированного грузоподъемного средства. В случае использования в стационарном виде возможно подключение к общей сети через понижающий трансформатор. При использовании грузоподъемного средства на самоходном шасси или в прицепном устройстве питание будет, осуществляется от аккумуляторов.

Для разработки методов расчета управляющих воздействий на звенья стрелового робота-манипулятора необходимо вначале установить кинематические зависимости между перемещениями его звеньев относительно друг друга при работе приводов и положением и ориентацией всех звеньев манипулятора в инерциальном пространстве.

Необходимо иметь математический аппарат, позволяющий установить для стрелового робота-манипулятора математическую модель его кинематики, которую в общем виде можно представить следующим образом:

- для прямой задачи кинематики:

$$\begin{cases} \text{x0n} = \text{x}(g1, g2, \dots, gn; t); \\ \text{y0n} = \text{y}(g1, g2, \dots, gn; t); \\ z0\text{n} = \text{z}(g1, g2, \dots, gn; t); \\ \text{x0 \^{}zn} = \text{f1}(g1, g2, \dots, gn; t); \\ \text{y0 \^{}zn} = \text{f2}(g1, g2, \dots, gn; t); \\ z0\text{ \^{}yn} = \text{f3}(g1, g2, \dots, gn; t) \end{cases} \quad (1)$$

- для обратной задачи кинематики:

$$\begin{cases} g1 = g1(\text{x0n}, \text{y0n}, z0\text{n}; \text{x0 \^{}zn}, \text{y0 \^{}zn}, \text{x0 \^{}zn}; t); \\ g2 = g2(\text{x0n}, \text{y0n}, z0\text{n}; \text{x0 \^{}zn}, \text{y0 \^{}zn}, \text{x0 \^{}zn}; t); \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots; \\ g\text{n} = g\text{n}(\text{x0n}, \text{y0n}, z0\text{n}; \text{x0 \^{}zn}, \text{y0 \^{}zn}, \text{x0 \^{}zn}; t). \end{cases} \quad (2)$$

Положение и ориентация захвата в пространстве определяется законами движения его характерной точки – центра захвата относительно абсолютных (инерциальных) осей координат: x0n = x(t), y0n = y(t), z0n = z(t) и ориентацией n-го звена x0 ^zn = f1(t), y0 ^zn = f2(t), x0 ^yn = f3(t), где x0n, y0n, z0n – координаты характерной точки захвата (центра), расположенной на последнем n-ом подвижном звене стрелового робота-манипулятора, в системе координат неподвижного O-го звена (стойки); x0 ^zn, y0 ^zn, x0 ^yn – углы между соответствующими осями 0-го и n-го звеньев, определяющие ориентацию звеньев в пространстве; t – время движения захвата.

В заключении, отметим, что представленная система управления, роботизированным грузоподъемным средством, отличается от известных своей простотой и компактностью, унификацией составляющих конструктивных и функциональных элементов для передачи и приема управляющих команд и данных между модулями.

Список использованной литературы

1. Робот-манипулятор: патент изобретение № 2833264 / Н. В. Бабоченко. Опубл. 16.01.2025.

2. Манипулятор-трипод промышленного назначения: патент на изобретение № 2651781 / В. В. Жога, В. В. Дяшкин-Титов, А. В. Дяшкин, Н. С. Воробьева, И. А. Несмиянов, М. Е. Николаев. Опубл. 12.04.2017.

3. Исследование манипуляторов параллельно-последовательной структуры на базе трипода / Н. С. Воробьева, И. А. Несмиянов, В. В. Жога [и др.]. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2022. 272 с.

4. Краснов В. А., Бабоченко Н. В. Роботизация погрузочноразгрузочных работ // Материалы XXIX Региональной конференции молодых ученых и исследователей Волгоградской области (с международным участием). Волгоград, 2024. С. 170-173.

5. Краснов В. А., Бабоченко Н. В. Робот-манипулятор в агропромышленном комплексе МОЛОДЫЕ АГРАРИИ // Перспективные направления развития АПК Волгоградской области: материалы региональной научно-практической конференции. Волгоград, 2024. С. 131-134.

6. Остриков И. А. Компьютерное моделирование работы стрелового гидроманипулятора //Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2020. Т. 5. С. 239-241.

7. Папа А.-В. Моделирование кинематики работы шарнирно-стержневого гидроманипулятора // Нива Поволжья. 2020. № 1 (54). С. 127-137.

8. Токарев В. И., Бабоченко Н. В. Вопрос стабильности работы стреловых грузоподъемных средств на колесном шасси // Нива Поволжья. 2020. № 4 (58). С. 127-137.

9. Шойкин А. А., Бабоченко Н. В. Автоматизация шарнирно-стержневого манипулятора // Материалы XXVIII Региональной конференции молодых ученых и исследователей Волгоградской области. Волгоград, 2024. С. 169-172.

10. The mathematical theory of optimal processes / L. S. Pontryagin, V. G. Boltyanskii, R. V. Gamkrelidze, E. F. Mishchenko // Pergamon Press. 1964.

УДК 681.51

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НИЗКОБЮДЖЕТНЫЕ ШАГАЮЩИЕ РОБОТЫ

[1]Горобцов А. С., *д-р техн. наук, главный научный сотрудник*
[1]Климов К. В., *аспирант*
[2]Данилов В. А., *ведущий инженер лаборатории робототехники*
[1]Скворцов С. А., *канд. техн. наук, старший научный сотрудник*

[1]*ФГБУН «Институт машиноведения им. А. А. Благонравова РАН»*
г. Москва, Россия
[2] *НИИ механики МГУ им М. В. Ломоносова*
г. Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрены малогабаритные четырехногие роботы – роботы-собаки с управлением локомоцией на основе метода обратной задачи и универсального адаптивного генератора походок. Обоснована перспективность использования таких роботов с гибридным колесно-шагающим движителем.

Ключевые слова: *управление роботами, шагающие роботы, нелинейные системы, устойчивость движения роботов, четырехногие роботы.*

Проблема управления шагающими роботами актуальна, поскольку позволяет получить принципиально новый класс машин, с новыми эксплуатационными характеристиками. Для построения

управления такими роботами используются два типа методов – методы машинного обучения и метод обратной задачи. При машинном обучении управляющие силы (моменты) в приводах интерполируются рекуррентной нейронной сетью. Указанный подход широко применяется в настоящее время и позволяет добиться низкой частоты падений – большой доли успешных проходов робота по тестовым траекториям и неровностям. Главным недостатком методов машинного обучения является то, что они относятся к методам Монте – Карло и требуют значительных вычислительных ресурсов даже для расчета одного варианта целевой функции (функции выигрыша) и теоретически не могут обеспечить малую величину вероятности падений в различных условиях. Метод обратной задачи теоретически является методом реального времени, что делает его привлекательным для решения задач управления роботами со сложной локомоцией. В настоящей работе проводится анализ динамических параметров движения робота собаки типичной кинематической схемы, и анализируются пути их улучшения.

Рассматривается четырехногий робот собака MORS [5] – рисунок 1. Основные параметры робота: масса 7.22 кг, поперечное расстояние между продольными осями ног 134 мм, продольное расстояние между поперечными осями ног 331 мм. Полная длина ног – 398 мм (105+130+163). Робот реализован по общепринятой кинематической схеме с тремя приводами на каждой ноге. Ориентация приводов в ноге также типовая – первый от корпуса привод расположен продольно относительно корпуса, второй и третий – перпендикулярно оси первого привода. Для синтеза управления и расчетного анализа управляемого движения используется математическая модель робота в системе моделирования динамики связанных систем тел ФРУНД [1, 6]. Модель находится в открытом доступе – frund.vst.ru.

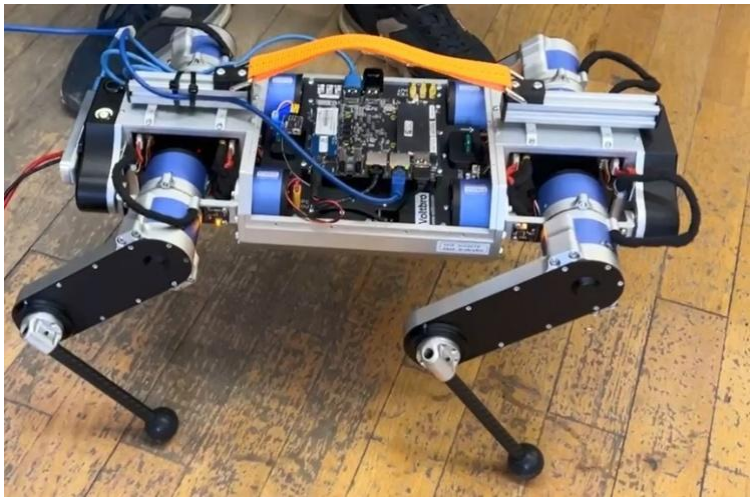


Рисунок 1 – Робот MORS

Математическая модель включает адаптивный генератор походок [3], который формирует трехмерную программную траекторию стоп с учетом движения корпуса в месте крепления ноги. Программная траектория корпуса задается шестью координатами движения его ц.м. Траектория движения стопы интерполируется тригонометрическими функциями с плавным изменением перемещения, скорости и ускорения.

Прямолинейное движение – разгон до заданной скорости, движение с постоянной скоростью, торможение и остановка. Время разгона и торможения 0.5 с, время движения с постоянной скоростью 3 с, скорость движения изменялась от 0.2 до 1 м/с. Параметры шага – частота 3 Гц, высота подъема стопы 6 см, длина шага выбиралась адаптивным генератором походок в зависимости от скорости движения. Использовалась походка с попарным переносом ног, расположенных по диагонали – галоп. Удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных данных имеет место по большинству параметров движения робота.

Рассматриваемое управление с помощью адаптивного генератора походок позволяет реализовать произвольное пространственное движение корпуса робота, например, разворот на месте – рисунок 2.



Рисунок 2 – Кинограмма разворота робота на месте

Рассматриваемый в данной работе метод обратной задачи теоретически является методом реального времени для произвольного движения. Недостаток современных методов управления шагающими роботами – избыточные энергетические затраты в приводах. Пиковая мощность в приводах для робота MORS достигает 120-130 Вт, сопоставимые значения энергетических затрат имеют место и в других существующих образцах роботов собак [2]. Ввиду энергетической неэффективности режима шагания во всех существующих методах управления шагающими роботами, для высокомобильных роботов целесообразно использовать гибридный колесно шагающий движитель [4]. Такая гибридная схема позволяет применить колесный движитель в виде моноколеса, поскольку устойчивость и управляемость робота обеспечивается за счет шагающих движителей. Гибридный движитель значительно упрощает конструкцию робота и делает ее модульной. Макетный образец такой конструктивной реализации робота МОРС показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Робот MORS с колесным движителем

Шагающий режим движения должен обеспечивать ряд функций, принципиально повышающих мобильность такой платформы и допускать простую техническую реализацию. К таким функциям относятся – преодоление макропрепятствий – лестницы, завалы камней, ямы и др. Восстановление рабочего положения после аварийных ситуаций – переворотов, падений и др, обладать возможностью принимать заданную ориентацию корпуса для работы оборудования. Рассмотрим такие специальные режимы движения.

Шагание по лестницам. При известной трехмерной геометрии препятствия и относительного положения робота движение по лестнице просто реализуется квазистатической походкой вперевалку с небольшой скоростью – рисунок 4. Квазистатическая походка может осуществляться непрерывно или с остановками. При такой походке управляемое движение мало отличается от программного, что удобно для отладки алгоритмов технического зрения. Возможна так же реализация движения без использования данных о геометрии препятствия – движение вслепую, которое может осуществляться, например, ползком – рисунок 5. Максимальная высота преодолеваемых ступенек определяется суммарной длинной двух последних звеньев ноги и составляет примерно треть этой величины. При большей высоте ступенек происходят удары боковых поверхностей ног о поверхности ступенек. Для робота MORS преодолеваемая высота ступенек – 10-12 см.



Рисунок 4 – Шагание по лестнице вперевалку

Выполнение задачи придания корпусу робота заданной ориентации при неподвижных ногах так же решается в рамках обратной задачи. Предварительную ориентацию корпуса можно осуществлять поворотами перешагиванием, как это показано на рисунке 2.



Рисунок 5 – Передвижение по лестнице ползком

Все перечисленные режимы допускают падение робота, из которого можно выйти в нормальное положения с помощью ног. На рисунке 6 показан переворот робота на спину. Движение реализуется с помощью адаптивного генератора походки заданием поворота корпуса отн. продольной оси.



Рисунок 6 – Переворот на спину

Описанные в работе методы управления позволяют реализовать достаточный набор режимов движения шагающего робота, обеспечивающих принципиальное повышение мобильности и функциональных возможностей робота как высокомобильной платформы. Методы применимы к шагающим роботам с любым количеством ног и групповому движению нескольких роботов, например, при переносе единого груза.

Шагающие роботы на базе электропривода могут быть выполнены по модульной схеме, содержащей несущий корпус, унифицированные шагающие движители, электронный блок управления, программу управления, приборы навигации, технического зрения, связи и технологическое оборудование. Модульность конструкции шагающих роботов – принципиальное отличие от существующих колесных и гусеничных мобильных платформ. В приборной части могут использоваться элементы существующих роботов, например, квадрокоптеров.

Важнейшим элементом шагающих роботов можно считать шагающий движитель. При наличии такого движителя на основе разработанных методов реализуется управление роботами с различным числом ног 4, 6, 8. Базовая конструкция шагающего движителя – 3 звена. Набор шагающих движителей различных типоразмеров позволит получать роботов различной грузоподъемности, оснащающихся унифицированной аппаратной частью системы управления. Модульность конструкции дает возможность реконфигурации робота в рамках одного или различных типоразмеров ног, в том числе использование шагающих движителей в качестве манипуляторов.

Основной задачей, в шагающих роботах помимо управления, является отработка приводов, поскольку в отличие, например, от приводов таких широко распространенных роботов как квадрокоптеры, приводы шагающих роботов содержат редукторы, значительно усложняющие конструкцию.

Представленные методы управления и эксперименты с макетом робота показывают реализуемость создания низкобюджетных роботов для широкого коммерческого и специального применения.

Финансирование работы. Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания № 124022500277-0, код FFGU-2024-0016.

Список использованной литературы

1. Буданов В. М., Данилов В. А., Капытов Д. В., Климов К. В. Малогабаритный четырехногий шагающий робот на базе бесколлекторных моторов // Известия РАН. Теория и системы управления. 2025. № 3. С. 153-177

2. Горобцов А. С. Кинематический планировщик движения робота-собаки // Известия ВолгГТУ. Сер. Роботы, мехатроника и робототехнические системы. 2024. № 9. С. 19-20.

3. Горобцов А. С. Синтез параметров управляемого движения многозвенных механических систем произвольной структуры методом обратной задачи // Мехатроника, автоматизация, управление. 2004. № 6. С. 43-50.

4. Горобцов А. С., Скориков Ан. В., Тарасов П. С., Чесноков О. К. Робот с комбинированным колёсно-шагающим движителем // Известия ВолгГТУ. Сер. Роботы, мехатроника и робототехнические системы. 2020. № 9. С. 26-30.

5. Aractingi M., Leziart P.-A., Flayols Th., Perez J. Controlling the solo 12 quadruped robot with deep reinforcement learning // Scientific Reports. 2023. V. 13. No. 1. Pp. 11945

6. Gorobtsov A., Sychev O., Orlova Yu., Smirnov E., Grigoreva O., Bochkin A., Andreeva M. Optimal Greedy Control in Reinforcement Learning // Sensors. 2022. Pp. 14-21

УДК 531.8+621.0

К РЕШЕНИЮ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ О ПОЛОЖЕНИЯХ ДЛЯ *l*-КООРДИНАТНОГО МЕХАНИЗМА ОБЫЧНОГО ВИДА

Демидов С. М., *канд. техн. наук, н. с.*
Рашоян Г. В., *д-р техн. наук, ст. н. с.*
Филиппов Г. С., *д-р техн. наук, зам. директора по научной работе*

Институт машиноведения им. А. А. Благонравова РАН
г. Москва, Россия

Аннотация. Представлен алгоритм решения прямой задачи о положениях для пространственных механизмов параллельной структуры, оснащенных шестью линейными приводами. В зависимости от конкретной структурной схемы l-координатного механизма, прямая задача может быть решена как аналитическими методами, так и итерационно-численными подходами. Ядром аналитического решения выступила математическая модель, базирующаяся на системе трех прямых уравнений, пересекающихся в одной точке.

Ключевые слова: *l-координатный механизм, механизмы параллельной структуры, прямая задача о положениях.*

Известно, что аналитическое решение задачи о положениях является эффективным средством для описания рабочей зоны выходного звена механизмов параллельной структуры, поскольку позволяет точно определить геометрическое расположение подвижного платформы в пространстве при заданных значениях параметров приводов. Это особенно важно при проектировании высокоточных систем автоматизации, таких как станки с ЧПУ, манипуляторы для сборки микроэлектроники, биомеханические протезы и системы управления космических аппаратов. Кроме того, аналитические методы позволяют проводить детальный анализ траектории движения промежуточных звеньев – например, шарнирных элементов, соединяющих основание и подвижную платформу, – выявлять потенциальные столкновения, ограничения перемещения и области повышенного износа. Также такие подходы дают возможность количественно оценивать функциональные возможности механизма: диапазон изменения ориентации, скорость и точность позиционирования, а также исследовать наличие так называемых особенностей – особых положений, когда теряется одна или несколько степеней свободы, возникают сингулярности, либо происходит изменение динамического поведения системы.

Одним из видов механизмов параллельной структуры являются l-координатные механизмы (рис. 1), которые представляют собой особую разновидность параллельных манипуляторов, обладающих шестью соединительными звеньями – стрингерами, каждый из которых содержит одну поступательную приводную пару (например, линейный электродвигатель или винтовой механизм) и две сферические неприводные пары (шарниры). Эти компоненты обеспечивают жёсткое соединение между основанием 1, закреплённым неподвижно, и подвижной платформой 2, которая может совершать сложное движение в трёхмерном пространстве. Такая конструкция позволяет достичь высокой жёсткости, точности позиционирования и устойчивости к внешним нагрузкам. Наличие именно одного привода на каждом из шести звеньев обеспечивает полную управляемость движениями платформы по всем шести степеням свободы – трём поступательным и трём вращательным.

Каждая из шести цепей формирует один из элементов общего кинематического контура, и их взаимодействие напрямую влияет на форму и размеры рабочей зоны, а также на характер движения подвижной части. При этом расчётная модель таких механизмов строится на основе математической интерпретации связей между координатами конечных

точек звеньев и угловыми параметрами шарниров, что требует применения комплексного подхода, включающего применение теории матриц, векторной алгебры, тригонометрических преобразований и численных методов решения систем нелинейных уравнений. Известно, что аналитический алгоритм решения прямой задачи о положениях имеет место лишь для некоторых *l*-координатных структурных схем.

В неподвижной системе координат O'X'Y'Z', нам даны положения трех опорных точек $B_j(X'_{Bj}, Y'_{Bj}, Z'_{Bj})$ (j = 1, 2, 3) связанные с основанием 1. Одновременно, в подвижной системе координат OXYZ, принадлежащей выходному звену 2 механизма, определены координаты трех характерных точек $P_i(X_{Pi}, Y_{Pi}, Z_{Pi})$ (i = 1, 2, 3). Мы располагаем сведениями о шести параметрах $l_1,\ldots, l_6$, которые описывают расстояния между точками на выходном звене – l_{P1P2}, l_{P2P3}, l_{P1P3} – и аналогичные расстояния между точками на основании – l_{B1B2}, l_{B2B3}, l_{B1B3}. Наша задача – установить точное положение выходного звена 2 относительно неподвижной системы координат O'X'Y'Z'.

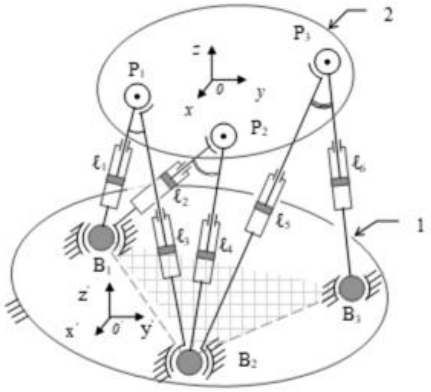


Рисунок 1 – *l*-координатный механизм, соответствующий аналитическому решению прямой задачи о положениях

Несомненно, определение истинного положения выходного звена механизма эквивалентно точному определению координат всех ключевых точек P_i в неподвижной системе отсчета O'X'Y'Z', где индексы i =1, 2, 3. Для начала нам нужно определить положение точки B_2 в системе отсчета, присущей именно выходному звену механизма. Для этого мы выстроим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases}(X_{P1}-X_{B2})^2+(Y_{P1}-Y_{B2})^2+(Z_{P1}-Z_{B2})^2=l_3^2,\\(X_{P2}-X_{B2})^2+(Y_{P2}-Y_{B2})^2+(Z_{P2}-Z_{B2})^2=l_4^2,\\(X_{P3}-X_{B2})^2+(Y_{P3}-Y_{B2})^2+(Z_{P3}-Z_{B2})^2=l_5^2.\end{cases} \quad (1)$$

На примере системы уравнений (1) продемонстрируем алгоритм решения системы квадратных уравнений. Для этого нужно раскрыть скобки во всех трёх уравнениях системы и вычесть из первого второго уравнения и третье, таким образом мы получим следующие соотношения:

$$X_{B2}(X_{P2} - X_{P1}) + Y_{B2}(Y_{P2} - Y_{P1}) + Z_{B2}(Z_{P2} - Z_{P1}) = t1, \quad (2)$$

$$X_{B2}(X_{P3} - X_{P1}) + Y_{B2}(Y_{P3} - Y_{P1}) + Z_{B2}(Z_{P3} - Z_{P1}) = t2, \quad (3)$$

где:

$$t1 = \frac{l_3^2 - l_4^2 - K_1 + K_2}{2}, t2 = \frac{l_3^2 - l_5^2 - K_1 + K_3}{2},$$

$$K_1 = X_{P1}^2 + Y_{P1}^2 + Z_{P1}^2, K_2 = X_{P2}^2 + Y_{P2}^2 + Z_{P2}^2, K_3 = X_{P3}^2 + Y_{P3}^2 + Z_{P3}^2.$$

Решим уравнения (2) и (3) относительно переменных Y_{B2} и X_{B2}, выражая их через координату Z_{B2}, при этом получаем:

$$Y_{B2} = K_4 + K_5 Z_{B2}, \quad (4)$$

$$X_{B2} = K_6 + K_7 Z_{B2}, \quad (5)$$

где:

$$K_4 = \frac{t2 \cdot (X_{P2} - X_{P1}) - t1 \cdot (X_{P3} - X_{P1})}{(X_{P2} - X_{P1}) \cdot (Y_{P3} - Y_{P1}) - (Y_{P2} - Y_{P1}) \cdot (X_{P3} - X_{P1})},$$

$$K_5 = \frac{(Z_{P2} - Z_{P1}) \cdot (X_{P3} - X_{P1}) - (Z_{P3} - Z_{P1} \cdot)(X_{P2} - X_{P1})}{(X_{P2} - X_{P1}) \cdot (Y_{P3} - Y_{P1}) - (Y_{P2} - Y_{P1}) \cdot (X_{P3} - X_{P1})},$$

$$K_6 = \frac{t2(Y_{P2} - Y_{P1}) - t1(Y_{P3} - Y_{P1})}{(X_{P3} - X_{P1}) \cdot (Y_{P2} - Y_{P1}) - (X_{P2} - X_{P1}) \cdot (Y_{P3} - Y_{P1})},$$

$$K_7 = \frac{(Z_{P2} - Z_{P1}) \cdot (Y_{P3} - Y_{P1}) - (Z_{P3} - Z_{P1}) \cdot (Y_{P2} - Y_{P1})}{(X_{P3} - X_{P1}) \cdot (Y_{P2} - Y_{P1}) - (X_{P2} - X_{P1}) \cdot (Y_{P3} - Y_{P1})}.$$

Подставив (4) и (5) в первое уравнение системы (1), получаем квадратное уравнение относительно переменной Z_{B2}:

$$a_1 Z_{B2}^2 + a_2 Z_{B2} + a_3 = 0, \quad (6)$$

где:

$$a_1 = K_5^2 + K_7^2 + 1,$$

$$a_2 = 2(-X_{P1}K_7 + K_4K_5 - Y_{P1}K_5 + K_6K_7 - Z_{P1}),$$

$$a_3 = K_1 + K_4^2 + K_6^2 - 2X_{P1}K_6 - 2Y_{P1}K_4 - l_3^2.$$

Уравнение (6) будет иметь решение, корни которого принимают следующий вид:

$$Z_{B2} = \frac{-a_2 \pm \sqrt{a_2{}^2 - 4a_1a_3}}{2a_1}. \quad (7)$$

Необходимо отметить, что выражение (7) имеет неоднозначное решение, обусловленное знаком перед квадратным корнем. Во избежание этой неоднозначности предлагается ограничиться рассмотрением одной конфигурации сборки механизма. Подставив полученный из (7) результат в уравнения (4) и (5), мы сможем определить остальные координаты точки B_2.

Для определения координат точек B_1 и B_3 составляются две системы уравнений, алгоритм решения будет аналогичен системе уравнений (1).

$$\begin{cases} (X_{P1}-X_{B1})^2+(Y_{P1}-Y_{B1})^2+(Z_{P1}-Z_{B1})^2=l_1^2, \\ (X_{P2}-X_{B1})^2+(Y_{P2}-Y_{B1})^2+(Z_{P2}-Z_{B1})^2=l_2^2, \\ (X_{B2}-X_{B1})^2+(Y_{B2}-Y_{B1})^2+(Z_{B2}-Z_{B1})^2=l_{B2B1}^2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} (X_{P3}-X_{B3})^2+(Y_{P3}-Y_{B3})^2+(Z_{P3}-Z_{B3})^2=l_6^2, \\ (X_{B1}-X_{B3})^2+(Y_{B1}-Y_{B3})^2+(Z_{B1}-Z_{B3})^2=l_{B1B3}^2, \\ (X_{B2}-X_{B3})^2+(Y_{B2}-Y_{B3})^2+(Z_{B2}-Z_{B3})^2=l_{B2B3}^2. \end{cases}$$

Затем, имея координаты точек P_i (i =1, 2, 3) в подвижной системе координат, можно рассчитать длины дополнительных отрезков l_{P1B3}, l_{P2B3}, l_{P3B1}. Это позволит подобно (1) определить координаты точек P_i в неподвижной системе координат. Таким образом, прямая задача о положениях решена.

Таким образом, в данной работе представлено детальное аналитическое решение прямой задачи о положениях для двух типов l-координатных механизмов: сначала – для механизма общего типа, характеризующегося стандартной конфигурацией соединения звеньев, при которой все приводы и выходное звено расположены с одной стороны от базового элемента (основания), а затем – для модифицированного варианта, в котором выходное звено и приводы размещены по разные стороны относительно опорного основания. Для обоих случаев получены замкнутые аналитические выражения зависимостей между заданными входными параметрами (углами поворота приводов) и координатами точки захвата (или другой характерной точкой выходного звена) в пространстве, что позволяет однозначно определить положение рабочего органа при любом сочетании угловых значений приводов.

Такое решение обеспечивает высокую вычислительную эффективность, поскольку исключает необходимость использования численных итерационных процедур для нахождения текущего положения механизма. Более того, аналитическая форма зависимости положений от управляющих переменных значительно упрощает процедуру формирования уравнений движения механической системы, позволяя непосредственно выразить кинематические величины через известные функции углов и их производных. Это особенно важно при построении алгоритмов динамического управления, когда требуется минимизация времени реакции системы, обеспечение плавности траектории и соблюдение жестких требований к точности позиционирования. Предложенная методика может быть применена как для проектирования систем автоматизации, так и для реализации обратной связи в реальном времени в робототехнических комплексах, работающих в условиях ограниченной вычислительной мощности.

Таким образом, наличие полного аналитического решения прямой задачи о положениях также облегчает математическое моделирование.

Работа выполнена за счет средств Государственного задания, код (шифр) научной темы, присвоенной учредителем (организацией) FFGU 2024-0022.

Список использованной литературы

1. Алешин А. К., Глазунов В. А., Рашоян Г. В., Оффер Ш. Анализ кинематических винтов, определяющих топологию сингулярных зон роботов параллельной структуры // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2016. № 4. С. 3-8.

2. Антонов А. В., Глазунов В. А., Алешин А. К., Рашоян Г. В., Лактионова М. М. Кинематический анализ механизма параллельной структуры для работы в агрессивных средах // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2018. № 2. С. 3-10.

3. Диденко Е. В., Певнев И. Г., Демидов С. М. Структурный синтез механизмов параллельной структуры, содержащих кинематические цепи, налагающие связи на движение выходного звена // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2024. № 8. С. 24-30

4. Gough V. E. Contribution to discussion of papers on research in Automobile Stability, Control and Tire performance // Proc. Auto Div. Inst. Mech. Eng. 1956-1957. Pp. 392-394.

5. Merlet J.-P. Singular configurations of parallel manipulators and Grassman geometry // Intern. J. Robotic Res. 1989. V. 8. I. 5. Pp. 45-56.

6. Siciliano B., Khatib O. Springer Handbook of Robotics. Springer International Publishing. 2016. 2227 p.

УДК 621.865.8

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА

Дяшкин А. В., *канд. техн. наук, доцент*
Горин А. В., *магистрант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Раскрыты возможности созданной для предложенного мобильного робота-манипулятора системы управления. Приведенная функциональная схема системы управления позволяет определить возможности мобильного робота-манипулятора в работе. Литературные источники ориентируют в анализе имеющихся конструкций и систем управления известных роботов-манипуляторов, которые используются при выполнении погрузочно-разгрузочных работ сельскохозяйственного, и не только, назначения.

Ключевые слова: *мобильные роботы-манипуляторы, манипуляторы системы управления манипуляторами.*

Особое внимание уделяется, в данный период времени, изучению робототехнических систем. Современные технологии в робототехнике не обошли стороной и аграрную сферу. Если совсем недавно робототехника считалась чем-то недостижимым и рассматривалась

только в промышленности, то сегодня большее внимания уделяется внедрению роботов и в сельскохозяйственном производстве. Автоматизация тяжелого сельского труда способна привести к значительному улучшению качества продукции, увеличению урожайности, снижению издержек на производство.

Использование роботов-манипуляторов в сельскохозяйственном производстве, требует знания системы управления.

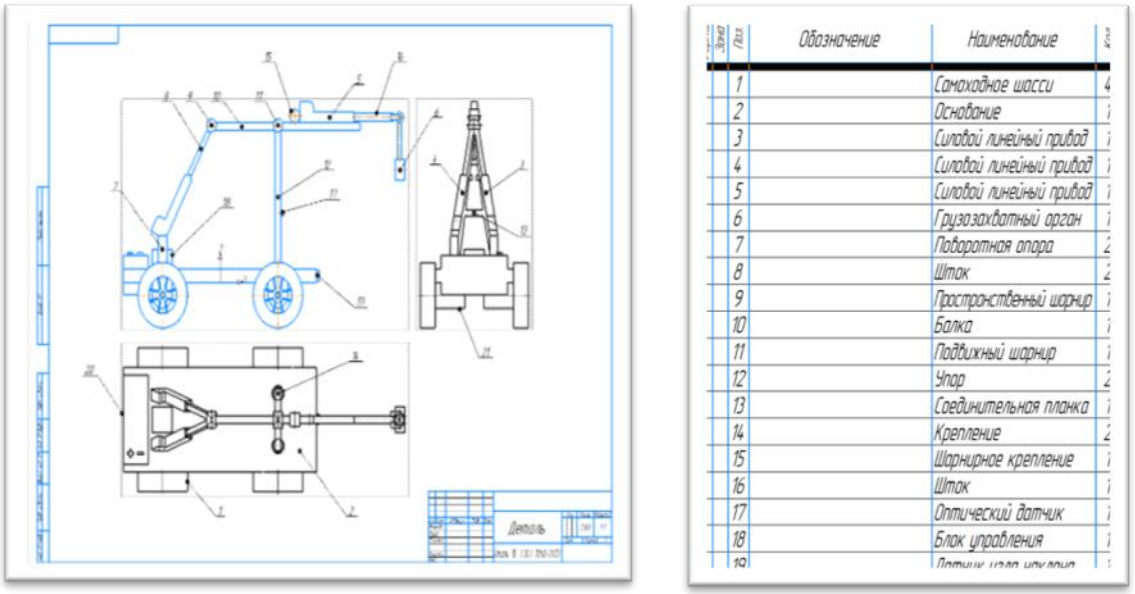
Рассмотрим систему управления конструкции разработанного нами робота-манипулятора. Опираясь на представленную в статье литературу [1-10], приведем характеристику составляющих системы управления одного робота-манипулятора, который можно использовать при выполнении погрузочно-разгрузочных работ в сельскохозяйственном производстве.

Цель работы – рассмотреть систему управления предложенного мобильного робота-манипулятора.

По результату привести обоснование целесообразности использования мобильного робота-манипулятора, с предложенной системой управления, в работах сельскохозяйственного назначения.

Приступая к рассмотрению системы управления мобильного робота-манипулятора, необходимо вначале представлять его конструкцию, ведь от нее и формируется система управления. Представим на рисунке 1 чертеж нашей конструкции мобильного робота-манипулятора.

Принцип работы мобильного робота-манипулятора осуществляется следующим образом:



Поз.	Кол.	Обозначение	Наименование	Кол.
	1		Самоходное шасси	4
	2		Основание	1
	3		Силовой линейный привод	1
	4		Силовой линейный привод	1
	5		Силовой линейный привод	1
	6		Грузозахватный орган	1
	7		Поворотная опора	2
	8		Шток	2
	9		Пространственный шарнир	1
	10		Балка	1
	11		Подвижный шарнир	1
	12		Упор	2
	13		Соединительная планка	1
	14		Крепление	2
	15		Шарнирное крепление	1
	16		Шток	1
	17		Оптический датчик	1
	18		Блок управления	1
	19		Датчик угла наклона	1

Рисунок 1 – Чертеж робота-манипулятора с фрагментом спецификации

Самоходное шасси 1 перемещающееся по поверхности земли, распознает необходимый объект для выполнения операции его перемещения благодаря оптическому датчику 17, который передает сигнал на блок управления 18, а тот задает необходимую величину перемещения штокам 8, 16 силовых линейных приводов 3, 4, 5 и контролирует слаженность их работы совместно с управляемым грузозахватным органом 6, который захватывает и перемещает объект в указанное место. Поочередной работой силовых линейных приводов 3, 4, штоки 8 которых сходятся в общем пространственном шарнире 9, достигается расширенная зона обслуживания управляемого грузозахватного органа 6. Работой силового линейного привода 5 соединенного с управляемым захватом 6достигается регулирование длины выноса управляемого грузозахватного органа 6. На поверхности основания 2 в передней части самоходного шасси 1 установлен датчик угла наклона 19, который фиксирует угол наклона самоходного шасси 1 к поверхности земли, по которой перемещается. В случае превышения заданного оператором значения угла наклона самоходного шасси 1 относительно поверхности земли, по которой идет перемещение, от датчика угла наклона передается сигнал на блок управления 18 и движение самоходного шасси 1 останавливается и отдается команда на изменение траектории движения самоходного шасси 1 в сторону от возвышенности, угол подъёма которой превышает заданное значение, чтобы предотвратить опрокидывание робота-манипулятора.

Данный робот-манипулятор способен автоматизировать процесс погрузки и разгрузки различных объектов массой до 500 килограмм.

Как мы видим, весь процесс работы мобильного робота-манипулятора связан с системой управления, функциональная схема которой представлена на рисунке 2.

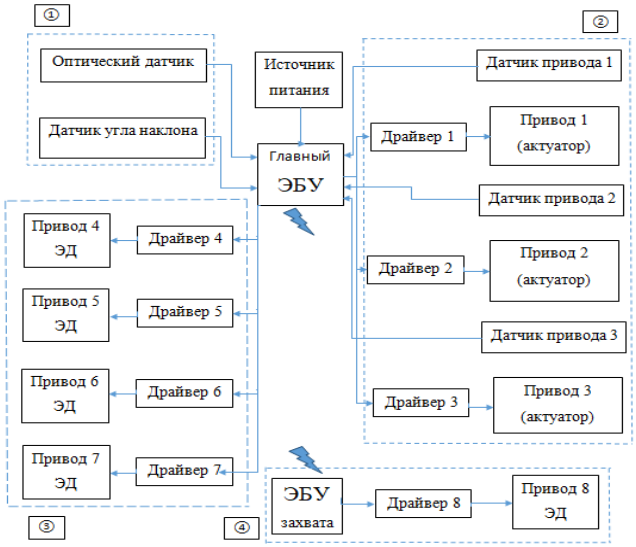


Рисунок 2 – Функциональная схема системы управления мобильного робота-манипулятора

Система основана на главном электронном блоке управления (ЭБУ), который анализирует данные полученные от датчиков и управляет всеми процессами мобильного робота-манипулятора, и также контролирует слаженность работы всех составляющих приводов и датчиков.

Представленная функциональная схема мобильного робота-манипулятора условно разделена на четыре блока, в первом блоке, оптический датчик и датчик угла наклона.

Оптический датчик обеспечивает захват изображений и передачу их на главный блок управления для дальнейшего обработки и анализа.

Второй блок отвечает за управление приводами мобильного робота-манипулятора. Силовые линейные приводы, подключаются через драйвер, а также в них встроены датчики положения.

Третий блок отвечает за управление самоходным шасси. В нем расположены приводы электродвигателей (ЭД), закрепленные на основании робота. На валу каждого электродвигателя закреплено колесо. Главный блок управления посредством драйвера управляет каждым электродвигателем и следит за слаженностью их совместной работы. За счет привода всех четырех колес обеспечивается большая управляемость устройством, и также полный привод, что положительно влияет на проходимость.

Четвертый блок в данной функциональной схеме контролирует работу грузозахватного органа. Главный блок управления передает сигналы на электронный блок управления захвата (ЭБУ захвата), а тот в свою очередь через драйвер запускает работу привода грузозахватного органа на закрытие или открытие механизма захвата.

Отметим, что компьютерное зрение должно вести захват изображений и анализ. Для нас имеет смысл использовать уже существующие доступные системы компьютерного зрения. Среди подобных систем сразу же просится вспомнить одну из самых известных: OpenCV, представляющую собой комплекс алгоритмов для реализации компьютерного зрения. Комплекс представлен модулями с узкоспециализированным функционалом: математического анализа, обработки изображений, графического интерфейса пользователя, ввода-вывода изображений и видео, ряда других компонентов. Общее количество компонентов превышает 2500, что позволяет решать достаточно сложные задачи.

Данные от системы технического зрения обрабатываются на микрокомпьютере Raspberry Pi 3 Model B, который основан на процессоре Broadcom BCM2837 с четырьмя 64-битными ядрами ARM Cortex A-53, работающими на частоте 1,2 ГГц; он имеет 1 Гб оперативной памяти, порты USB, RS-232, I2C и GPIO, встроенный блок Wi-Fi. Использование в системе управления микрокомпьютера позво-

ляет реализовать достаточно сложные алгоритмы управления, поддержку WiFi и построить системы технического зрения. Энергопотребление у Raspberry Pi низкое, что очень важно для случая автономной мобильной роботы, и при достаточной производительности радует невысокой ценой.

В завершение подчеркнем, что представленная система управления мобильного робота-манипулятора, наряду с его конструкцией, характеризуется простотой и компактностью. Унификация компонентов обеспечивает передачу и прием управляющих команд и данных между модулями системы.

К тому же возможно решить вопрос импорта замещения за счет предлагаемого мобильного робота-манипулятора, который не потребует в изготовлении больших материальных затрат и как следствие будет пользоваться спросом в хозяйствах аграрного сектора нашей страны.

Список использованной литературы

1. Манипулятор-трипод промышленного назначения: патент на изобретение № 2651781 / В. В. Жога, В. В. Дяшкин-Титов, А. В. Дяшкин, Н. С. Воробьева, И. А. Несмиянов, М. Е. Николаев. Опубл. 12.04.2017.

2. Робот-манипулятор: патент изобретение № 2833264 / Н. В. Бабоченко. Опубл. 16.01.2025.

3. Исследование манипуляторов параллельно-последовательной структуры на базе трипода / Н. С. Воробьева, И. А. Несмиянов, В. В. Жога [и др.]. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2022. 272 с.

4. Краснов В. А., Бабоченко Н. В. / Роботизация погрузочноразгрузочных работ // Материалы XXIX Региональной конференции молодых ученых и исследователей Волгоградской области (с международным участием). Волгоград, 2024. С. 170-173.

5. Краснов В. А., Бабоченко Н. В. / Робот-манипулятор в агропромышленном комплексе // Перспективные направления развития АПК Волгоградской области: материалы региональной научно-практической конференции. Волгоград, 2024. С.131-134.

6. Остриков И. А. Компьютерное моделирование работы стрелового гидроманипулятора // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIV Международной научно-практической конференции молодых исследователей: сб. тр. конф. Волгоград, 2020. Т. 5. С. 239-241.

7. Папа А-В. Моделирование кинематики работы шарнирно-стержневого гидроманипулятора // Нива Поволжья. 2020. № 1 (54). С. 127-137.

8. Токарев В. И., Бабоченко Н. В. Вопрос стабильности работы стреловых грузоподъемных средств на колесном шасси // Нива Поволжья. 2020. № 4 (58). С. 127-137.

9. Шойкин А. А., БабоченкоН. В. Автоматизация шарнирно-стержневого манипулятора // Материалы XXVIII Региональной конференции молодых ученых и исследователей Волгоградской области. Волгоград, 2024. С. 169-172.

10. The mathematical theory of optimal processes / L. S. Pontryagin, V. G. Boltyanskii, R. V. Gamkrelidze, E. F. Mishchenko. Pergamon Press, 1964.

УДК 621.868

ВОПРОС УСТОЙЧИВОСТИ В РАБОТЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПОГРУЗЧИКА СТРЕЛОВОГО ТИПА

Дяшкин-Титов В. В., *канд. техн. наук, доцент*
Мухамбетов В. А., *магистрант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены характеристики устойчивости конструкции приведенного автоматизированного электропогрузчика стрелового типа. Приведенные формулы позволили определить возникающие реакции в опорах, максимально поднимаемый груз и угол наклона, при котором автоматизированный электропогрузчик стрелового типа может потерять равновесие. Литературные источники ориентируют в анализе имеющихся конструкций существующих автоматизированных электропогрузчиков стрелового типа, которые осуществляют погрузочно-разгрузочные работы на производстве.

Ключевые слова: *автоматизированные электропогрузчики, конструкции электропогрузчиков, электропогрузчики стрелового типа.*

Всё активнее проникают в аграрную сферу современные технологии. Раньше использование робототехники считалось чем-то недостижимым и ограничивалось промышленностью, сегодня же всё больше и больше внимания уделяется внедрению роботов, способных работать и в сельском хозяйстве.

Электропогрузчик – это бесшумное и экологически чистое средство для работы с широким спектром грузов, включая поддоны, ящики для поддонов и стеллажи. Электропогрузчики способны работать как внутри помещений, так и за пределами помещений. Электропогрузчики являются идеальным выбором для погрузочно-разгрузочных работ: от подъема грузов и их снятия до перемещения грузов вокруг площадки, и разгрузочных работ с грузами. Габаритные размеры электропогрузчиков связаны с их маневренными качествами, так как приходится работать в стесненных условиях помещений при выполнении транспортно-складских работ.

Для того чтобы использовать автоматизированные электропогрузчики стрелового типа в сельскохозяйственном производстве, необходимо учитывать и специфику работы и назначение. Ведь не смотря на свою компактность нельзя исключать и неустойчивость при работе с грузами различных масс.

Предлагается проверить конструкцию автоматизированного электропогрузчика стрелового типа при выполнении погрузочно-разгрузочных работ на устойчивость. Опираясь на представленную

литературу [1-10], представим анализ продольной и поперечной устойчивости при максимальном вылете стрелы автоматизированного электропогрузчика стрелового типа.

Цель работы – проверить конструкцию автоматизированного электропогрузчика стрелового типа на устойчивость при выполнении погрузочно-разгрузочных работ.

По полученному результату необходимо сделать определенные выводы о целесообразности использования автоматизированного электропогрузчика стрелового типа при выполнении погрузочно-разгрузочных работ сельскохозяйственного назначения.

Одним из наиболее важных расчетов является расчет на устойчивость автоматизированного электропогрузчика стрелового типа в продольной и поперечной плоскостях, который определяет способность механизма противостоять действию сил, вызывающих его опрокидывание. А также с помощью этих расчетов можно определить максимально допустимый вес поднимаемого груза.

Рассмотрим два варианта устойчивости:

а) в продольной и поперечной плоскости, при максимальном вылете стрелы погрузчика;

б) в поперечной плоскости, по определению предельного угла наклона механизма.

В данном случае продольная устойчивость автоматизированного электропогрузчика стрелового типа зависит от веса поднимаемого объекта.

Опрокидывание механизма автоматизированного электропогрузчика стрелового типа может возникнуть при максимальном вылете стрелы, в результате чего происходит разгружение задних колес шасси.

Чтобы избежать опрокидывания автоматизированного электропогрузчика стрелового типа необходимо определить координаты центра тяжести.

Координаты центра тяжести механизма определим в программе «Компас 3Д», придав модели автоматизированного электропогрузчика стрелового типа определенную массу материала.

Сумма проекций всех сил относительно оси z (рис. 1):

$$\sum F(z) = 0$$

$$-G_{\text{г}} + R_{\text{A}} - m + R_{\text{B}} = 0, \quad (1)$$

где R_{A} – реакция опоры передних колес автоматизированного электропогрузчика стрелового типа; R_{B} – реакция опоры задних колес автоматизированного электропогрузчика стрелового типа; $G_{\text{гр}}$ – максимальная масса поднимаемого грузчика; m – центр тяжести автоматизированного электропогрузчика стрелового типа.

Сумма моментов относительно точки соприкосновения передней оси с поверхностью земли будет равна:

$$\sum \mathrm{M}(z) = d \cdot G_{\text{г}} - b \cdot m + a \cdot R_{\text{В}} = 0, \quad (2)$$

a – колесная база самоходного шасси автоматизированного электропогрузчика стрелового типа (равная 1887 мм);

b – расстояние от передней оси колес самоходного шасси до центра тяжести (равное 1060 мм);

d – расстояние от передней оси колес самоходного шасси до центра груза (равное 2170 мм);

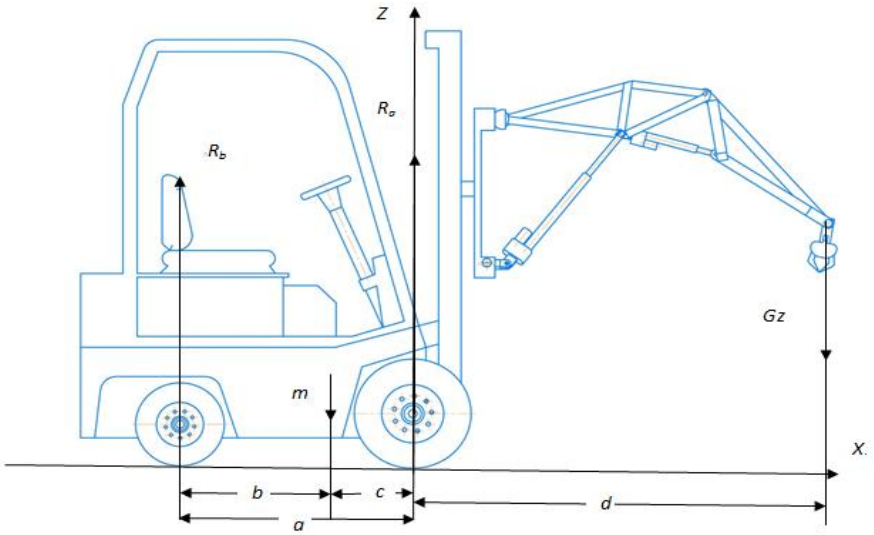


Рисунок 1 – Схема по определению продольной устойчивости при максимальном вылете стрелы автоматизированного электропогрузчика стрелового типа

Так как опора задних колес по условию равна 0, то выражение принимает следующий вид

$$d \cdot G_{\text{г}} = b \cdot m, \quad (3)$$

где m – масса всего механизма посчитанная через «Компас 3Д» (равная примерно 3,5 тонны)

$$G_{\text{г}} = \frac{b \cdot m}{d} = \frac{1060 \cdot 3{,}5}{2170} = 1{,}7 \text{ т.} \quad (4)$$

В результате чего получили, что опрокидывание механизма автоматизированного электропогрузчика стрелового типа произойдет при поднятии груза весом $G_{\text{г}} \geq 1{,}7$ т.

В данном случае поперечная устойчивость (рис. 2) будет так же вычисляться по формуле:

$$d \cdot G_{\text{г}} = b \cdot m. \quad (5)$$

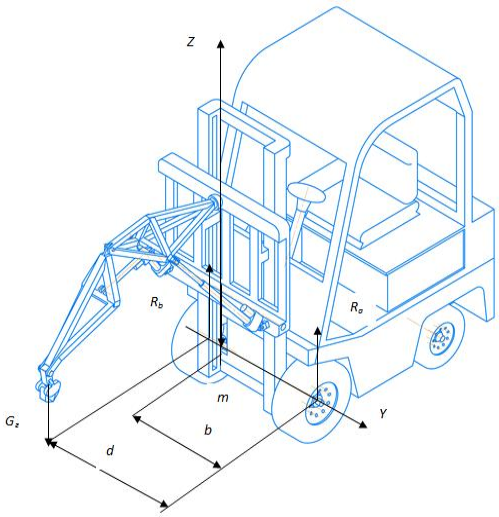


Рисунок 2 – Схема по определению поперечной устойчивости при максимальном вылете стрелы автоматизированного электропогрузчика стрелового типа

Тогда опрокидывание механизма малогабаритного электропогрузчика со стреловым грузоподъемным устройством произойдет при поднятии груза весом $G_г \geq 4{,}5$ т.

Из полученных значений выбираем наименьший вес груза, при котором может произойти опрокидывание автоматизированного электропогрузчика стрелового типа, и в дальнейшем примем данный показатель за грузоподъёмность для представленной конструкции.

Отсюда следует, что грузоподъёмность представленного автоматизированного электропогрузчика стрелового типа равна примерно 1,7 т.

Делая вывод, отметим, что приведенные формулы по определению продольной и поперечной устойчивости позволят правильно рассчитать необходимые усилия, которые позволят стабильно и безопасно работать автоматизированному электропогрузчику стрелового типа.

Список использованной литературы

1. Бабоченко Н. В. Кинематическая модель роботизированной шарнирно-стержневой стрелы // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2022. № 9 (268). С. 6-12.

2. Исследование манипуляторов параллельно-последовательной структуры на базе трипода / Н. С. Воробьева, И. А. Несмиянов, В. В. Жога [и др.]. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2022. 272 с.

3. Григорьев П. А., Сладкова Л. А. Патентный анализ современных технических решений для обеспечения устойчивости крановых конструкций // Строительные и дорожные машины. 2020. № 7. С. 38-42.

4. Остриков И. А. Компьютерное моделирование работы стрелового гидроманипулятора // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIV Международной научно-практической конференции молодых исследователей: сб. тр. конф. Волгоград, 2020. Т. 5. С. 239-241.

5. Папа А-В. Моделирование кинематики работы шарнирно-стержневого гидроманипулятора // Нива Поволжья. 2020. № 1 (54). С. 127-137.

6. Токарев В. И., Бабоченко Н. В. Вопрос стабильности работы стреловых грузоподъемных средств на колесном шасси // Нива Поволжья. 2020. № 4 (58). С. 127-137.

7. Фисенко В. С. Программа для определения координат и углов поворотов стрелы робота манипулятора // Лабиринты науки: материалы I Региональной научно-практической конференции старшеклассников и студентов СПО: сб. тр. конф. Волгоград, 2018. С. 22-24.

8. Шойкин А. А., Бабоченко Н. В. Автоматизация шарнирно-стержневого манипулятора // Материалы XXVIII Региональной конференции молодых ученых и исследователей Волгоградской области. Волгоград, 2024. С. 169-172.

9. The mathematical theory of optimal processes / L. S. Pontryagin, V. G. Boltyanskii, R. V. Gamkrelidze, E. F. Mishchenko. Pergamon Press, 1964.

УДК 621.865.8

АНАЛИЗ РАЗРАБОТАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МАНИПУЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ ТРЕУГОЛЬНОЙ ПИРАМИДЫ И ИХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Захаров Е. Н., *канд. техн. наук, доцент*
Несмиянов И. А., *д-р техн. наук, профессор*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Представлен анализ многолетних исследований Волгоградской научной школы в области создания и совершенствования манипуляторов на основе пространственного трехстержневого механизма в виде треугольной пирамиды (трипода). Рассмотрена эволюция конструктивных решений – от первых гидравлических погрузчиков 1970-х годов до современных электромеханических модульных систем параллельно-последовательной структуры. Показана роль основателя школы, профессора В. И. Пындака, и вклад его учеников, в том числе В. М. Герасуна, в развитие теории и практики манипуляционных систем. Особое внимание уделено междисциплинарному взаимодействию с институтами РАН и патентной активности школы. Продемонстрировано, как усложнение конструкций стимулировало углубление методов теоретического анализа – от статики и кинематики до структурного и динамического синтеза с оптимизацией программных движений.

Ключевые слова: *манипуляторы, триподы, структурный синтез, системы управления манипуляторами.*

Создание эффективных погрузочных манипуляторов для различных отраслей народного хозяйства, включая сельское хозяйство, строительство и транспорт, является актуальной научно-технической задачей. Традиционные манипуляторы с последовательной кинематикой, несмотря на широкое распространение, обладают рядом недо-

статков: невысокая жесткость, накопление ошибок позиционирования, значительная металлоемкость. Альтернативой им являются механизмы параллельной структуры, обладающие высокой грузоподъемностью, жесткостью и точностью [4].

Одним из перспективных направлений, развиваемых в Волгоградском ГАУ, является использование в качестве основы манипулятора пространственного трехстержневого механизма в виде треугольной пирамиды – трипода. У истоков этого направления стояли такие ученые, как В. И. Пындак, В. Л. Строков, В. М. Герасун и другие исследователи, работавшие над созданием грузоподъемных устройств для сельскохозяйственной техники в 1970-х годах. Результатом их работы стало получение первых авторских свидетельств на новые типы кранов-манипуляторов [1, 4].

Особая роль в становлении систематических научных исследований по данной тематике принадлежит доктору технических наук, профессору Виктору Ивановичу Пындаку – лауреату Государственной премии СССР, заслуженному изобретателю РФ. Его докторская диссертация «Обоснование и принципы создания мобильных грузоподъемных средств на базе пространственных механизмов для работы в сельском хозяйстве» (1991) [8] стала фундаментальным трудом, обобщившим многолетние исследования и заложившим теоретические основы для последующих разработок. Под его руководством и при его непосредственном участии сформировалась научная школа, насчитывающая более 10 защищенных кандидатских и докторских диссертаций, опубликовано около 1000 научных работ.

Так же важнейшую роль в формировании фундамента направления сыграл Владимир Морисович Герасун, чья кандидатская диссертация «Изыскание и исследование навесного погрузочного манипулятора с пространственным исполнительным механизмом», защищенная в 1979 году [1], стала первой в череде работ, посвященных данному классу механизмов. В этом труде были впервые системно изложены вопросы кинематики и силового анализа пространственного трехстержневого механизма применительно к навесным тракторным погрузчикам. Работы В. М. Герасуна заложили методологическую базу для последующих исследований его коллег и учеников.

Настоящая статья ставит целью провести анализ эволюции конструкций манипуляторов на базе трипода и научных исследований, выполненных представителями Волгоградской научной школы, начиная от первых работ В. И. Пындака, В. М. Герасуна и А. Ф. Рогачева до современных разработок.

Научная школа В. И. Пындака характеризуется широким спектром интересов в области машиностроения и механизации сельского хозяйства. Фундаментальные основы, заложенные в докторской диссертации [8], стали отправной точкой для многих прикладных исследований. Под руководством В. И. Пындака защищены кандидатские диссертации по различным направлениям: от повышения работоспособности деталей машин (О. В. Бурлаченко, 1995) до разработки смесителей кормов (Г. Г. Саломатин, 1996) и средств механизации бахчеводства (В. П. Бороменский, 1998). Особое место занимают работы, непосредственно связанные с созданием гидроманипуляторов и грузоподъемных средств. Помимо основополагающей работы В. М. Герасуна [1], среди учеников, развивавших это направление, можно выделить: С. С. Муху («Повышение эффективности навесных грузовых гидроманипуляторов сельскохозяйственного назначения с гидропневмоприводом», 2003 г.); А. Н. Макаренко («Совершенствование и обоснование параметров малогабаритных телескопических гидроманипуляторов сельскохозяйственного назначения», 2003 г.) [3]; Н. В. Кривельскую («Совершенствование сельскохозяйственных шарнирно-стержневых гидроманипуляторов с пространственным приводным механизмом», 2004 г.) [2].

Докторские диссертации, такие как работа Ю. Г. Лапынина «Повышение эффективности гидрофицированных машин циклического действия сельскохозяйственного назначения за счет упругодемпфирующих элементов и совершенствования герметизации» (2002 г.), стали логичным продолжением и обобщением накопленных знаний. Дальнейшим развитием этого направления на сегодняшний день стала докторская диссертация И. А. Несмиянова «Структурный и параметрический синтез и оптимизация программных движений манипуляторов на основе трипода» (2016 г.) [4], которая базируется на теоретических принципах, сформулированных в работах [1, 8].

Анализ диссертационных работ [1, 2, 3, 4, 8] и публикаций позволяет выделить несколько ключевых этапов в развитии конструкций рассматриваемых манипуляторов.

Первый этап – гидравлические манипуляторы навесного типа (1970-1980 гг.). Основополагающие работы Герасуна В. М. [1] и Пындака В. И. [8] заложили фундамент нового направления – создания тракторных погрузчиков с пространственным исполнительным механизмом. Манипулятор первого поколения представлял собой неполнопараллельный трипод (W=2) или неполнопараллельно-последовательную структуру (W=3) с гидроцилиндрами в качестве ведущих звеньев. Исследования базировались на классических мето-

дах теоретической механики и теории механизмов и машин, включая труды П. Л. Чебышева и Н. Е. Жуковского (теорема о жестком рычаге), а также на отчетах по НИР 1970-х годов.

Второй этап – телескопические и комбинированные гидроманипуляторы (1990-2000 гг.). Работы Макаренко А. Н. [3] и Кривельской Н. В. [2] ознаменовали дальнейшее развитие идей, сформулированных в докторской диссертации Пындака В. И. [8]. Были предложены конструкции с увеличенной зоной обслуживания за счет дополнительных подвижностей (до W=5). Макаренко А. Н. развил концепцию малогабаритных телескопических гидроманипуляторов с экологичной системой управления на основе пневмогидроаккумуляторов. Кривельская Н. В. предложила шарнирно-стержневые гидроманипуляторы с двухзвенной стрелой, где стержни выполняли функцию несущей фермы. Результатом этих разработок стала монография «Совершенствование сельскохозяйственных шарнирно-стержневых гидроманипуляторов с пространственным приводным механизмом» и ряд патентов, включая патент на устройство для управления гидравлическим манипулятором [6].

Третий этап – межведомственное сотрудничество и третье поколение манипуляторов. Важной особенностью современного этапа стало расширение географии исследований и межведомственное сотрудничество. В работах начала 2010-х годов к исследованиям подключаются ученые Волгоградского государственного технического университета (В. В. Жога, В. Н. Скакунов) Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН (В. Е. Павловский). Совместные публикации посвящены концептуальным решениям по синтезу манипуляторов-триподов для мобильных роботов различного назначения. Это сотрудничество позволило применить методы прикладной математики и вычислительного моделирования к задачам механики манипуляторов.

Ключевым отличием третьего поколения манипуляторов, представленного в диссертациях Дяшкина-Титова В. В., Несмиянова И. А., Воробьевой Н. С. [4], является переход от гидравлического привода к электрическому (электроцилиндры с самотормозящимися передачами), что позволило повысить точность, упростить управление и сделать конструкцию более экологичной. Была реализована идея агрегатно-модульного построения, когда манипулятор с W=4 устанавливается на различные мобильные платформы – колесные и шагающие.

Эволюция конструкций неразрывно связана с углублением и расширением методов их теоретического исследования. Начальный этап (1970-80-е гг.) можно связать с работами Герасуна В. М., которые посвящены разработке уравнений связи для пространственного трех-

стержневого механизма, определению рабочей зоны и статическому силовому анализу. Эти исследования носили фундаментальный характер и заложили основу для всех последующих разработок. Этап обобщения (1991 г.) характеризуется докторской диссертацией В. И. Пындака, систематизирующей накопленные знания, обосновывающей принципы создания грузоподъемных средств на базе пространственных механизмов и определяющей направление дальнейших исследований. Этап развития (1990-2000-е гг.) – это этап усложнения задач, что отражается в диссертациях Лапынина Ю. Г., Макаренко А. Н., Хаврониной В. Н. и Кривельской Н. В. Создаются математические модели, описываемые системами нелинейных дифференциальных уравнений, исследуются динамические нагрузки и переходные процессы, разрабатываются системы управления. Современный этап (2010-е гг.) знаменует переход от анализа к синтезу. Разработаны методы структурного синтеза (поиск рациональных кинематических схем, лишних избыточных связей), геометрического синтеза (оптимизация размеров для максимальной зоны обслуживания), параметрического синтеза движений (оптимальное позиционирование захвата) и динамического синтеза (оптимизация законов движения на основе вариационного исчисления).

Важно отметить, что во всех работах использовались фундаментальные положения теории механизмов и машин.

Научная школа В. И. Пындака характеризуется высокой патентной активностью. Разработки защищены многочисленными авторскими свидетельствами и патентами РФ, а также на современном этапе свидетельствами на программы для ЭВМ.

Эта патентная деятельность обеспечила защиту интеллектуальной собственности и возможность внедрения разработок в реальный сектор экономики.

Важной особенностью современного этапа является интеграция разработок Волгоградской школы в область экстремальной и сервисной робототехники. Манипуляторы-триподы нашли применение в мобильных робототехнических комплексах, в том числе:

– в составе робототехнического комплекса РШ-7 на базе шагающего шасси [4];

– на самоходном колесном шасси Т-16МГ [4];

– как элемент мобильных информационных роботов на гусеничном шасси.

Эти работы докладывались на международных конференциях по экстремальной робототехнике (Санкт-Петербург, 2010, 2012) и симпозиумах CISM-IFToMM. Более полутора десятка работ изданы в иностранных изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science. Пока-

зательно, что спустя более чем 30 лет после первых работ В. М. Герасуна и фундаментального обобщения В. И. Пындака, разработанные ими принципы нашли применение в высокотехнологичных областях, связанных с робототехникой и автоматизированными системами.

Проведенный анализ показывает, что развитие манипуляторов на основе треугольной пирамиды в Волгоградской научной школе прошло закономерный путь от простых гидравлических конструкций до сложных электромеханических систем параллельно-последовательной структуры. Ключевую роль в становлении и развитии этого направления сыграл профессор В. И. Пындак, подготовивший плеяду учеников, защитивших кандидатские и докторские диссертации. Пионерные работы В. М. Герасуна, заложившие основы кинематического и силового анализа таких механизмов, стали фундаментом для последующих поколений исследователей.

Важными факторами успеха стали:

1) Преемственность научных поколений и сохранение традиций школы.

2) Высокая патентная активность, обеспечившая защиту инноваций.

3) Межведомственное сотрудничество с академическими институтами (ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, ИМАШ им. А. А. Благонравова РАН), позволившее привлечь современные математические методы.

4) Ориентация на практическое внедрение в различные отрасли – от сельского хозяйства до экстремальной робототехники.

Главный итог развития заключается не только в создании серии работоспособных конструкций (НПМ, СПМ, манипуляторы для роботов РШ-7), но и в формировании целостной теории структурного и параметрического синтеза манипуляторов данного класса, позволяющей на этапе проектирования закладывать в конструкцию оптимальные характеристики.

Список использованной литературы

1. Герасун В. М. Разработка и исследование тракторного погрузочного манипулятора с пространственным исполнительным механизмом: диссертация. Волгоград, 1979.

2. Кривельская Н. В. Совершенствование сельскохозяйственных шарнирно-стержневых гидроманипуляторов с пространственным приводным механизмом: автореф. дис. Волгоград, 2004.

3. Макаренко А. Н. Совершенствование и обоснование параметров малогабаритных телескопических гидроманипуляторов сельскохозяйственного назначения: автореф. дис. Волгоград, 2003.

4. Несмиянов И. А. Структурный и параметрический синтез и оптимизация программных движений манипуляторов на основе трипода: дис. Волгоград, 2016.

5. Герасун В. М., Пындак В. И., Несмиянов И. А., Дяшкин-Титов В. В., Павловский В. Е. Манипуляторы для мобильных роботов. Концепции и принципы проектирования // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. 2012. № 44. 24 с.

6. Устройство для управления гидравлическим манипулятором: патент № 2240226 РФ, МПК B25J9/14 / Пындак В. И., Кривельская Н. В. Опубл. 2004.

7. Пындак В. И. Грузоподъемные средства на базе пространственных механизмов (основы теории и принципы конструирования): монография. Волгоград, 1983. 37 с.

8. Пындак В. И. Обоснование и принципы создания мобильных грузоподъемных средств на базе пространственных механизмов для работы в сельском хозяйстве: дис. Москва, 1991.

УДК 631.3+629.73

МОНИТОРИНГ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ БИООБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ БВС С СИСТЕМОЙ ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Кривко С. И., *аспирант, инженер*
Литвинов М. А., *канд. техн. наук, младший научный сотрудник*
Курбанов Р. К., *канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник*
Захарова Н. И., *канд. техн. наук, старший научный сотрудник*

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
г. Москва, Россия

Аннотация. Проведен сравнительный анализ различных типов топливных элементов (метанольных, твердооксидных и водородных) для установки на БВС для мониторинга сельскохозяйственных биообъектов. С учетом повышения полезной площади при каждом последующем вылете, выполнена экономическая оценка применения модернизированного БВС по сравнению со стандартной аккумуляторной системой питания.

Ключевые слова: *беспилотное воздушное судно, БВС, аэрофотосъемка биообъектов, цифровой мониторинг территорий, оценка экономических показателей мониторинга*.

Значительный рост мониторинга сельскохозяйственных культур с помощью беспилотных воздушных судов (БВС) в последнее время [3, 4] связано с развитием аппаратного и программного обеспечения [5], позволяющего проводить регулярный и оперативный мониторинг сельскохозяйственных культур, с предоставлением рекомендаций по увеличению урожайности и эффективному использованию земельных ресурсов, средств защиты и подкормки растений [8].

Применение современных БВС на больших производственных полях ограничивается энергоэффективность существующих аккумуляторных систем. Значительные потери рабочего времени вызваны необходимостью частых возвратов на точку взлета для замены аккумуляторных батарей и повторной загрузки полетных заданий, что

снижает общую эффективность процесса мониторинга сельскохозяйственных культур [7]. Решением проблемы выступают БВС с системой питания на водородных топливных элементах. Использование хранилищ с большей энергетической емкостью, чем у стандартных аккумуляторов, открывает перспективы для мониторинга больших по площади сельскохозяйственных полей.

В качестве альтернативы литиевым аккумуляторным батареям применяются топливные элементы: метанольные, твердооксидные, водородные. Данные элементы используют для получения электроэнергии протонообменные мембраны, которые выступают в роли разделителя и блокируют прямое воздействие между взаимодействующими веществами и переносит протоны. Метанольные топливные элементы (рис. 1) используют при получении электроэнергии чистый метанол, который окисляется до оксида углерода и водорода, далее водород проходит через протонообменную мембрану с выделением электричества и образованием воды.

Преимущество метанольных топливных элементов заключается в высокой энергетической плотности, которая в 2,6 раза выше, чем у литий-ионных аккумуляторных батарей, и легкости транспортировки, при которой не требуется хранение топлива под высоким давлением. Недостатком данного типа топливного элемента является высокая токсичность метилового спирта для человека и окружающей среды, низкая эффективность преобразования энергии от 30 % до 40 %.

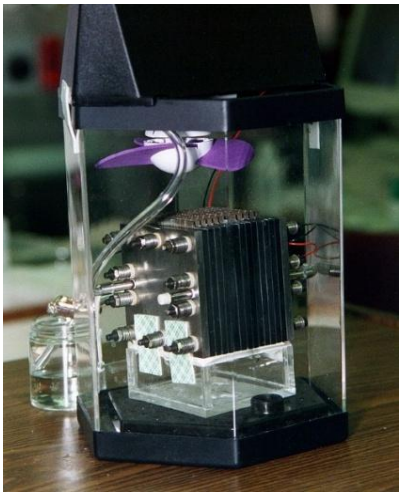


Рисунок 1 – Метанольный топливный элемент (DMFC)

Твердооксидные топливные элементы (SOFC) (рис. 2) используют керамический электролит, который необходимо подвергать нагреву для протекания реакции. Данные топливные элементы способны работать на различных типах газообразного топлива и вырабатывать от 100 Ватт до 1 МВатт электроэнергии.

Недостатки проявляются в длительном разогреве электролита до высоких температур (от 500 °С), а также в необходимости наличия адсорбентов для удаления серы из топлива, чтобы исключить образование токсичного сернистого газа в качестве побочного продукта. В связи с этим габаритные размеры топливного элемента не позволяют его внедрить в БВС со взлётной массой менее 30 кг.



Рисунок 2 – Твердооксидные топливные элементы (SOFC)

Водородные топливные элементы (рис. 3) являются экологичными, поскольку в результате реакции водорода и кислорода выделяется дистиллированная вода, которая в дальнейшем может быть подвергнута электролизу и повторному получению топлива для элемента. К тому же водородное топливо относится к возобновляемым источникам энергии, что позволяет исключить токсичность химических элементов, применяемых в классических аккумуляторных батареях. Преимуществом данного типа ячеек является более высокая эффективность преобразования энергии от 50 % до 70 %, применяемое топливо и продукты реакции экологически безопасны для человека и окружающей среды, а также возможна быстрая заправка хранилища.



Рисунок 3 – Водородный топливный элемент (PEM)

К недостаткам относятся сложность хранения и транспортировки, поскольку требуются специальные баллоны, способные выдержать давление 800 атмосфер. Водород взрывоопасен при образовании стехиометрической смеси с кислородом, поэтому при разработке системы питания требуется особое внимание к уплотнениям и искрообразованию. В таблице 1 приведены сравнительные характеристики проанализированных выше источников питания по их энергетической плотности, их КПД и времени, необходимом для начала поступления питания к БВС при подключении источника.

Таблица 1 – Сравнение технологии производства топливных элементов энергетической плотности

Тип система питания	Скорость старта, с	Плотность энергии, Вт·ч/кг	КПД, %
Водородные топливные элементы (PEM)	< 10	≤ 2000	60-80
Метанольные топливные элементы (DMFC)	~ 40	≤ 500	30-40
Системы с твердооксидными топливными элементами (SOFC)	> 180	≤ 1000	50-90

Исходя из таблицы 1 видно, что PEM топливные элементы обладают значительно большей удельной энергоемкостью по сравнению с метанольными (DMFC) и твердооксидными (SOFC) и имеют меньшее время старта, что позволяет увеличить продолжительность полета БВС [2-4, 6]. Также PEM топливные элементы могут обеспечить большую энергоемкость при меньшей массе, что является критическим фактором для БВС [1].

Данные преимущества делают их перспективным источником питания, при устранении проблем со стоимостью, поскольку в качестве катализатора используются металлы платиновой группы. Также на данный момент плохо развита инфраструктура для производства, хранения и транспортировки водорода. Снижение стоимости и повышение эффективности PEM топливных элементов за счет технологических инноваций, а также решение проблем безопасности при хранении и транспортировке водорода создают предпосылки для того, чтобы в ближайшем будущем такие источники питания стали основными для беспилотных воздушных судов.

Для экономической оценки мониторинга сельскохозяйственных биообъектов с помощью БВС с системой питания на основе PEM топливных элементов проведено сравнение со стандартным БВС с аккумуляторными батареями и рассчитано необходимое количество вылетов и цену мониторинга сельскохозяйственного поля общей площадью 250 га. Полетное задание составлено таким образом, что БВС от

одного угла поля до другого пролетает челночным методом. Схема полета представлена на рисунке 4. С каждым последующим вылетом от и до места технической посадки для замены аккумуляторной батареи и повторной загрузки полетного задания, сокращается полезное полетное время, соответственно, чем меньше БВС может пролететь на одном заряде аккумуляторной батареи, тем меньшую площадь возможно отснять за одну рабочую смену.

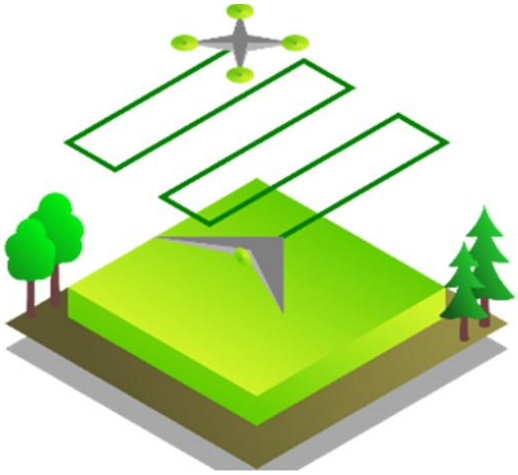


Рисунок 4 – Метод полета челночный, схема полета

После первого вылета время на возврат к взлетно-посадочной площадке будет увеличиваться, так как расстояние от точки прерывания полетного задания до точки посадки увеличивается с каждым последующим вылетом. Уменьшение площади, облетаемой на одном заряде, можно представить в виде отрицательной прогрессии.

Формула арифметической регрессии имеет вид:

$$a_n = a_l - (n-1) \cdot d, \quad (1)$$

где, a_n – n-ый член последовательности; a_l – первый член последовательности; n – порядковый номер члена последовательности; d – разность между последовательными членами.

Формула для суммы S_n арифметической регрессии:

$$\mathrm{Sn} = \frac{n}{2} \cdot (2 \cdot a - (n-1) \cdot d), \quad (2)$$

где, S_n – сумма первых n членов прогрессии; a – первый член прогрессии; d – разность прогрессии; n – количество членов прогрессии.

Исходные данные для оценки экономических показателей представлены в таблице 2. Для расчета приняты две модели БВС VIM-4, разработанные в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, одна из которых подверглась модификации путем установки системы питания на основе водородных топливных элементов.

Таблица 2 – Исходные данные для оценки экономических показателей

Параметр	БВС со стандартной аккумуляторной батареей	БВС с системой питания на основе водородных топливных элементов
Площадь, облетаемая на одном заряде, $S_{мон}$, га	26	97,5
время полета на одном заряде, $t_{1п}$, мин	16	61,59
стоимость одного вылета $C_{1в}$, руб.	45 500	501 000
стоимость дооснащения $C_{ДО}$, руб.	0	501 000
скорость полета $V_{мон}$, м/с	8	8
высота полета $H_{мон}$, м	100	100
время потерь на возвращении к точке перезарядки, $t_{втп}$, с	40	153
потери площади при возврате, $S_{потерь}$, га	1,08	4,03

Начиная со второго вылета, каждый последующий будет увеличивать время для возврата к взлетно-посадочной площадке ($t_{втп}$, с), уменьшать полезное полетное время ($t_{пол}$, с) и площадь, облетаемую на одном заряде ($S_{потерь}$, га).

Определено минимальное количество вылетов, которое потребуется для каждого БВС, чтобы выполнить мониторинг поля площадью 250 га:

Для БВС VIM-V4 со стандартной аккумуляторной батареей, при n = 13 и d = 1,08 га:

$$Sn = \frac{13}{2} \cdot (2 \cdot 26 - (13 - 1) \cdot 1{,}08) = 253{,}76 \text{ га.} \quad (3)$$

Для БВС VIM-V4 с системой питания на основе водородных топливных элементов, при n = 3 и d = 4,03 га:

$$Sn = \frac{3}{2} \cdot (2 \cdot 97{,}5 - (3 - 1) \cdot 4{,}03) = 280{,}41 \text{ га.} \quad (4)$$

Оценено стоимость затрат на мониторинг поля 250 га:

Для БВС VIM-V4 со стандартной аккумуляторной батареей необходимое количество вылетов составит 13 шт., а величина затрат на мониторинг – 45500 · 13 = 591 500 руб.

Для БВС VIM-V4 с системой питания на основе водородных топливных элементов необходимое количество вылетов – 3 шт., а величина затрат на мониторинг составит – 17 360 · 3 = 52 080 руб.;

Затраты с учетом стоимости дооснащения составят:

501 000 + 52 080 = 553 080 руб.

Использование БВС с системой питания на основе водородных топливных элементов имеет затраты меньше на 6,9 % по сравнению с БВС со стандартными аккумуляторными батареями при проведении аэрофотосъемки на промышленных полях от 250 га, что делает его применение целесообразным.

Список использованной литературы

1. Андреев Р. Е., Петровская Т. А. Сравнительный анализ современных типов водородных топливных элементов // Студент и наука. 2025. № 3 (34). С. 95-101.

2. Васюков И. В., Павленко А. В., Батищев Д. В. Обзор и анализ топологий преобразователей систем электропитания на водородных топливных элементах для беспилотных летательных аппаратов киловаттного класса мощности // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2022. Т. 65. № 2. С. 19-26.

3. Демисенов А. М., Королев В. А., Воротников С. А., Польский В. А. Беспилотные летательные аппараты в системах бесконтактного анализа сельхозугодий // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 1 (11). С. 29-32.

4. Кашапов И. И. Беспилотные летательные аппараты в сельском хозяйстве // Инновационные технологии: опыт, проблемы, перспективы развития. Тверь: Тверская государственная сельскохозяйственная академия, 2023. С. 409-412.

5. Курбанов Р. К., Ценч Ю. С., Захарова Н. И. Основные тенденции в развитии технологии аэрофотосъемки сельскохозяйственных угодий // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2025. Т. 19. № 1. С. 86-95.

6. Павленко А. В., Васюков И. В., Хорошев А. С., Щучкин Д. А. Энергетическая установка киловаттного класса мощности на основе водородных топливных элементов для беспилотных летательных аппаратов // Технологии энергообеспечения. Аппараты и машины жизнеобеспечения: сб. ст. Анапа: ФГАУ «Военный инновационный технополис «ЭРА», 2020. Ч. 2. С. 67-69.

7. Шарапов А. А., Лепень А. Ю. Разработка многофункционального БПЛА // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. Т. 10. С. 69-73.

8. Щитинин А. Е., Федоров Д. Е. Беспилотные летательные аппараты в мониторинге сельскохозяйственных угодий // Агропромышленному комплексу – новые идеи и решения: материалы XXII Внутривузовской научно-практической конференции. Кемерово: ФГБОУ ВО «Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия», 2023. С. 389-392.

УДК 631.348+681.518

ТЕХНОЛОГИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ОПРЫСКИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЯ

Мезникова М. В., *д-р техн. наук*
Галкин А. В., *соискатель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены виды и особенности применения опрыскивателей при уходе за посевами сельскохозяйственных культур. Проведен анализ имеющихся направлений развития опрыскивательной техники и выделены подходы совершенствования операции опрыскивания. Описаны компоненты дифференци-

рованного опрыскивания и дано определение интеллектуального опрыскивания, как перспективного направления дифференцированного опрыскивания с применением умной системы распознавания и дифференцированного внесения рабочего раствора пестицида или средств питания почвы и/или растений, направленной на повышение качественных показателей, сокращение объема вносимых растворов и повышение экологической безопасности в сфере АПК.

Ключевые слова: *опрыскивание сельскохозяйственных культур, точное земледелие, дифференцированное опрыскивание, интеллектуальное опрыскивание, ресурсосбережение, экологическая безопасность.*

Обеспечение продовольствием населения является одной из стратегических задач государства. Уход за посевами является неотъемлемой частью аграрного цикла. Одной из необходимых технологических операций для сохранения урожая и повышения его качества, которая по праву уже стала целым направлением аграрной науки, является уход за посевами опрыскиванием.

Современные разработки в сегменте опрыскивания направлены на увеличение площади обработки целевого объекта (культурного или сорного растения) и сокращение неэффективного использования препаратов вне обрабатываемого объекта [1]. Это обусловлено экологическими и экономическими факторами [1, 2]. Наибольшие затраты фермеры несут при обработке всей площади посевов, вне зависимости от выбранного типа обработки всходов (механический или опрыскиванием). Внесение пестицидов при опрыскивании сплошным способом приводит к накоплению химикатов в почве, что будет негативно отражаться на состоянии окружающей среды впоследствии.

На современном этапе развития аграрной науки и техники все чаще встречаются перспективные разработки комбинированных решений механизации, автоматизации и технического зрения при дифференцированной обработке растений.

Уход за посевами может осуществляться при помощи механической обработки и опрыскивания (рис. 1).

Опрыскивание посевов в открытом грунте в больших масштабах может проводиться при помощи малой авиации. При этом используются самолеты и вертолеты с пилотами высокой квалификации. Данный метод имеет определенные преимущества, однако, современные экологические нормы требуют поиска иных подходов.

На небольших полях набирает популярность применение БПЛА. Большое количество работ в научной литературе направлены на изучение опыта применение БПЛА при опрыскивании сельскохозяйственных полей, в том числе пропашных культур [5, 6]. Практика применения опрыскивателей на базе БПЛА показывает, что распределение распыляемой жидкости нуждается в совершенствовании [6].

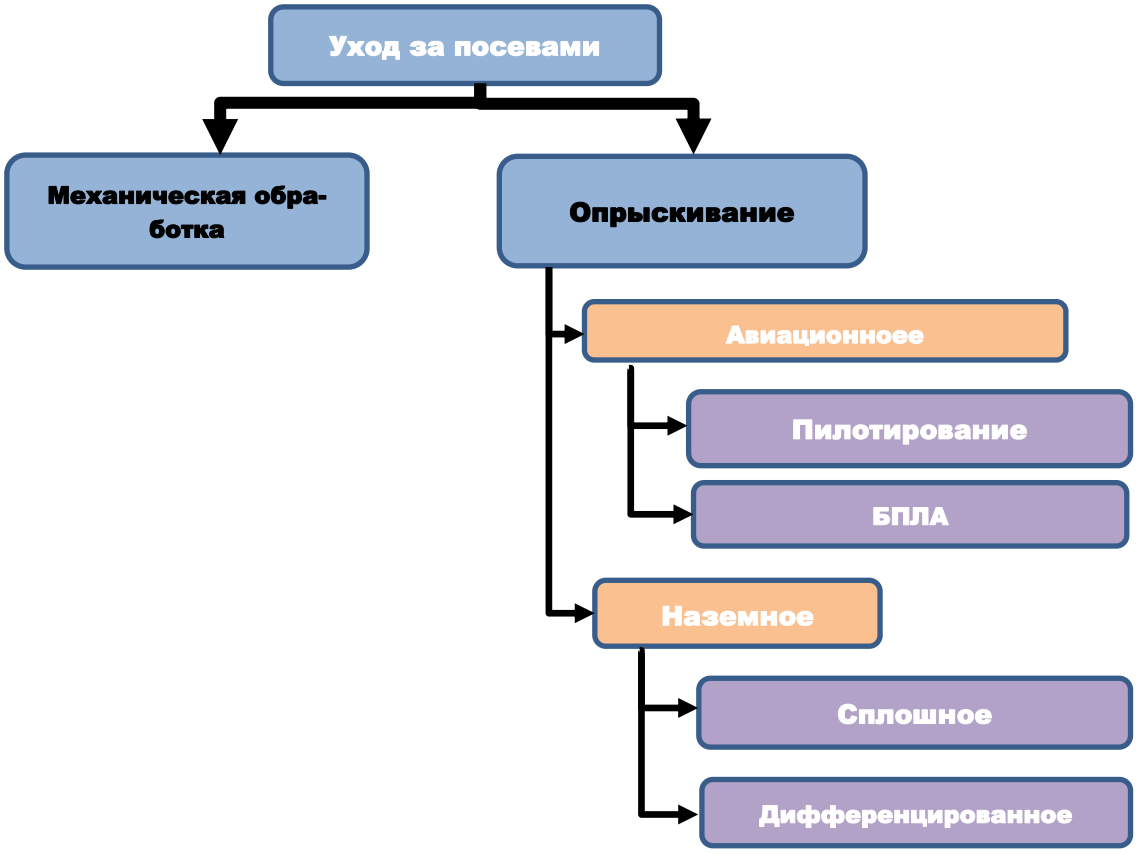


Рисунок 1 – Виды и компоненты технологии ухода за посевами

Несмотря на существенное экономическое превосходство в стоимости обслуживания, БПЛА большей частью являются машинами на пульте управления, и требуют непрерывного контроля со стороны пилота. Это не отвечает требованиям современной экономики и, в целом, обработка растений при помощи БПЛА уступает наземным средствам по качественным показателям.

Серийные наземные машины, выпускаемые для опрыскивания, чаще всего выполняют сплошное опрыскивание с вертикальным распылом рабочей жидкости. Некоторые разработки включают технические решения и дополнительные устройства по изменению направления потока рабочего раствора или локализации области обработки. Данные подходы являются направлениями развития дифференцированного опрыскивания, которое выражается в точном внесении средств защиты и питания почвы и растений. Это позволяет сократить объемы вносимых пестицидов и сосредоточить объем рабочего раствора на обрабатываемом объекте, снизив непродуктивное расходование препарата за пределами зоны обработки.

Особый интерес вызывают перспективные разработки комбинированных решений автоматизации и технического зрения при дифференцированной обработке растений. Так, к автоматизированным си-

стемам можно отнести беспилотные наземные опрыскиватели, обеспечивающие функционал дифференцированной обработки поля, как, например, разработка австралийской компании Goldacres (рис. 2).



Рисунок 2 – Прицепной опрыскиватель Prairie Special

Прицепной опрыскиватель Prairie Specia оснащен системой из 6 камер, что позволяют дифференцировано обрабатывать поле шириной до 18 метров за один проход. Кроме того, в процессе опрыскивания система обнаружения сорняков Bilberry позволяет составлять карту вредных насаждений для последующей обработки.

Описанный прицепной опрыскиватель в паре с беспилотным трактором, подчеркивает перспективность роботизации. К роботизированным системам здесь следует относить безлюдные технологии, работающие не только по заранее составленным алгоритмам, но и способных самостоятельно осуществлять активность на базе алгоритмов обученных нейронных сетей.

Примером роботизированного опрыскивателя служит совместная разработка 2023 года ученых Бразилии и США (рис. 3).



Рисунок 3 – Робот Solinftec Solix Spray

Робот компании Solinftec, оснащенный искусственным интеллектом Alice, позволяет картографировать расположение сорняков на поле и производить дифференцированную обработку. Разработка представляет собой достаточно компактную конструкцию, что позво-

ляет избегать уплотнения почвы при обработке тяжелой техникой, однако даже столь малые габариты позволяют обрабатывать до 40 га за сутки. Встроенное программное обеспечение позволяет роботу идентифицировать вредителей, болезни, собирать данные для индексирования по NDVI и предоставлять прогноз урожайности. Однако, данный робот эффективен на ранних стадиях вегетации растений, и не сможет обслуживать полный спектр технологических операций, особенно для высокостебельных пропашных культур.

Перспективность дифференцированного и интеллектуального опрыскивания подтверждается так же отечественными разработками. Так, группа исследователей Федерального научного агроинженерного центра ВИМ запатентовала мобильный робот-опрыскиватель для обработки пестицидами пропашных овощных и низкорастущих ягодных культур (Патент РФ № 2731082). Особенностью конструкции является возможность самостоятельного перемещения по предоставленным картам и обработка растений пенными растворами.

Анализ научной литературы показывает, что дифференцированное внесение рабочего раствора может достигаться как применением технических решений, так и элементами интеллектуального опрыскивания с применением следующих компонентов: компьютерного зрения, алгоритмами искусственного интеллекта, датчиками обнаружения целевого объекта, датчиками целевого внесения рабочего раствора на объект обработки и других (рис. 4) [3, 4].



Рисунок 4 – Компоненты дифференцированного опрыскивания для ухода за почвой и растениями

Таким образом, дифференцированное опрыскивание можно рассматривать как метод внесения рабочего раствора химического или биологического происхождения в необходимом и достаточном коли-

честве в конкретной точке поля. Данный метод позволяет снизить расход рабочего раствора и сократить потери урожая, при минимизации вредного воздействия на экологию региона [1, 5, 6].

Проведенный анализ автономных и управляемых опрыскивателей позволяет сформулировать понятие интеллектуального опрыскивания.

Интеллектуальное опрыскивание посевов в сельском хозяйстве – это умная система распознавания и дифференцированного внесения рабочего раствора пестицида или средств питания почвы и/или растений, направленная на повышение качественных показателей, сокращение объема вносимых растворов. повышение экологической безопасности в сфере АПК.

Систему интеллектуального опрыскивания оставляют аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий функционирование алгоритмов нейронных сетей управляющих исполнительной периферией дифференцированного опрыскивания. Такую систему могут наполнять технические средства компьютерного и технического зрения, датчики и алгоритмы идентификации растений или событий, карты растений, система глобального и локального позиционирования, средства обеспечения взаимодействие раствора и растения, почвы [7, 8].

Выводы. Интеллектуальное опрыскивание является перспективным направлением развития техники и технологий в аграрном секторе, которое в своём развитии должно учитывать не только интеллектуальную обработку данных, но и пространственное ориентирование факела распыла рабочего раствора. Определение интеллектуального опрыскивания будет переформатироваться параллельно с развитием и внедрением нейронных сетей в технологии обработки растений. Необходимо обновлять и расширять парк прицепных опрыскивателей, оснащенных оборудованием для выполнения интеллектуального опрыскивания, что позволит получить аграриям доступ к новейшим научно-техническим разработкам без полного обновления парка сельскохозяйственной техники.

Список использованной литературы

1. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Белоусов С. В. Технологический процесс полосового опрыскивания как компонент регенеративного земледелия при возделывании пропашных культур // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 174 (10). С. 1-16.

2. Ударцева О. В. Анализ основных критериев обеспечения экологической безопасности процесса распыления пестицидов // Fundamental and appliedscience. Materials of the XI international researchand practice conference // Ecology. Geography and geology. Sheffieid. Science and education LTD, 2014. Т. 15. С. 21-26.

3. Филиппов Р. А., Хорт Д. О. Опрыскиватель для дифференцированного внесения средств химической защиты в садоводстве // Инновации в сельском хозяйстве. 2014. № 5 (10). С. 70-72.

4. Калинин Н. В. О технологиях машинного зрения в сельском хозяйстве // Научный электронный журнал Меридиан. 2020. № 3 (37). С. 60-62.

5. Колточихин Н. Н. Сравнительный анализ современных интеллектуальных сельскохозяйственных машин для опрыскивания полей // Сельскохозяйственные науки: материалы 59-й Международной научной студенческой конференции. Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2021. С. 77-78.

6. Беляев В. И., Тагильцев А. В. Техническое обеспечение дифференцированного внесения средств защиты растений // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник материалов XV Международной научно-практической конференции. Барнаул: Алтайский ГАУ, 2020. Т. 2. С. 11-13.

7. Ковалев И. В., Шапорова З. Е., Ковалев Д. И. Обзорный анализ экспериментальных данных для оценки характеристик БПЛА для опрыскивания посевов в точном земледелии // Вестник КрасГАУ. 2024. № 11(212). С. 25-31.

8. Шуганов В. М. Совершенствование химической защиты посевов кукурузы путем разработки универсальных сельскохозяйственных роботов // Известия Кабардино-Балкарского НЦ РАН. 2024. Т. 26. № 1. С. 48-58.

УДК 631.362:004.932.2

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ТРЕКИНГА ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ НА ЛИНИИ СОРТИРОВКИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Потапенков Н. А., *магистрант, инженер*
Кутырёв А. И., *канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник*

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
г. Москва, Россия

Аннотация. Изучены способы точного отслеживания плодов яблони на сортировочной линии. Проведён сравнительный анализ точности современных алгоритмов трекинга (ByteTrack и SORT) в условиях изменяющейся скорости конвейера. В результате анализа выявлена обратная зависимость между точностью трекинга и производительностью. В качестве решения предложен и описан высокоэффективный алгоритм подсчёта, основанный на фиксации пересечений объектов с контрольной зоной распознавания. Разработанный метод, в отличие от классического трекинга, фиксирует только дискретные события «вход/выход», что позволяет минимизировать вычислительные затраты и обеспечивает точный подсчёт в режиме реального времени.

Ключевые слова: *компьютерное зрение, машинное обучение, трекинг объектов, режим реального времени, ByteTrack, SORT, сортировка плодов яблони.*

Трекинг – это задача компьютерного зрения, которая заключается в последовательном сопоставлении распознанных объектов между кадрами видеопотока с целью присвоения им и сохранения уни-

кальных идентификаторов (ID). Применительно к системам сортировки плодов яблони корректная работа алгоритма трекинга особенно важна для выполнения двух основных функций: точного сопоставления отдельных плодов между последовательными кадрами и обеспечения устойчивости работы при взаимных перекрытиях объектов, изменении ракурса съемки и освещенности [1, 2].

Существуют два основных типа трекеров: геометрические/статистические и обучаемые нейросетевые.

Геометрические трекеры (SORT Tracker, Simple Online and Realtime Tracking), основаны на анализе геометрических и кинематических признаков объектов. Принцип их работы заключается в ассоциации распознаваний между кадрами посредством сопоставления пространственных характеристик (координат ограничивающих рамок, размеров) и показателей достоверности распознавания. Этот метод характеризуется высокой вычислительной эффективностью и устойчивостью к кратковременным «потерям» объекта. Однако его точность может снижаться в сложных условиях с продолжительными окклюзиями, значительными изменениями масштаба или внешнего вида объекта распознавания [3, 4].

Методы трекинга на основе глубокого обучения используют нейронные сети для непосредственного извлечения и сопоставления признаков объектов в последовательности кадров. Эти методы основаны на анализе визуальных признаков, показывают высокую точность, в том числе в сложных условиях. Однако их основными ограничениями являются высокая вычислительная сложность и зависимость от репрезентативности и объема размеченных данных, используемых для обучения модели [5].

Алгоритм SORT представляет собой метод трекинга объектов, сочетающий фильтр Калмана для предсказания движения и алгоритм Венгера для оптимального сопоставления детекций с треками. Разработанный для работы в реальном времени, алгоритм SORT обеспечивает высокую скорость обработки за счет минимальных вычислительных затрат, используя только геометрические данные ограничивающих прямоугольников без учета визуальных признаков. Основные этапы работы алгоритма SORT включают инициализацию треков при распознавании новых объектов на кадрах, предсказание их позиций через фильтр Калмана, сопоставление с текущими объектами на основе метрики IoU (Intersection over Union), обновление состояний треков и управление их жизненным циклом [6].

Состояние каждого трека в фильтре Калмана описывается вектором (формула 1):

$$x = [x_c, y_c, \omega, h, \nu_y, \nu_\omega, \nu_h, \nu_x], \quad (1)$$

где x_c, y_c – координаты центра, w, h – его ширина и высота, $\nu_y, \nu_\omega, \nu_h, \nu_x$ – скорости изменения этих параметров.

На этапе предсказания состояние трека обновляется по формуле 2:

$$x_{k|k-1} = F \times x_{k-1,} \quad (2)$$

где F – матрица перехода, моделирующая движение.

Коррекция состояния происходит на основе новых измерений z_k (распознаваний) с использованием коэффициента Калмана (формула 3):

$$K = P_{k|k-1} \times H^T \times \left(H \times P_{k|k-1} \times H^T + R\right)^{-1}, \quad (3)$$

где H – матрица наблюдений, P – ковариационная матрица ошибок, R – шум измерений.

Сопоставление треков с детекциями осуществляется через метрику IoU, вычисляемую как отношение площади пересечения к площади объединения (формула 4):

$$IoU(B_i, B_j) = \frac{Area(B_i \cap B_j)}{Area(B_i \cup B_j)} \quad (4)$$

Современный алгоритм трекинга ByteTrack множественного отслеживания объектов, разработан для повышения точности в условиях быстрого движения объектов и изменчивого освещения. Данный алгоритм построен на последовательном выполнении трёх этапов для обеспечения устойчивого и точного сопровождения объектов. На первом этапе происходит первичное сопоставление, когда наиболее надёжные данные, подтверждённые распознавания с высоким уровнем уверенности, сопоставляются с уже существующими треками. Далее следует вторичное сопоставление, чтобы заполнить возможные пробелы в треках и сохранить их непрерывность, алгоритм использует дополнительные данные с низким порогом уверенности, которые могли быть пропущены на первом этапе. Третий этап, управление жизненным циклом треков, обеспечивает целостность системы. Создаются новые треки для тех распознаваний, которые не удалось связать с существующими объектами, а также выполняется удаление треков, которые долгое время не обновлялись и считаются устаревшими. Основным преимуществом алгоритма ByteTrack является эффективное использование распознаваний с низким уровнем уверенности, которые отфильтровываются. Это позволяет уменьшить количество пропущенных распознаваний, улучшить стабильность треков и сохранить целостность треков даже для объектов с непостоянной видимостью [7, 8].

В алгоритме ByteTrack для сопоставления треков и детекций используется метрика IoU. Формула для вычисления меры несходства объектов выглядит следующим образом (формула 5):

$$C_{i,j} = 1 - IoU\left(B_i^{track}, B_j^{det}\right), \quad (5)$$

где $C_{i,j}$ – мера различия между треком i и детекцией j (чем меньше значение, тем точнее совпадение), IoU (Intersection over Union) – метрика пересечения над объединением (значение варьируется от 0 (нет пересечения) до 1 (полное совпадение), B_i^{track} – ограничивающие рамки (bounding box) трека i (предсказанные координаты из предыдущих кадров), B_j^{det} – ограничивающие рамки (bounding box) детекции j (текущий кадр).

Алгоритм Куна-Манкреса используется для нахождения оптимального сопоставления между двумя множествами элементов. Минимизация общей меры различия сопоставления треков рассчитывается по формуле 6:

$$\min \sum_{i,j} C_{i,j} \times X_{i,j}, \; X_{i,j} \epsilon \{0,1\}, \quad (6)$$

где $C_{i,j}$ – мера различия, $X_{i,j}$ – бинарная переменная ($X_{i,j} = 1$: трек i сопоставлен с детекцией j. $X_{i,j} = 0$: сопоставление отсутствует).

Проведена серия экспериментов по определению влияния скорости перемещения плодов яблони на конвейерной ленте сортировочной линии на точность их трекинга рассмотренными алгоритмами компьютерного зрения. Диапазон тестируемых скоростей состовлял от 0,25 м/с до 2,0 м/с с шагом 0,25 м/с. Для оценки эффективности алгоритмов были использованы метрики MOTA (Multiple Object Tracking Accuracy), IDF1 (ID F1-score) и HOTA (Higher Order Tracking Accuracy) [9].

Метрика MOTA (Multiple Object Tracking Accuracy) используется для комплексной оценки общей точности систем трекинга, учитывающей такие факторы, как пропущенные объекты, ложные распознавания и некорректные переключения идентификаторов (формула 7).

$$MOTA = 1 - \frac{FN+FP+IDSW}{GT}, \quad (7)$$

где FN (False Negatives) – пропущенные объекты, FP (False Positives) – ложные распознавания, IDSW (ID Switches) – переключения идентификаторов (ошибки в сопоставлении ID), GT (Ground Truth) – общее число объектов в эталонных данных.

Метрика IDF1 (ID F1-score) оценивает способность алгоритма трекинга сохранять постоянные идентификаторы (ID) для одних и тех же объектов на протяжении всей последовательности кадров. Она измеряет точность соответствия между распознаваниями на разных кадрах (формула 8).

$$\mathrm{IDF1} = \frac{2\times\mathrm{IDTP}}{2\times\mathrm{IDTP}+\mathrm{IDFP}+\mathrm{IDFN}}, \quad (8)$$

где IDTP (Identity True Positives) – верно сопоставленные ID, IDFP (Identity False Positives) – ложные сопоставления ID, IDFN (Identity False Negatives) – пропущенные сопоставления ID.

Метрика HOTA (Higher Order Tracking Accuracy) представляет собой метрику для оценки производительности алгоритмов трекинга объектов. Её отличие заключается в одновременном интегрировании двух важных компонентов, точности распознавания объектов и точности их пространственно-временной ассоциации (формула 9).

$$\mathrm{HOTA} = \sqrt{\frac{\sum \mathrm{DetA_c}\times\mathrm{AssA_c}}{\mathrm{N}}}, \quad (9)$$

где DetA (Detection Accuracy) – точность детекции (аналогична MOTA), AssA (Association Accuracy) – точность ассоциации (аналогична IDF1), c – порог для оценки.

В результате проведенных исследований максимальные значения анализируемых метрик были зафиксированы при скорости движения конвейерной ленты 0,75 м/с (рис. 1). Данный режим обеспечивает оптимальное соотношение между временем экспозиции камеры и частотой смены кадров и позволяет алгоритмам корректно идентифицировать и отслеживать объекты.

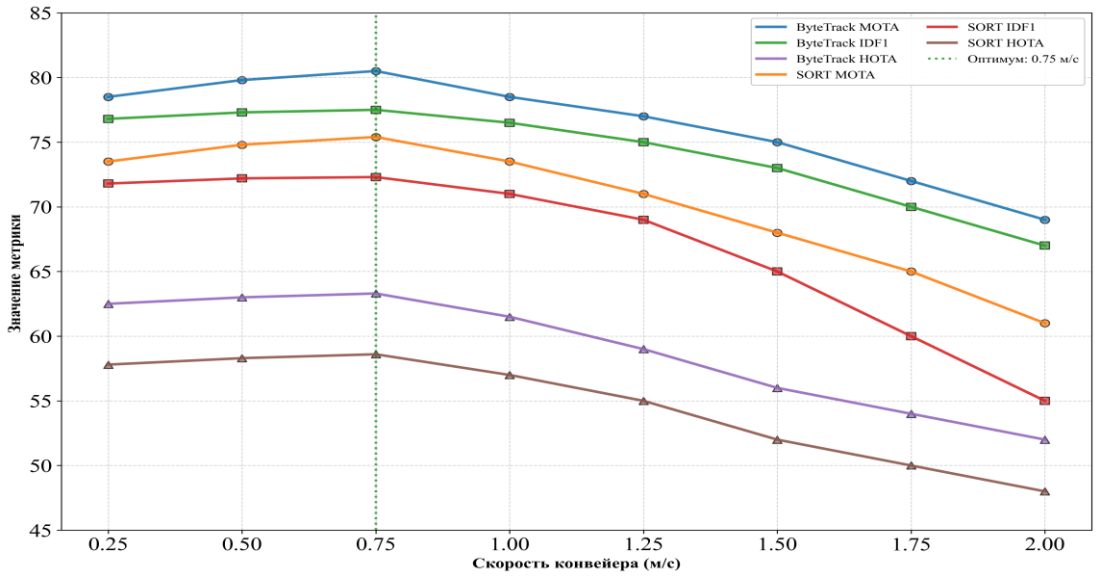


Рисунок 1 – Влияние скорости конвейера на метрики точности трекинга

При скоростях ниже оптимальной (0,25-0,5 м/с) наблюдалось снижение точности, преимущественно за счет роста ложноположительных обнаружений. Алгоритмы, настроенные на динамичную среду, начинали ошибочно сегментировать артефакты изображения и фо-

новый шум, принимая их за новые объекты, что снижало общую надежность системы. В диапазоне выше оптимальной скорости (1,0-2,0 м/с) происходило существенное снижение всех метрик вследствие возникновения искажений на изображениях.

Анализ полученных результатов показал, что алгоритмы трекинга решают задачу поддержания идентификаторов в поле зрения, что сопряжено с высокой вычислительной сложностью. Для оптимизации работы алгоритмов в условиях реального времени был разработан алгоритм на основе анализа пересечений объектов с зоной детекции. Разработанный алгоритм позволяет отказаться от ресурсоемкого трекинга в пользу локальной фиксации событий пересечения границ, существенно повышая производительность при сохранении необходимой точности учета.

В отличие от классических трекеров, строящих полные траектории, разработанный алгоритм фокусируется на дискретных событиях входа и выхода объектов в контрольную область, что обеспечивает высокую вычислительную эффективность при решении задачи подсчета. Принцип работы заключается в непрерывном анализе положения центров ограничивающих прямоугольников распознанных плодов относительно статической зоны (синий прямоугольник) (рис. 2) [10].

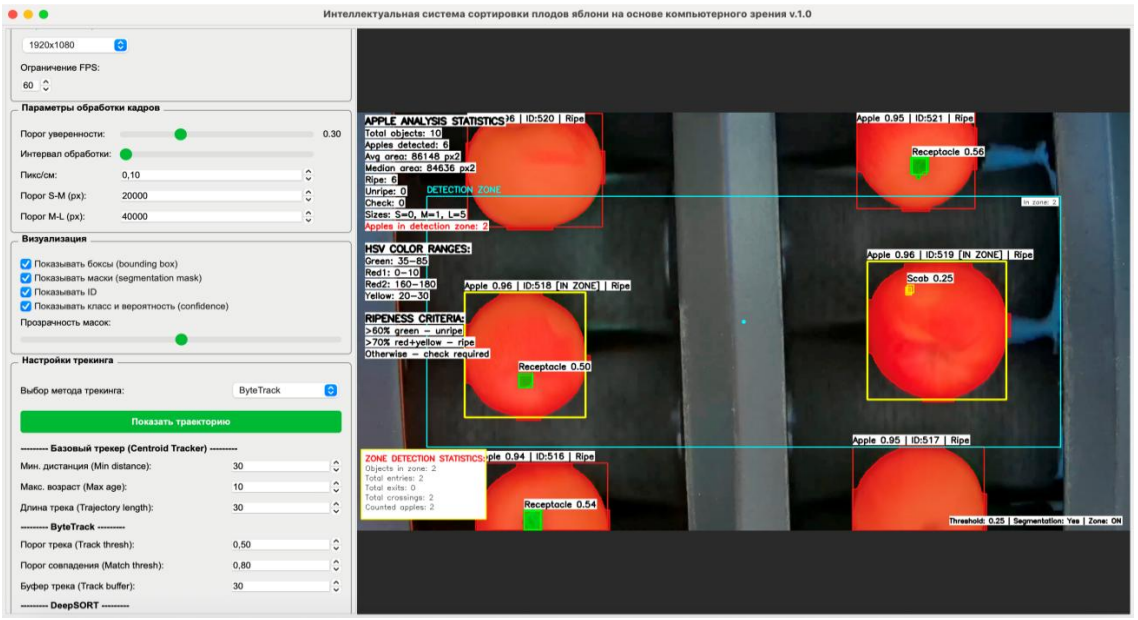


Рисунок 2 – Процесс трекинга плодов яблони на основе регистрации пересечений объектов с заданной прямоугольной зоной детекции

Зона задается в относительных координатах (формула 10).

$$Z = \text{defineZone}(x_{start}, y_{start}, \omega_{rel}, h_{rel}), \qquad (10)$$

где $x_{start}, y_{start}, \omega_{rel}, h_{rel}$ – относительные координаты и размеры зоны подсчёта.

Затем координаты зоны преобразуется в абсолютные пиксельные значения в соответствии с разрешением кадра (формула 11)

$$\begin{aligned} X_{abs} &= x_{start} \times \text{frame_width} \\ Y_{abs} &= y_{start} \times \text{frame_height} \\ W_{abs} &= w_{rel} \times \text{frame_width} \\ X_{abs} &= h_{rel} \times \text{frame_height}. \end{aligned} \quad (11)$$

Для каждого распознанного объекта вычисляется геометрический центр (формула 12).

$$C(t) = \left(\left\lfloor \frac{x_{min}+x_{max}}{2} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{y_{min}+y_{max}}{2} \right\rfloor\right), \quad (12)$$

где (x_1, x_2) – координаты левого верхнего угла прямоугольника, (y_1, y_2) – координаты правого нижнего угла, $\lfloor . \rfloor$ – операция целочисленного деления.

Событие входа в зону фиксируется, когда объект, отсутствовавший в зоне на предыдущем кадре, появляется в ней (формула 13).

$$E_{in}(id, t) = 1 \leftrightarrow \big(id \notin Z(t-1)\big) \wedge \big(id \in Z(t)\big). \quad (13)$$

Событие выхода регистрируется при обратном переходе (формула 14).

$$E_{out}(id, t) = 1 \leftrightarrow \big(id \in Z(t-1)\big) \wedge \big(id \notin Z(t)\big). \quad (14)$$

Событие выхода фиксируется, если объект с id был в зоне Z в предыдущий момент времени (t-1), объект покинул зону Z в текущий момент t.

Итоговое количество плодов определяется как полусумма всех зарегистрированных входов и выходов, что соответствует физическому процессу двукратного пересечения зоны каждым объектом (формула 15).

$$N_{total} = \left\lfloor \frac{count_{in}+count_{out}}{2} \right\rfloor. \quad (15)$$

Основным преимуществом разработанного алгоритма является минимизация вычислительной нагрузки за счет отказа от построения полных траекторий движения объектов распознавания. Алгоритм устойчив к кратковременным пропаданиям детекции (поскольку учитывается только факт пересечения границы).

В результате исследования был проведён сравнительный анализ алгоритмов трекинга для задачи отслеживания плодов яблони на конвейерной линии в режиме реального времени. Эксперименты подтвердили наличие компромисса между точностью и вычислительными затратами при использовании классических методов. Предложенный алгоритм, фиксирующий пересечение геометрического центра объек-

та с контрольной зоной, позволил снизить вычислительную сложность. Отказ от глобального трекинга в пользу регистрации дискретных событий «вход/выход» обеспечил точный подсчёт плодов при минимальных требованиях к вычислительным ресурсам.

Список использованной литературы

1. Потапенков Н. А., Кутырёв А. И. Разработка модели свёрточной нейронной сети для распознавания и классификации плодов яблони на линии сортировки // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2025. С. 225-231.

2. Khort D. O., Kutyrev A., Smirnov I., Andriyanov N., Filippov R., Chilikin A., Astashev M. E., Molkova E. A., Sarimov R. M., Matveeva T. A., Gudkov S. Enhancing sustainable automated fruit sorting: hyperspectral analysis and machine learning algorithms // Sustainability. 2024. V. 16.No. 22. Art. 10084.

3. Pereira R., Carvalho G., Garrote L., Nunes U. J. Sort and Deep-SORT Based Multi-Object Tracking for Mobile Robotics: Evaluation with New Data Association Metrics // Applied Sciences. 2022. № 12. Art. 1319.

4. Кутырёв А. И., Смирнов И. Г., Андриянов Н. А. Сравнительный анализ моделей нейронных сетей для распознавания плодов яблони на кроне дерева // Садоводство и виноградарство. 2023. № 5. С. 56-63.

5. Wu T., Zhong S., Chen H., Geng X. Research on the Method of Counting Wheat Ears via Video Based on Improved YOLOv7 and DeepSort // Sensors. 2023. № 23. Art. 4880.

6. Cao D., Luo W., Tang R., Liu Y., Zhao J., Li X., Yuan L. Research on Apple Detection and Tracking Count in Complex Scenes Based on the Improved YOLOv7-Tiny-PDE // Agriculture. 2025. No 15. Art. 483.

7. Zhai Y., Zhang L., Hu X., Yang F., Huang Y. A Dynamic Kalman Filtering Method for Multi-Object Fruit Tracking and Counting in Complex Orchards // Sensors. 2025. No 25. Art. 4138.

8. Li R., Liu Q., Wang M., Su Y., Li C., Ou M., Liu L. Maize Kernel Batch Counting System Based on YOLOv8-ByteTrack // Sensors. 2025. No 25. Art. 5584.

9. Xiao X., Feng X. Multi-Object Pedestrian Tracking Using Improved YOLOv8 and OC-SORT // Sensors. 2023. No 23. Art. 8439.

10. Кутырёв А. И., Потапенков Н. А. Программа компьютерного зрения для распознавания, классификации и сегментации плодов яблони на линии сортировки с использованием алгоритмов машинного обучения: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2025682457; заявка № 2025681419 от 10.07.2025.

УДК 631.816.3:631.3:62-83

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА РАБОЧЕГО ОРГАНА МАШИНЫ ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ

Скобликов Д. А., *магистрант, инженер*
Филиппов Р. А., *канд. с-х. наук*

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
Москва, Россия

Аннотация. Представлена конструктивная схема машины, оснащённой рамой, баками для рабочей жидкости и воды, насосным оборудованием, линейными направляющими и инъектором с коническим наконечником. Основное вни-

мание уделено обоснованию параметров линейного электрического цилиндра (актуатора), обеспечивающего заглубление рабочего органа. Получены аналитические зависимости для расчёта осевого сопротивления почвы, учитывающие сопротивление разрушению грунта в зоне наконечника и трение по боковой поверхности инъектора. Выполнены расчёты для диаметра инъектора 0,04 м и глубины внедрения до 0,6 м. Установлено, что требуемое усилие заглубления составляет 1200-1700 Н в зависимости от физико-механических свойств почвы. С учётом коэффициента запаса выбран линейный актуатор с номинальным усилием 2000 Н, ходом штока 800 мм, скоростью 55 мм/с и напряжением питания 24 В.

Ключевые слова: *внутрипочвенное внесение удобрений, жидкие минеральные удобрения, роботизированные системы, гидробуры.*

В современных технологиях возделывания многолетних плодовых культур эффективность применения жидких удобрений определяется способом их внесения в почву. На практике наибольшее распространение получили поверхностные методы внесения жидких удобрений, отличающиеся простотой реализации и низкой производительностью. Однако данные способы характеризуются рядом недостатков, снижающих агротехническую и экономическую эффективность процесса внесения питательных веществ [1-4].

При поверхностном внесении жидких удобрений потери питательных элементов могут достигать 30 %. Это связано с испарением влаги в приствольной зоне и неравномерным распределением рабочего раствора по поверхности почвы. Кроме того, удобрения концентрируются преимущественно в верхнем горизонте, тогда как основная масса активных корней растений расположена глубже. В результате снижается эффективность использования удобрений, возникает их перерасход и возрастает негативная нагрузка на окружающую среду [5, 6].

В условиях интенсивного садоводства целесообразен переход к внутрипочвенному внесению жидких удобрений – непосредственно в зону расположения корневой системы. Такой подход обеспечивает адресную доставку элементов питания, повышает их усвояемость и минимизирует потери. Дополнительными преимуществами являются снижение доз внесения и более равномерное распределение рабочего раствора в почвенном профиле.

Цель исследования заключается в обосновании параметров линейного электрического цилиндра (актуатора) рабочего органа машины для внутрипочвенного внесения жидких удобрений на основе анализа силового взаимодействия инъектора с почвой.

Одним из перспективных направлений является применение почвенного инъектора для внесения жидких удобрений с электрическим приводом. Использование электрического привода позволит обеспечить высокую точность позиционирования рабочего органа, возможность интеграции датчиков обратной связи и адаптацию про-

цесса внедрения к изменяющимся свойствам почвы. Одновременная подача жидкости в процессе заглубления инъектора способствует снижению сопротивления почвы, уменьшению требуемого усилия актуатора и снижению вероятности повреждения корневой системы растений.

В данной статье рассматривается конструктивная схема машины для внутрипочвенного внесения удобрений и приводится обоснование параметров электропривода рабочего органа на основе анализа сопротивления почвы и кинематических характеристик внедрения рабочего органа в почву.

Конструктивно рабочий орган установлен на раме, являющейся несущим элементом устройства. Рама обеспечивает жёсткость конструкции и служит базой для крепления всех основных узлов системы.

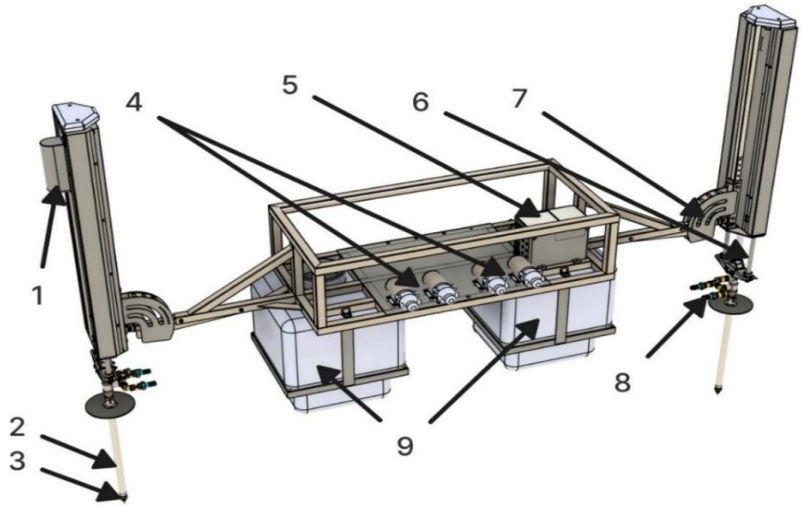


Рисунок 1 – Устройство для внесения жидких удобрений
1 – актуатор; 2 – шток инъектора; 3 – наконечник инъектора;
4 – насосы; 5 – корпус системы управления; 6 – линейные направляющие;
7 – крепление инъектора; 8 – место подключения шлангов;
9 – баки с жидкостью

На раме размещены два бака, один бак для рабочей жидкости, второй бак для воды, предназначенной для подачи через инъектор в почвенный массив при заглублении. Для подачи рабочей жидкости из баков к инъекторам применяются насосы, установленные на каждой стороне платформы. Инъектор установлен на линейных направляющих, закреплённых на раме. Линейные направляющие обеспечивают строго вертикальное перемещение штока инъектора, исключают поперечные отклонения. Поступательное перемещение инъектора осуществляется линейным электрическим актуатором, соединённым со штоком рабочего органа. Актуатор формирует усилие для заглубления и обеспечивает контролируемую скорость перемещения. Конструкци-

ей предусмотрена возможность регулировки угла наклона инъектора относительно вертикали за счёт изменения положения крепёжного узла на раме.

При выборе электропривода рабочего органа машины для внутрипочвенного внесения удобрений определяющим фактором является величина осевого сопротивления почвы внедрению инъектора. Данное сопротивление формирует нагрузку на шток электрического актуатора и определяет требуемое усилие, мощность и электрические параметры привода.

Инъектор имеет цилиндрическую форму с заострённым наконечником и осевыми отверстиями для подачи рабочей жидкости. При его внедрении в почву формируются две основные составляющие сопротивления: сопротивление разрушению почвы в зоне наконечника и сопротивление трению по боковой поверхности инъектора. Общее сопротивление $F_{вн}$ внедрению определяется как сумма этих составляющих и определяется по формуле 1.

$$F_{вн} = F_{осн} + F_{бок}, \quad (1)$$

где, $F_{осн}$ – сопротивление в зоне наконечника инъектора, Н; $F_{бок}$ – сопротивление по боковой поверхности инъектора, Н.

При движении инъектора его наконечник воспринимает силу сопротивления со стороны почвы и определяется выражением:

$$F_{осн} = \sigma_{п} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \varphi(\alpha), \quad (2)$$

где: $\sigma_{п}$ – сопротивление почвы проникновению, Па (Н/м²); d – наружный диаметр инъектора, м; φ(α) – коэффициент формы наконечника; α – угол заострения наконечника инъектора, градусы.

Сопротивление почвы проникновению отражает предельное напряжение, при достижении которого почва теряет устойчивость и разрушается. Значение определяется физико-механическими свойствами грунта и зависит от его механического состава, плотности, влажности и степени уплотнения. В расчётах величина принимается по данным исследований.

Наконечник выполнен съемным (рис. 2) и устанавливается на основной шток инъектора посредством резьбового соединения. Рабочая часть наконечника имеет коническое заострение, что необходимо для снижения удельного сопротивления почвы при внедрении.

В конической части наконечника выполнены каналы и выходные отверстия для подачи рабочей жидкости, размещение отверстий в зоне разрушения почвы обеспечивает подачу раствора непосредственно в область максимальных напряжений что способствует снижению прочностных характеристик грунта.

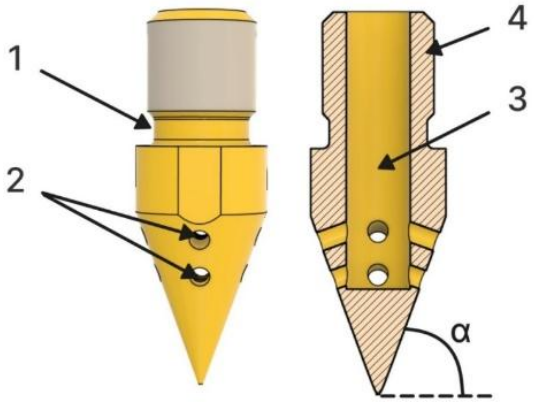


Рисунок 2 – Наконечник инъектора
1 – место установки уплотнителя; 2 – отверстия подачи рабочей жидкости в почву; 3 – канал подачи рабочей жидкости;
4 – место крепления наконечника;
α – угол заострения наконечника

Коэффициент формы наконечника φ(α), безразмерная величина учитывает влияние геометрии заострения наконечника на характер распределения напряжений в почвенном массиве. Значение φ(α) зависит от угла заострения наконечника α и отражает изменение объёма почвы, подвергающегося разрушению. При более остром наконечнике коэффициент принимает меньшие значения, что приводит к снижению сопротивления внедрению. Коэффициент формы наконечника определяется экспериментально или по эмпирическим зависимостям, полученным в результате исследований внедрения конусных и клиновидных рабочих органов в почву.

Для конических наконечников применяется зависимость вида:

$$\varphi(\alpha) = k1 \cdot (1 + \cot \alpha), \quad (3)$$

где: k1 – коэффициент пропорциональности (0,2-0,4), вводимый для согласования аналитической зависимости с экспериментальными данными.

При внедрении инъектора в почву после разрушения грунта в зоне наконечника его цилиндрическая часть перемещается внутри сформированного канала. В процессе перемещения между боковой поверхностью инъектора и стенками почвенного массива возникает взаимодействие, сопровождающееся появлением касательных напряжений трения. Сопротивление, обусловленное данным взаимодействием, определяется как произведение удельного касательного сопротивления и площади контакта боковой поверхности с почвой:

$$F_{\text{бок}} = \tau \cdot S_{\text{бок}}, \quad (4)$$

где: τ – удельное касательное сопротивление, Па (Н/м²).

Параметр τ принимается на основе табличных значений для типовых почв и характеризует среднюю величину касательных напряжений, возникающих на границе контакта «почва – металл». Физически τ отражает сопротивление почвы сдвигу вдоль поверхности инъектора.

Инъектор имеет цилиндрическую форму, поэтому площадь его боковой поверхности определяется геометрическим выражением:

$$S_{\text{бок}} = \pi \cdot d \cdot h, \quad (5)$$

где: d – наружный диаметр инъектора, м; h – глубина внедрения инъектора, м.

Параметры электропривода рабочего органа машины для внутрипочвенного внесения удобрений определяются условиями взаимодействия инъектора с почвой, агротехническими требованиями к глубине внесения и необходимостью обеспечения устойчивого и энергоэффективного режима работы. К основным параметрам электропривода относятся величина рабочего хода электроцилиндра, скорость внедрения инъектора и мощность электромотора.

Рабочий ход электрического цилиндра должен обеспечивать внедрение инъектора на заданную агротехническую глубину с учётом конструктивных и эксплуатационных факторов. В интенсивных садовых насаждениях основная масса активных корней плодовых деревьев, включая яблоню, располагается в почвенном горизонте на глубине 300-600 мм. Глубина заглубления в диапазоне 0,4-0,6 м обеспечивает попадание питательного раствора в корнеобитаемый слой с учетом вертикального распределения удобрений в почвенном профиле. Внутрипочвенное внесение жидких удобрений на меньшую глубину приводит к снижению коэффициента их использования растениями и повышению потерь вследствие испарения и поверхностного стока. Минимально необходимый ход актуатора определяется выражением:

$$L_{\text{акт}} \geq h_{\text{раб}} + \Delta h, \quad (6)$$

где: $L_{\text{акт}}$ – рабочий ход актуатора, мм; $h_{\text{раб}}$ – рабочая глубина внедрения инъектора, м; Δh – технологический запас, м.

Сопротивление почвы является параметром, влияющим на величину скорости внедрения инъектора. При увеличении скорости внедрения возрастает динамическая составляющая сопротивления и ухудшается устойчивость процесса разрушения почвы. При слишком малых скоростях снижается производительность и возрастает время цикла работы. С учётом характера взаимодействия инъектора с почвой оптимальный режим заглубления соответствует режиму нагружения, при котором сопротивление определяется механическими свойствами грунта. Скорость заглубления инъектора связана с мощностью электропривода и определяется выражением:

$$P_п = F_{вн} \cdot V, \quad (7)$$

$$V = \frac{P_п}{F_{вн}}, \quad (8)$$

где: $P_п$ – механическая мощность привода, Вт; V – скорость внедрения инъектора, м/с.

Принимаем диаметр инъектора 0,04 м и глубину заглубления до 0,6 м при этом суммарное расчётное усилие заглубления, получаемое по приведённым зависимостям, находится в диапазоне 1200-1700 Н и зависит от влажности и плотности почв. В результате расчётное усилие составляет 2000 Н, с учетом запаса, учитывающего неоднородность почвы.

Исходя из полученного значения требуемого усилия, а также с учётом глубины заглубления рабочего органа и условий эксплуатации машины в интенсивных садах, в качестве привода выбран линейный электрический актуатор промышленного исполнения с номинальным усилием 2000 Н. Зависимость силы актуатора от его скорости представлена на рисунке 3.

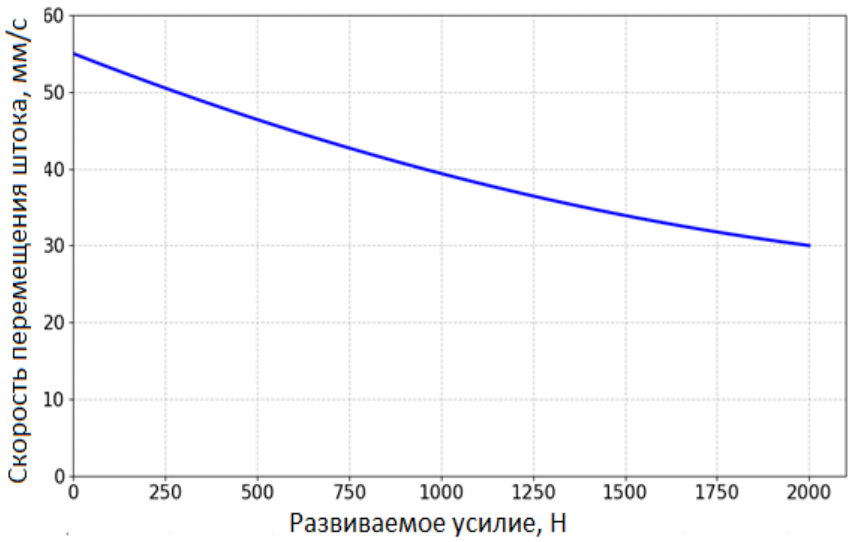


Рисунок 3 – Зависимость усилия на штоке электроцилиндра от скорости его перемещения

Выбранный актуатор имеет следующие параметры: ход штока актуатора 800 мм; скорость поступательного движения 55 мм/с; напряжение питания 24 В.

Заключение. В статье рассмотрена конструктивная схема машины для внутрипочвенного внесения жидких удобрений и выполнено обоснование параметров электропривода рабочего органа на основе анализа взаимодействия инъектора с почвенным массивом. Показано, что при внедрении инъектора формируются две основные составляю-

щие сопротивления первая это сопротивление разрушению почвы в зоне наконечника, вторая сопротивление трению по боковой поверхности, суммарное действие которых определяет требуемое усилие линейного актуатора.

На основании аналитических зависимостей и принятых физико-механических характеристик почвы установлено, что при диаметре инъектора 0,04 м и глубине заглубления до 0,6 м расчётное усилие внедрения составляет 1200-1700 Н. С учётом коэффициента запаса, учитывающего неоднородность и изменчивость свойств почвенного массива, требуемое усилие привода принимается равным 2000 Н. В соответствии с полученными расчётами выбран линейный электрический актуатор с развиваемым усилием на штоке 2000 Н, ходом штока 800 мм, скоростью перемещения 55 мм/с и напряжением питания 24 В.

Список использованной литературы

1. Гайбарян М. А., Тетерин В. С., Сидоркин В. И., Гапеева Н. Н. Модернизация технического средства для внутрипочвенного внесения органоминеральных удобрений // Технический сервис машин. 2020. № 2 (139). С. 12-20.

2. Автоматизированный модуль-инъектор: патент № 2817889 C1 РФ, МПК A01C 23/02, A01G 29/00, № 2023133704: заявл. 18.12.2023: опубл. 22.04.2024 / И. Г. Смирнов, Д. О. Хорт, Р. А. Филиппов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ".

3. Пневмогидробур с защитным устройством: патент № 2802309 C1 РФ, МПК A01C 23/02, A01C 5/04, A01G 29/00. № 2023103360: заявл. 15.02.2023: опубл. 24.08.2023 / Э. Г. Аристов, Р. А. Филиппов, В. Ф. Федоренко [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ".

4. Пневмогидробур-пробоотборник внутрипочвенный экспресс-мониторинга, обработки и отбора проб почвы: патент № 2841266 C1 РФ, МПК G01N 1/04, G01N 33/24, A01C 23/02. заявл. 29.01.2025: опубл. 05.06.2025 / В. Ф. Федоренко, И. Г. Смирнов, И. В. Федоренко [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ".

5. Федоренко В. Ф., Селиванов В. Г., Аристов Э. Г, Краховецкий Н. Н. Исследование инновационной технологии подпочвенного орошения при возделывании плодово-ягодных культур и виноградников // Техника и оборудование для села. 2019. № 12 (270). С. 17-22.

6. Федоренко В. Ф., Селиванов В. Г., Аристов Э. Г., Краховецкий Н. Н. Исследование инновационной технологии подпочвенного орошения при возделывании плодово-ягодных культур и виноградников // Техника и оборудование для села. 2019. № 12 (270). С. 17-22.

УДК 004.89+631.58

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ИИ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Токарев К. Е., *канд. экон. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Исследования проведены в рамках НИР Минобрнауки РФ «Разработка ресурсосберегающих машин для возделывания сельскохозяйственных культур и систем рационального использования агробиоценозов на основе инновационных цифровых технологий в условиях рискованного земледелия для получения экологически чистых продуктов переработки растительного сырья».

Аннотация. Системно рассмотрен опыт создания прикладной ИИ-ориентированной системы для управления факторами роста и развития агрофитоценозов в условиях континентального климата. Разработана база данных, обеспечивающая хранение метаданных графических объектов, возможность геоинформационной привязки, учета вид культуры, фазы роста и развития, а также сезонность. Осуществлено формирование набора данных (datasets) в виде аннотированных оптических изображений зерновых озимых культур после перезимовки (фаза-возобновление вегетации/кущение). Разработана и обучена алгоритмом «переноса обучения» (transfer learning) искусственная нейронная сеть (ИНС) для множественных классификаций оптических изображений по классам состояния развития на основе выделенных цветографических и колористических признаков.

Ключевые слова: *ИИ-ориентированные технологии, точное земледелие, цифровизация растениеводства, искусственные нейронные сети.*

Введение. Современное точное земледелие требует интеграции данных дистанционного зондирования, методов искусственного интеллекта и агрономических практик для оперативной диагностики стресса растений на ранних фенологичесих фазах роста и развития.

Биологическая продуктивность обеспечивает максимальный потенциал урожайность сельскохозяйственных культур при отсутствии ограничивающих факторов, которые могут снижать потенциальную урожайность на 30-50 % вследствие воздействия абиотического стресса. Традиционные методы оценки стресса растений (измерение проводимости листьев, содержание хлорофилла, водный потенциал и др.) требуют разрушительной выборки, дорогостоящего оборудования и не обеспечивают пространственной детализации [1-4]. В работе предлагается системный подход, объединяющий алгоритмы ИИ для анализа изображений растений с биологическими принципами их фенотипирования.

Снижение биологической урожайности сельскохозяйственных культур в условиях природно-климатических изменений, биотических и абиотических стрессов является одной из ключевых проблем обеспече-

ния продовольственной безопасности Российской Федерации. Традиционные методы оценки стресса растений часто опираются на разрушительные или трудоёмкие измерения физиологических параметров.

Предлагаемый подход позволяет реализовать оперативную, неинвазивную диагностику стресса на уровне отдельных растений и потенциально интегрировать её в системы точного земледелия, а также осуществлять классификацию не только по физиологическим симптомам, но и по визуально интерпретируемым признакам [5-8].

Представленная на рисунке 1 онтология обеспечивает комплексное представление данных для системы поддержки принятия решений в точном земледелии, интегрируя данные дистанционного зондирования, нейросетевой анализ и агротехнические рекомендации.

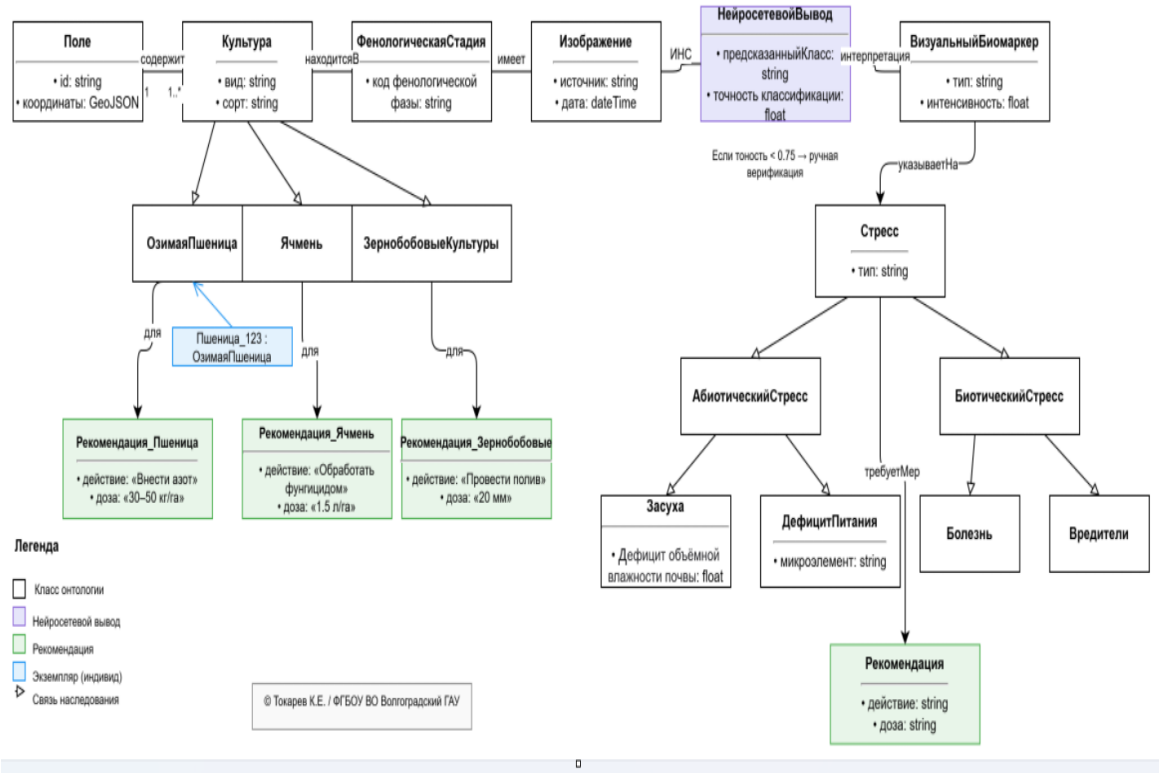


Рисунок 1 – Онтология ИИ-диагностики стрессовых состояний развития сельскохозяйственных культур в системе точного земледелия

Основные классы онтологии:

1. «Поле»: атрибуты: id (строка) – уникальный идентификатор; координаты (GeoJSON) – геопозиционирование поля; Связь: «содержит» → Культура (1..*).

2. «Культура (базовый класс)»: атрибуты – вид (строка); сорт (строка); подклассы: Озимая_Пшеница; Ячмень; Зернобобовые_Культуры

3. «Фенологическая_стадия»: атрибут – код фенологической фазы (строка); Связь: Культура «находится в» → Фенологическая_Стадия.

4. «Изображение»: атрибуты – источник (строка); дата (date_Time); Связь: Фенологическая_Стадия «имеет» → Изображение.

5. «Нейросетевой_Вывод»: атрибуты – Предсказанный_класс (строка); точность классификации (float); Связь: Изображение «интерпретируется» → Нейросетевой_Вывод (примечание: «Если точность < 0.75 → ручная верификация»).

6. «Визуальный_Биомаркер»: атрибуты – тип (строка); интенсивность (float); Связь: Нейросетевой_вывод «интерпретирует» → визуальный_Биомаркер;

Иерархия стрессов включает:

1. Стресс (базовый класс) – атрибут: тип (строка);

2. Абиотический_Стресс – засуха: дефицит объёмной влажности; почвы (float); дефицит_питания: микроэлемент (строка);

3. Биотический_Стресс: болезнь; вредители.

Основные связи:

– содержит (Поле → Культура);

– находится в (Культура → Фенологическая_Стадия);

– имеет (Фенологическая_Стадия → Изображение);

– интерпретирует (Нейросетевой_вывод → Визуальный_биомаркер);

– указывает на (Визуальный_биомаркер → Стресс);

– требует мер (Стресс → рекомендация);

– для (Культура → рекомендация).

Разработанная онтология представляет собой семантическую модель управления факторами роста и развития сельскохозяйственных культур с использованием нейросетевого анализа и ИИ-мониторинга стрессовых факторов.

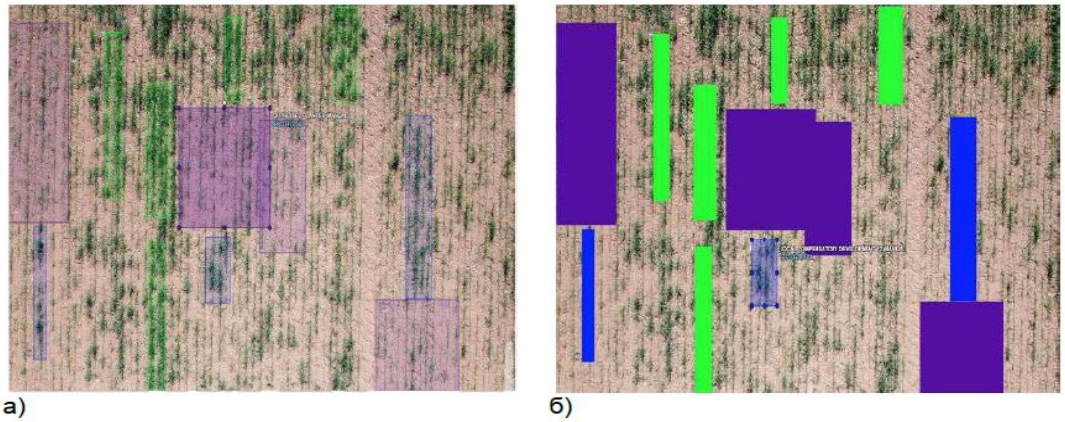
Первым этапом создания ИИ-ориентированной системы являлось формирование набора оптических изображений озимых культур в фазе возобновления вегетации после перезимовки. Типичные изображения фрагментов участка всходов с рядками и формируемые классы состояния представлены рисунке 2.

Применение системного анализа позволило выявить наиболее значимые факторы (влажность почвы, температура воздуха, количество питательных элементов) в критические фазы роста и обосновать необходимость их интегрального учета.

Формируемый класс	Типовое аннотированное изображение
Оптимальное развитие («optimal plants»)	
Ослабленные, угнетенные растения и/или их частичное отсутствие («Oppressed plants»)	
Локальное компенсаторное развитие («local compensatory development»)	

Рисунок 2 – Типовые аннотированные изображения посевов озимой пшеницы (после перезимовки) формируемого набора данных

Полученные данные применимы в практике точного земледелия, включая дифференцированное орошение, планирование полевых работ, оценка рисков урожайности и др. Визуализация процедур разметки обучающего и валидационного набора данных, аннотируемых по классам состояния посевов представлена на рисунке 3.



а) б)

Рисунок 3 – Визуализация процедур разметки обучающего и валидационного набора данных

На рисунке 4 представлена логическая структура базы данных для хранения исходных и размеченных оптических изображений посевов с целью обучения моделей искусственных нейронных сетей [9].

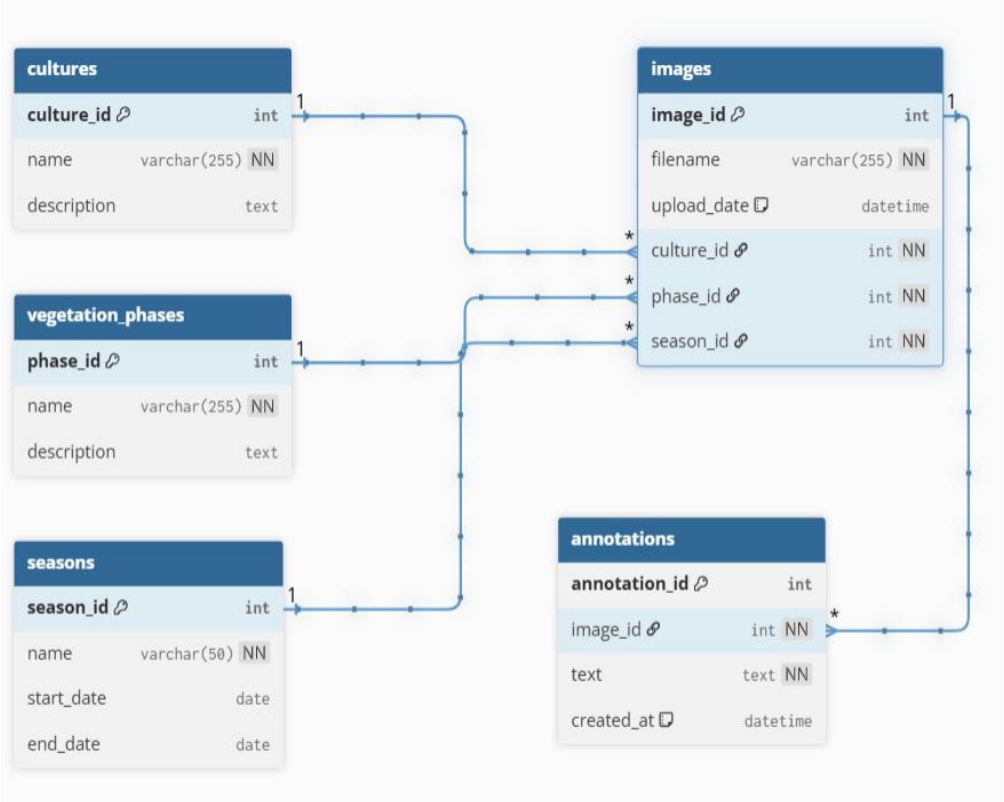


Рисунок 4 – Логическая структура базы данных

На рисунке 5 представлены основные макропараметры реализованной нейронной сети модифицированной архитектуры, включающая информацию о структуре и сложности сети, включая характеристики слоев и макропараметры разработанной модели:

- mobilenetv2_1.00_224 (Functional) – основная часть модели, включающая предобученную сеть MobileNetV2. Модель принимает изображения размером 500x500x3 и на выходе выдает тензор признаков размером (None, 16, 16, 1280);

- global_average_pooling2d_1 – слой, не имеющий обучаемых параметров, используется для усреднения значений по высоте и ширине карты признаков, превращая тензор (None, 16, 16, 1280) в вектор (None, 1280);

- dropout_12 – слой регуляризации, случайно «выключающий» часть нейронов во время обучения, чтобы предотвратить переобучение.

- dense_23 – выходной полносвязный слой, преобразующий вектор из 1280 признаков в вектор из 3 значений.

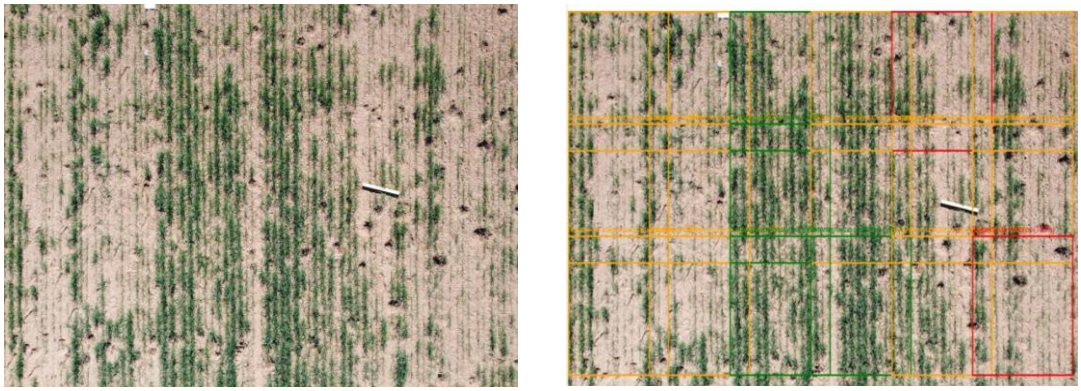
Модель создана:
Model: "sequential_12"

Layer (type)	Output Shape	Param #
mobilenetv2_1.00_224 (Functional)	(None, 16, 16, 1280)	2,257,984
global_average_pooling2d_1 (GlobalAveragePooling2D)	(None, 1280)	0
dropout_12 (Dropout)	(None, 1280)	0
dense_23 (Dense)	(None, 3)	3,843

Total params: 2,261,827 (8.63 MB)
Trainable params: 3,843 (15.01 KB)
Non-trainable params: 2,257,984 (8.61 MB)
Веса классов: {0: np.float64(1.0161290322580645), 1: np.float64(0.984375), 2: np.float64(1.0)}

Рисунок 5 – Архитектура (слои и макропараметры) разработанной нейросетевой модели

Результаты обработки обученной нейронной сетью подаваемого на вход изображения, полученного в ходе экспериментов на тестовых участках опытных полигонов УНПЦ Горная Поляна представлены на рисунке 6.



а) б)

Рисунок 6 – Результат пилотной обработки снимка с БПЛА нейронной сетью (полигон УНПЦ Горная Поляна)

Отдельное всплывающее окно с метаданными обработанного нейросетевой моделью графического файла, представленное на рисунке 7 показывает:

- точность классификации каждого выделенного фрагмента на участке с посевами агрокультур;
- координаты классифицированного на изображении фрагмента;
- тип выявленного состояния развития сельскохозяйственной культуры: дефектный участок, оптимальное развитие, локальное неравномерное развитие.



Рисунок 7 – Модуль визуализации метаданных

Результаты. Реализованная в ходе исследования искусственная нейронная сеть показала достаточную эффективность по критерию «accuracy», обеспечивающую раннее обнаружение патологий роста и развития озимых культур с точностью 85…92 % в зависимости от параметров и архитектуры ИНС. Основной функционал разработанной ИИ-системы ориентирован на множественную классификацию оптических изображений посевов агрокультур, получаемых с БПЛА, с поиском дефектных участков различной природы происхождения (засуха, болезни, повреждения, неравномерное развитие и др.) для практического применения в системах точного земледелия в рискованных природно-климатических условиях регионов Российской Федерации.

Выводы. Разработанный подход, основанный на применении методов системной классификации и интеллектуального нейросетевого анализа, позволяет проводить высокоточный мониторинг агрофитоценозов, возделываемых в условиях засушливого климата. На примере посевов озимой пшеницы полученные модели показали высокую точность классификации (*accuracy* = 0.83…0.87) состояния всходов после перезимовки и потенциальную применимость в системах точного земледелия. В дальнейшем планируется расширение базы обучающих данных по культурам, подтипам почв и тепло- влагообеспеченности, а также внедрение в геоинформационные платформы аграрного мониторинга.

Список использованной литературы

1. Якушев В. П., Якушев В. В., Матвеенко Д. А. Интеллектуальные системы поддержки технологических решений в точном земледелии // Земледелие. 2020. № 1. С. 33-37.

2. Токарев К. Е. Мета-анализ цифровых технологий и методов ИИ для повышения продуктивности орошаемых агрофитоценозов в условиях засушливого климата / А. Ф. Рогачев // Journal of Agriculture and Environment. 2025. № 11 (63).

3. Титов А. Ф., Казнина Н. М., Шибаева Т. Г. Растения в условиях стресса (ведущая научная школа России по экологической физиологии растений) // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2023. № 3. С. 26-46; 15-28.

4. Усолыдев С. Ф., Нестяк В. С. Применение фитомониторинга для оценки индекса водного стресса // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 48. № 5. С. 77-85.

5. Григорьева О. В. и др. Дистанционный контроль ранней стадии различных типов стресса растений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 2. С. 131-142.

6. Токарев К. Е., Рогачев А. Ф., Чамурлиев Г. О. Онтология классов цветных изображений посевов зерновых культур в процессе вегетации для обучения и тестирования нейросетевых моделей // Journal of Agriculture and Environment. 2025. № 10 (62).

7. Набор цветных RGB-изображений посевов однолетних полевых культур в фазе кущения для обучения и тестирования искусственных нейронных сетей, классифицирующих дефектные участки различного происхождения: свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025624029 РФ / К. Е. Токарев, А. В. Пискунов, А. Ф. Рогачев, Г. О. Чамурлиев; заявл. 16.09.2025: опубл. 25.09.2025; заявитель: ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ».

8. Михайленко И. М., Тимошин В. Н. Оценивание параметров состояния биомассы корнеплодных культур по данным дистанционного зондирования Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2025. Т. 22. № 3. С. 161-170.

9. Набор размеченных RGB-изображений посевов однолетних полевых культур в системе орошаемого земледелия для обучения и тестирования классифицирующих искусственных нейронных сетей: свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025624029 РФ / К. Е. Токарев, А. Ф. Рогачев, А. Ю. Наумов; заявл. 17.11.2025: опубл. 01.12.2025; заявитель ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ».

УДК 621.86

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ УСТРОЙСТВ НА БАЗЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ nR МЕХАНИЗМОВ

Хабибуллин Ф. Ф., *канд. техн. наук, заведующий кафедрой*

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ»
г. Казань, Россия

Аннотация. Рассмотрены вопросы кинематического анализа пространственных nR механизмов для разработки приводов нового поколения, дающих возможность передавать вращательное движение или передвигать исполнительное устройство мехатронного устройства с большой точностью. Проанализированы способы структурного анализа. Выявлены структурные параметры, влияющие на кинематические параметры базовых механизмов, соответственно на выполнение технологических процессов мехатронных устройств.

Ключевые слова: *nR механизм, пространственный механизм, закон движения, мехатронные устройства.*

Введение в проблематику проектирования современных мехатронных систем неизбежно затрагивает вопрос создания эффективных, компактных и функциональных приводов. Особый интерес в данном контексте представляют пространственные nR-механизмы, где n – количество вращательных кинематических пар. Их кинематический анализ и синтез являются фундаментом для разработки приводов нового поколения, способных к сложному пространственному движению в условиях жестких ограничений по массе и габаритам.

Основой для любого проектирования служит глубокий кинематический анализ. Для пространственных nR-цепей он сопряжен со значительными математическими сложностями, обусловленными нелинейностью уравнений и многообразием конфигураций. Российские научные школы, в частности, МГТУ им. Н. Э. Баумана, СПбПУ, МГУ и Институт машиноведения им. А. А. Благонравова РАН, исторически внесли существенный вклад в развитие этого направления. Работы Д. С. Иванова, В. А. Глущенко, А. В. Прядко и их коллег посвящены методам решения прямой и обратной задачи кинематики для многозвенных пространственных цепей с использованием аппарата кватернионов, дуальных чисел и матриц однородных преобразований. Это позволяет не только определять положения и ориентации звеньев, но и анализировать скоростные и силовые характеристики, что критически важно для оценки динамики будущего привода.

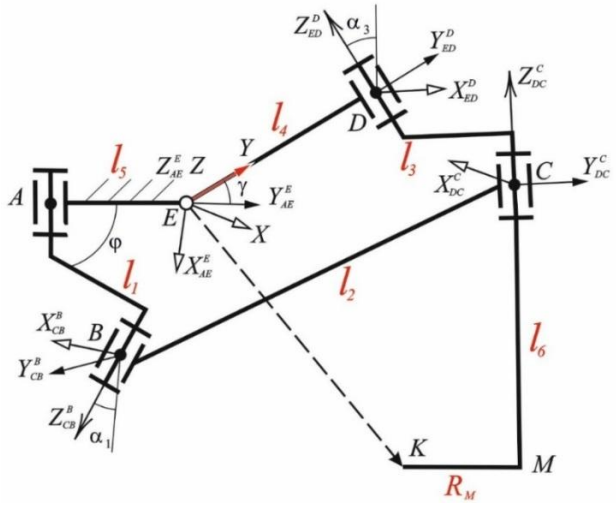


Рисунок 1 – Пространственный 4R-механизм

Рассмотрим пространственный nR-механизм, представленный на рисунке 1. Данный механизм состоит из звеньев AB, BC, DC и AD. Примем на основании рисунка 1, что ведущим кривошипом является звено AB, при этом станиной является звено AD. Отметим, что в точке C уста-

новлено дополнительное продолжение звена на расстоянии СМ и МК. При этом, если смотреть относительно неподвижного звена, то точка К находится на радиус-векторе ЕК, как это представлено на рисунке 1.

Основываясь на структурных и кинематических параметрах, нами было составлено уравнение по определению координат точки К, которая представлена в уравнении (1).

$$\left.\begin{aligned} EK^{X} &= \cos\gamma\left(l_6\cdot\cos\alpha - R_M\cdot\sin\alpha\right) + \sin\gamma\left[l_4 + l_1\cdot\cos\varphi + \right.\\ &\qquad \left. + \sin\varphi\left(l_6\cdot\sin\alpha + R_M\cdot\cos\alpha\right)\right];\\ EK^{Y} &= l_6\left(\sin\alpha\cdot\sin\varphi\cdot\cos\gamma - \cos\alpha\cdot\sin\gamma\right) + \cos\varphi\cdot\left(l_4 + l_1\cdot\cos\varphi\right);\\ EK^{Z} &= l_6\cdot\sin\alpha\cdot\cos\varphi - l_1\cdot\sin\varphi; \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

где l_6 – длина вала, R_M – радиус характерной точки, l_4 – длина балансира, l_1 – длина кривошипа.

Для наглядности и удобства анализа были спроектированы графики перемещения точки К относительно осей системы координат и суммарного движения, которые представлены на рисунке 2.

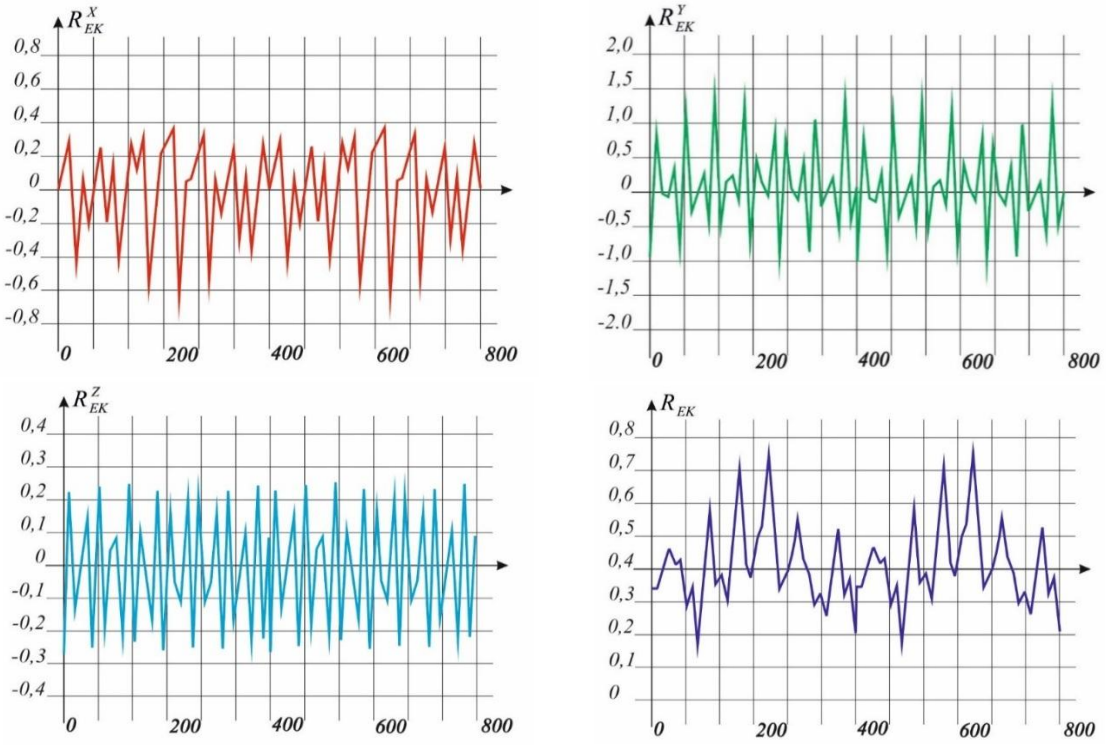


Рисунок 2 – Графики положения радиус-вектора ЕК

Отметим, что для использования данного механизма в качестве перемещающего механизма мехатронного устройства необходимо определить скорости. В связи с этим на основании уравнения (1) было получено уравнение для определения скорости точки К по осям системы координат и представлено в уравнении (2).

$$\left.\begin{aligned}
W_K^X &= \left[l_1\cdot\cos\varphi+\sin\varphi\left(l_{\text{В}}\cdot\sin\alpha+R_M\cdot\cos\alpha\right)\right]\cdot\left[\sin\gamma\left(\omega_1^2+\omega_4^2\right)-\varepsilon_4\cdot\right.\\
&\left.\cdot\cos\gamma\right]+\left(R_M\cdot\sin\alpha-l_{\text{В}}\cdot\cos\alpha\right)\cdot\left(\varepsilon_4\cdot\sin\gamma+\omega_4\cdot\cos\gamma\right)+l_4\left(\omega_4^2\cdot\sin\gamma-\right.\\
&\left.-\varepsilon_4\cdot\cos\gamma\right)+2\omega_1\omega_4\cdot\cos\gamma\left[l_1\cdot\sin\varphi-\cos\varphi\left(l_{\text{В}}\cdot\sin\alpha+R_M\cdot\cos\alpha\right)\right];\\
W_K^Y &= l_{\text{В}}\cdot\cos\alpha\left(\varepsilon_4\cdot\cos\gamma-\omega_4^2\cdot\sin\gamma\right)-l_4\left(\omega_4^2\cdot\cos\gamma+\varepsilon_4\cdot\sin\gamma\right)+\\
&+2\omega_1\omega_4\cdot\sin\gamma\left(l_1\cdot\sin\varphi-l_{\text{В}}\cdot\sin\alpha\cdot\cos\varphi\right)-\left(l_1\cdot\cos\varphi+l_{\text{В}}\cdot\sin\alpha\cdot\sin\varphi\right)\cdot\\
&\cdot\left[\cos\gamma\left(\omega_1^2+\omega_4^2\right)+\varepsilon_4\cdot\sin\gamma\right];\\
W_K^Z &= \omega_1^2\left(l_1\cdot\sin\varphi-l_{\text{В}}\cdot\sin\alpha\cdot\cos\varphi\right).
\end{aligned}\right\} \quad (2)$$

В полученном выражении угол γ определяется следующим образом:

$$\gamma=\arcsin\frac{\cos\alpha\cdot\sin\varphi}{1-\sin\alpha\cdot\cos\varphi}-\arcsin\frac{\cos\alpha\cdot\sin\varphi}{1+\sin\alpha\cdot\cos\varphi}-180^0. \quad (3)$$

На основании уравнения (3) были получены графики скорости точки К относительно осей системы координат, которые представлены на рисунке 3.

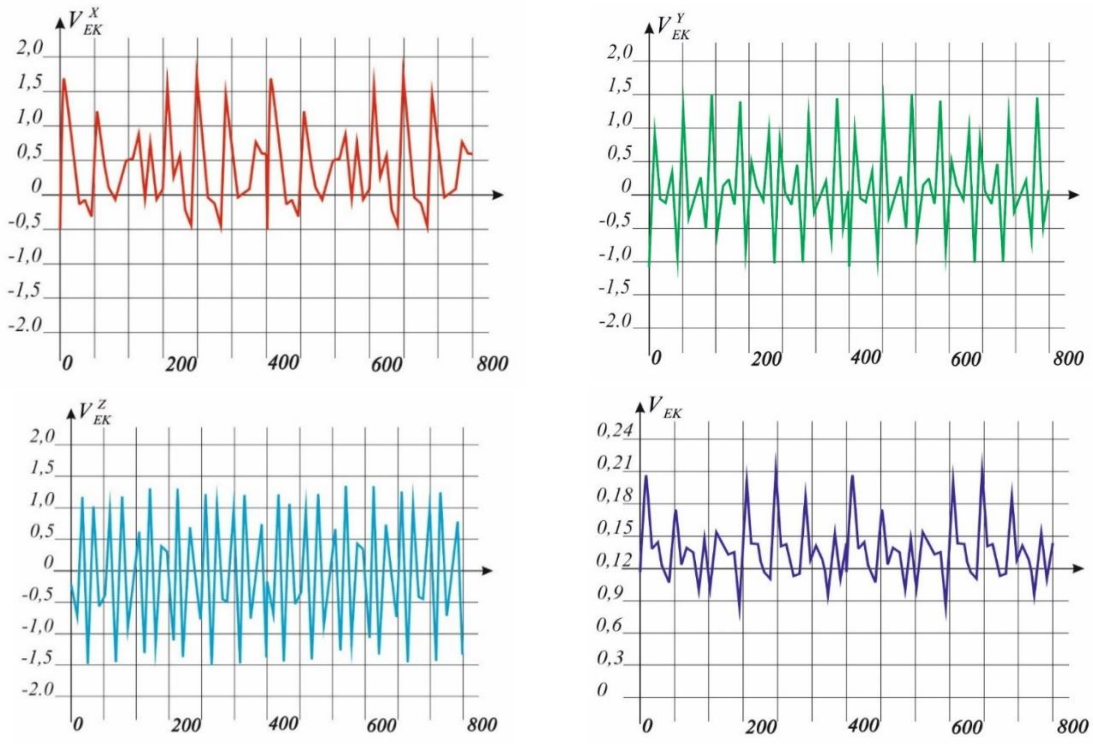


Рисунок 3 – Графики скорости точки К

Анализ графиков, представленных на рисунке 2 и 3 показывает, что пространственный 4R-механизм с дополнительной точкой дает возможность получить неравномерное движение точки К. Исследования за-

кона движения технологических процессов показывает, что подобные неравномерности в пространственном перемещении и значениях скорости можно использовать в аддитивных технологиях или в сварке.

Аналогичным образом проанализируем пространственный 6R механизм, состоящий из 6 звеньев и 6 одноподвижных вращательных кинематических пар. На представленной схеме механизма (рисунок 1) интерес для проектирования мехатронных устройств представляют точки, лежащие на осях шарниров C, D, E. В точках B и E, лежащих на геометрических осях звеньев 3 и 2, совершающих простое вращательное движение вокруг собственных геометрических осей (радиус вращения равен нулю), линейные скорости и ускорения будут равны нулю.

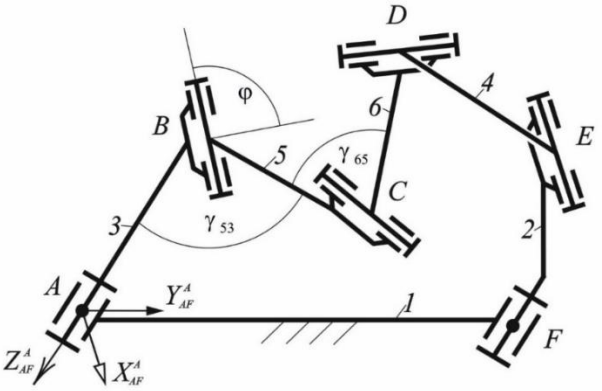


Рисунок 4 – Структурная схема модификаций приводов на базе пространственного 6R механизма

Точка C лежит на пересечении геометрических осей звеньев 5 и 6 и совершает сложное движение, траектория ее определяется проекцией радиус-вектора $\overline{AC}$. Из замкнутого векторного контура ABCA его значение определится:

$$\overline{AC} = \overline{AB} + \overline{BC}, \tag{4}$$

или в проекциях на оси координат XYZ

$$\left.\begin{aligned} AC_X &= l_в \cdot \sin\gamma_{53} \cdot \cos\varphi, \\ AC_Y &= l_в \cdot \sin\gamma_{53} \cdot \sin\varphi, \\ AC_Z &= l_в \cdot \cos\gamma_{53} - l_1 . \end{aligned}\right\} \tag{5}$$

Продифференцировав по времени выражения (5), определим проекции вектора скорости точки C:

$$\left.\begin{aligned} V_C^X &= l_в \cdot \cos\gamma_{53} \cdot \cos\varphi \cdot \omega_{53} - l_в \cdot \sin\gamma_{53} \cdot \sin\varphi \cdot \omega, \\ V_C^Y &= l_в \cdot \cos\gamma_{53} \cdot \sin\varphi \cdot \omega_{53} + l_в \cdot \sin\gamma_{53} \cdot \cos\varphi \cdot \omega, \\ V_C^Z &= -l_в \cdot \cos\gamma_{53} \cdot \omega_{53} . \end{aligned}\right\} \tag{6}$$

Модуль скорости точки С определится выражением:

$$V_C = \sqrt{\left(V_C^X\right)^2 + \left(V_C^Y\right)^2 + \left(V_C^Z\right)^2}. \qquad (7)$$

Проекции вектора ускорения точки С на оси координат XYZ получим дифференцированием по времени выражений (4).

$$\left.\begin{aligned} W_C^X &= l_в \cdot \left\{\cos\varphi \cdot \left[\cos\gamma_{53} \cdot \varepsilon_{53} - \sin\gamma_{53} \cdot \left(\omega_{53}^2 + \omega^2\right)\right] - \right. \\ &\quad \left. -\sin\varphi \cdot \left(\sin\gamma_{53} \cdot \varepsilon + 2\cos\gamma_{53} \cdot \omega \cdot \omega_{53}\right)\right\}; \\ W_C^Y &= l_в \cdot \left\{\sin\varphi \cdot \left[\cos\gamma_{53} \cdot \varepsilon_{53} - \sin\gamma_{53} \cdot \left(\omega_{53}^2 + \omega^2\right)\right] + \right. \\ &\quad \left. +\cos\varphi \cdot \left(\sin\gamma_{53} \cdot \varepsilon + 2\cos\gamma_{53} \cdot \omega \cdot \omega_{53}\right)\right\}; \\ W_C^Z &= -l_в \cdot \left(\cos\gamma_{53} \cdot \omega_{53}^2 + \sin\gamma_{53} \cdot \varepsilon_{53}\right). \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

Модуль линейного ускорения точки С определится

$$W_C = \sqrt{\left(W_C^X\right)^2 + \left(W_C^Y\right)^2 + \left(W_C^Z\right)^2}. \qquad (9)$$

Продифференцировав уравнение (8) получили возможность определить скорость точки С относительно осей и суммарную скорость. Графики скорости точки С представлены на рисунке 5а.

Аналогичным образом были получены уравнения для определения положения перемещения точки D относительно тех же осей XYZ. Продифференцировав по времени полученное выражение, определим проекции вектора скорости точки D, которое представили в уравнении (10).

$$\left.\begin{aligned} V_D^X &= l_в \cdot \left\{\left(1 - \cos\gamma_{65}\right) \cdot \left(\cos\gamma_{53} \cdot \cos\varphi \cdot \omega_{53} - \sin\gamma_{53} \cdot \sin\varphi \cdot \omega\right) + \right. \\ &\quad \left. +\left[\sin\gamma_{65} \cdot \cos\varphi \cdot \left(\sin\gamma_{53} \cdot \omega_{65} - \omega\right) - \cos\gamma_{65} \cdot \sin\varphi \cdot \omega_{65}\right]\right\}, \\ V_D^Y &= l_в \cdot \left\{\left(1 - \cos\gamma_{65}\right) \cdot \left(\cos\gamma_{53} \cdot \sin\varphi \cdot \omega_{53} + \sin\gamma_{53} \cdot \cos\varphi \cdot \omega\right) + \right. \\ &\quad \left. +\left[\sin\gamma_{65} \cdot \sin\varphi \cdot \left(\sin\gamma_{53} \cdot \omega_{65} - \omega\right) + \cos\gamma_{65} \cdot \cos\varphi \cdot \omega_{65}\right]\right\}, \\ V_D^Z &= l_в \cdot \left[\left(\sin\gamma_{65} \cdot \omega_{65} \cdot \cos\gamma_{53} + \omega_{53} \cdot \cos\gamma_{65} \cdot \sin\gamma_{53}\right) - \omega_{53} \cdot \sin\gamma_{53}\right]. \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

На основании полученных уравнений для определения скорости точек С (рис. 5а) и D (рис. 5б), спроектировали графики, которые представлены на рисунке 5.

Графики, представленные на рисунке 5 дают возможность проанализировать параметры скорости характерных точек данного механизма, соответственно спроектировать мехатронные устройства с учетом кинематических параметров базового механизма.

а) б)

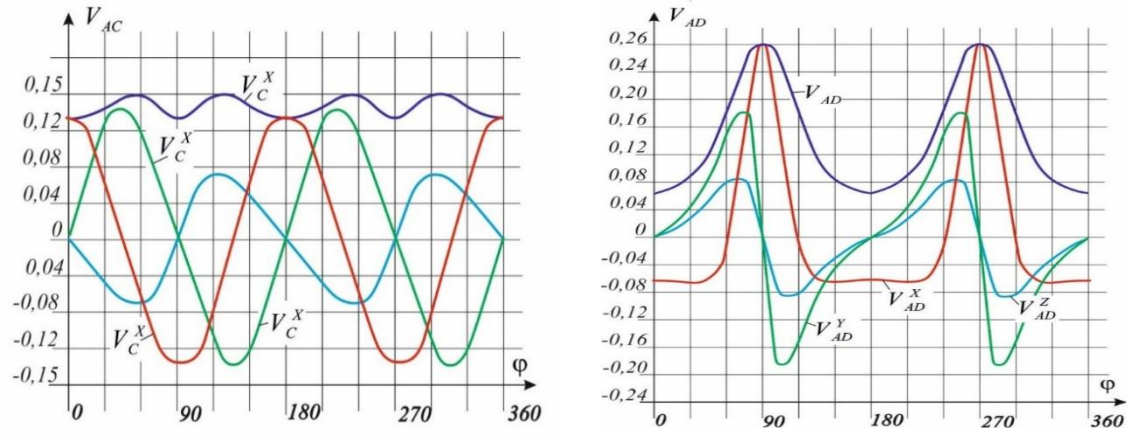


Рисунок 5 – Графики скоростей точек C (а) и D (б)

На рисунке 6 представлены наглядные примеры использования данных механизмов в качестве механизма перемещения (рис. 6а) и механизма передачи вращательного движения (рис. 6б).

а) б)

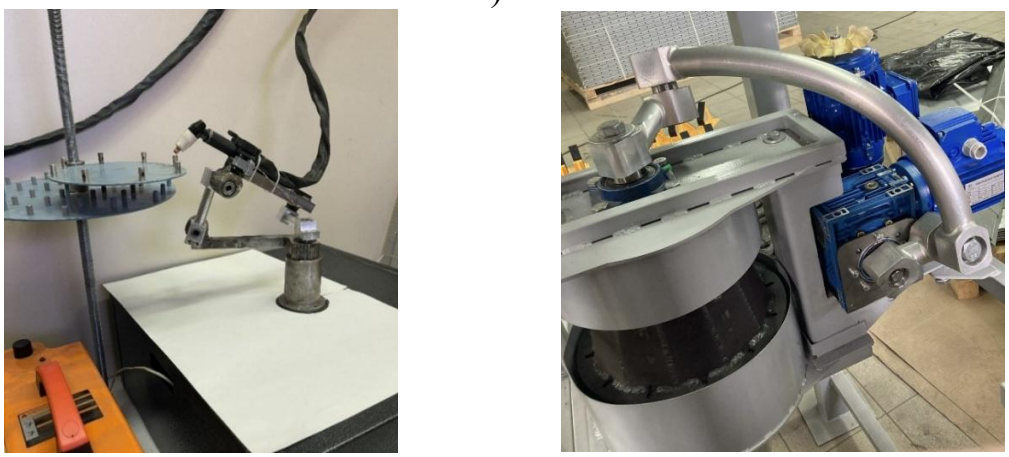


Рисунок 6 – Экспериментальная установка сварки сферических поверхностей (а) и промышленная установка механической активации цемента (б)

Подводя итоги отметим, что нами были спроектированы пространственные nR механизмы и исследованы кинематические параметры данных механизмов. Исследования показали, что пространственные nR механизмы дают возможность получить закономерное неравномерное движение характерных точек. Отметим, было определено, что пространственные nR механизмы можно использовать двумя способами, для перемещения исполнительного устройства, например, сварочное устройства (рис. 6а) или устройства для аддитивной технологии. Вторым направлением является применение пространственных

nR механизмов в качестве приводов, наряду с ременными или зубчатыми передачами. Примером того является конструкция промышленной установки механической активации цемента, в которой использование данного типа привода дает возможность повысить производительность в 2,5 раза. Дальнейшие исследования будут реализованы.

Работа выполнена за счет гранта, предоставленного Академией наук Республики Татарстан образовательным организациям высшего образования, научным и иным организациям на поддержку планов развития кадрового потенциала в части стимулирования их научных и научно-педагогических работников к защите докторских диссертаций и выполнению научно-исследовательских работ» (Соглашение №15/2025-ПД-КАИ от 22.12.2025).

Список использованной литературы

1. Белов С. В. Калибровка систем позиционирования промышленных роботов: методы и испытания. СПб.: Политех-Пресс, 2020. 164 с.

2. Воробьева Н. С., Несмиянов И. А., Дяшкин А. В. и др. Робототехнический комплекс для возделывания овощных культур // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2024. № 4 (287). С. 41-44.

3. Глазунов В. А., Ларюшкин П. А., Шалюхин К. А. Глазунов В. А. Структура, кинематика и прототипирование параллельного манипулятора с удаленным центром вращения // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2023. № 6. С. 54-61.

4. Малкова В. В., Хабибуллина Л. Ф., Романов И. А. Анализ износов кинематических систем и методы минимизации рисков промышленных роботов // Профессиональные коммуникации в научной среде - фактор обеспечения качества исследований: материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2024. С. 80-83.

5. Фаизов М. Р., Мудров А. П. Синтез по заданному закону движения звена // Приоритетные направления развития науки и технологий: XXIII Международная научно-техническая конференция. Тула: Издательство "Инновационные технологии", 2018. С. 125-127.

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИКИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

УДК 631.316.02

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ ПОЧВОСДВИГАЮЩЕЙ ПЛАСТИНКИ БРИТВЫ ХЛОПКОВОГО КУЛЬТИВАТОРА

[1]Айтмуратов М. Т., *канд. техн. наук, доцент*
[1]Грибенченко А. В., *канд. техн. наук, доцент*
[2]Утемуратова Д. Т., *канд. техн. наук, доцент*
[2]Кудайбергенова К., *ассистент*

[1]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия
[2]Каракалпакский институт сельского хозяйства и агротехнологии
г. Нукус, Республика Узбекистан

Аннотация. Приведены теоретические исследования работы бритвы с почвосдвигающей пластинкой. Определены угол её установки к направлению движения культиватора и высота почвосдвигающей пластинки из условия исключения пересыпания почвы, перемещаемой впереди пластинки, через её верхнюю кромку. Представлена кинематическая схема бритвы с почвосдвигающей пластинкой. Определена зависимость объема перемещаемой почвы от оптимальных значений угла установки почвосдвигающей пластинки ε.

Ключевые слова: *культиваторы, бритвы культиваторов, конструкции культиваторов, почвосдвигающие пластинки, рабочие органы культиваторов.*

Структурность почвы это способность естественно распадаться на отдельности (агрегаты), состоящие из склеенных перегноем и иловатыми частицами механических элементов почвы. Структура почвы оказывает влияние на аэрацию почвы и ее водопроницаемость, определяет устойчивость почвы против эрозии. Обеспечивая лучшее сбережение влаги, такие агрегаты способствуют созданию условий для нормальной жизнедеятельности полезных микроорганизмов [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Для повышения качества междурядной обработки с целью исключения присыпания растений почвой и снижения потерь влаги усовершенствован культиватор за счет установки бритвы с почвосдвигающей пластинкой (рис. 1).

Почвосдвигающая пластинка, закреплена к щеке бритвы с возможностью бесступенчатой регулировки её положения по вертикали и установлена над полкой с зазором.

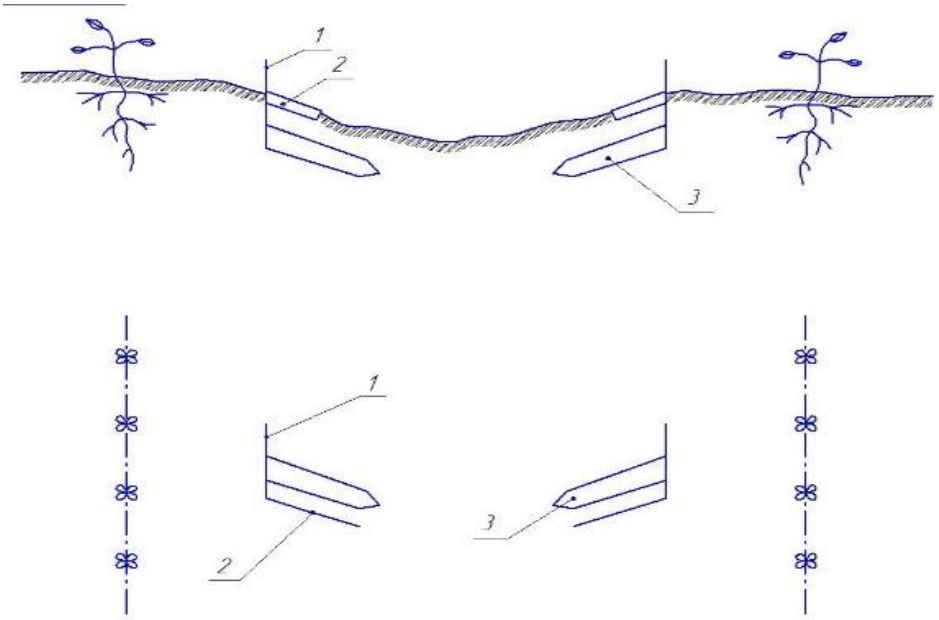


Рисунок 1 – Схема расстановки лапы-бритвы в междурядьях
с почвосдвигающей пластинкой
1 – стойка; 2 – почвосдвигающая пластинка; 3 – бритва

При движении агрегата, подрезанный лезвием бритвы пласт почвы, поднимается на её полку, деформируется и частично проходит через зазор между пластинкой и бритвой. При этом агрономические ценные фракции (размером менее 20 мм) проходят через зазор между пластинкой и полкой бритвы и укладываются на прежнее место, а крупные комки (размером более 20 мм) вместе с подрезанными сорняками перемещаются пластинкой к середине междурядья [7].

Таким образом, вблизи растений образуется слой почвы с агрономическими ценными фракциями одинаковой толщины по всей обработанной поверхности, который являяется мульчирующим слоем, предохраняет от испарения влаги из нижнего слоя и обеспечивает хорошую аэрацию. Кроме того за счет перемещения крупных комков почвы к середине междурядья исключается присыпание и повреждение молодых растений.

Бритва с почвосдвигающей пластинкой разработана в Узбекском научно исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства. Полевые опыты были проведены на базе опытного хозяйства в Каракалпакском НИИ земледелия.

Основными параметрами почвосдвигающей пластинки, оказывающими влияние на качество обработки почвы и тяговое сопротивление рабочего органа, являются: её высота – h_m , ширина захвата – $в_п$, угол установки пластинки к направлению движения – ε и величина зазора между пластинкой и полкой бритвы – δ.

Угол установки почвосдвигающей пластинки к направлению движения агрегата определяем из условия обеспечения скольжения частиц почвы по рабочей поверхности почвосдвигающей пластинки. В противном случае происходит налипание почвы на рабочую поверхность пластинки и её сгруживание впереди бритвы, что приводит к нарушению технологического процесса и увеличению тягового сопротивления рабочего органа.

Известно [7], что скольжение почвы по рабочей поверхности пластинки возможно при

$$\varepsilon < 90^0 - \varphi \qquad (1)$$

где: φ – угол трения почвы о сталь.

Из формулы (1) следует, что при известном значении угла φ, угол ε можно выбрать разной величины, лишь был меньше $90^o - \varphi$.

Следовательно, эта зависимость имеет односторонний характер и не дает оптимального соотношения между углами φ, ε.

Для определения оптимального соотношения между углами φ, ε рассмотрим перемещение почвы почвосдвигающей пластинкой в сторону междурядья.

Пусть почвосдвигающая пластинка перемещается из положения AB в положение A_1B_1 (рис. 2). При этом почва с площади треугольника ABA_1 сместится в сторону, а впереди пластинки образуется валик из почвы, сечение которого можно представить в виде BB_1A_1. Таким образом, впереди пластинки непрерывно перемещается почва, объем которой равен:

$$W = \frac{b^2}{2} n \, [\operatorname{ctg} \varepsilon + \operatorname{tg} (\varepsilon + \varphi)] \, (h_{ср} - \delta). \qquad (2)$$

где: $h_{ср}$ – средняя глубина хода бритвы.

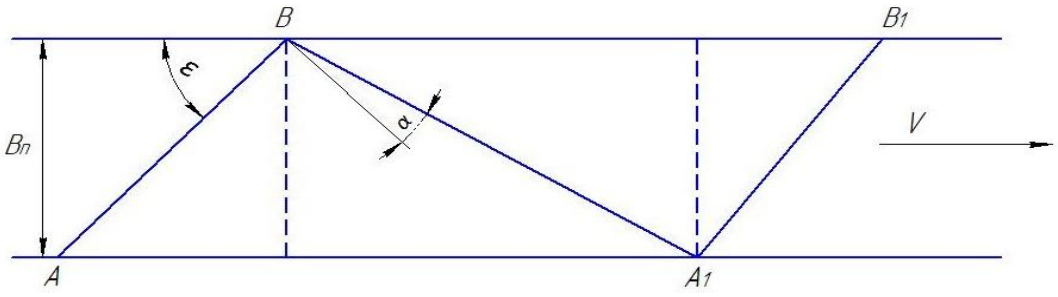


Рисунок 2 – Схема к обоснованию угла установки почвосдвигающей пластинки к направлению движения агрегата

На рисунке 2 показана зависимость изменения объема почвы, перемещаемой впереди почвосдвигающей пластинки, от значений углов φ и ε при $в_п$ = 10 см, $h_{ср}$= 8 см и δ = 5 см.

Из графика видно, что объем почвы при некоторых углах минимален, причем он тем большее, чем больше угол трения.

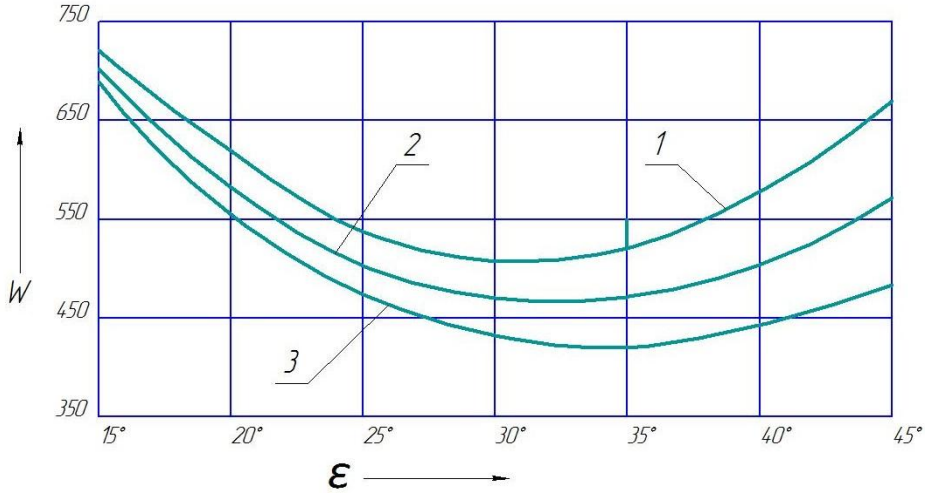


Рисунок 3 – Зависимость объема перемещаемой почвы от угла ε:

1 – при φ = 30^0 ; 2 – при φ = 25^0 ; 3 при – φ = 20^0.

Известно [7], что экстремальные значения будут иметь место в точке, определяемой из условия:

$$\frac{dw}{d\varepsilon} = \frac{b^2 n}{2}\left[-\frac{1}{sin^2\,\varepsilon} + \frac{1}{cos^2\,(\varepsilon+\varphi)}\right]\left(h_{ср} - \delta\right) = 0 \qquad (3)$$

Решая это уравнение, получим следующие выражения для определения оптимальных значений угла ε, при которых объем почвы, перемещаемой, впереди пластинки будет минимален:

$$tg\varepsilon_{опт} = \frac{1}{\cos\varphi} + \sin\varphi \qquad (4)$$

$$\varepsilon_{опт} = \frac{\pi}{4} - \frac{\gamma}{2} \qquad (5)$$

Принимая φ = 30…34^0 [7], получим $\varepsilon_{опт}$=28…30^0

Высоту почвосдвигающей пластинки определим из условия исключения пересыпания почвы, перемещаемой впереди пластинки, через её верхнюю кромку. Для этого объем почвы, перемещаемой впереди пластинки, должен быть равен или меньше объема почвы, которая может разместиться перед пластинкой в виде призмы волочения (рис. 4), т. е.

$$W \le W_{п.в}\,, \qquad (6)$$

где: $W_{п.в}$ – объем призмы волочения, образующейся впереди пластинки.

Как выше было установлено (6)

$$W = \frac{b^2 n}{2} [\cot \varepsilon + \tan(\varepsilon + \varphi)] \cdot (h_{\text{ср}} - \delta) \qquad (7)$$

И как следует из рисунок 4.

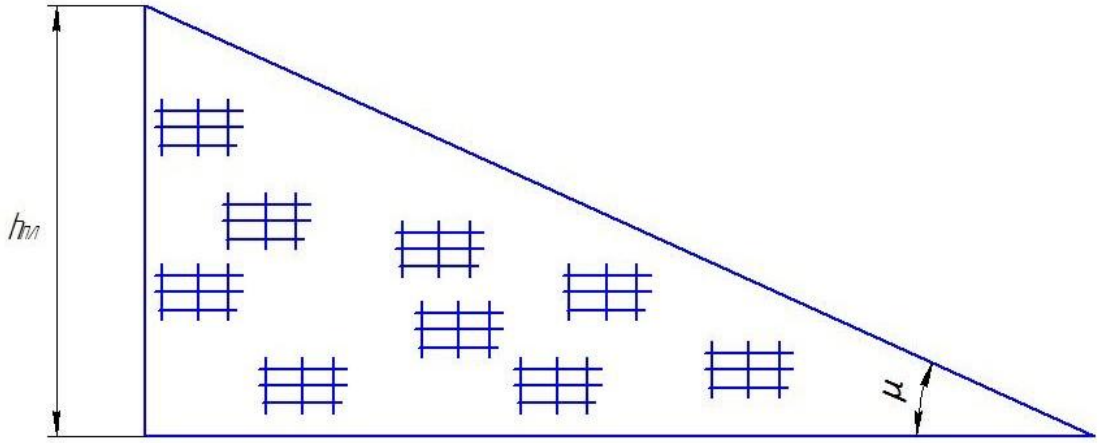


Рисунок 4 – Схема к определению высоты почвосдвигающей пластинки

$$W_{\text{п.в.}} = 0{,}5 \frac{b_n h_{\text{пл}}^2}{\sin \varepsilon} \cot \mu \qquad (8)$$

где: μ – угол откоса призмы волочения.

Подставляя значения W_n и $W_{n.b.}$ в (6) и решая полученное неравенство относительно $h_{пл,}$ получим

$$h_{\text{пл}} \geq \sqrt{b_n [\cot \varepsilon + \tan(\varphi + \varepsilon)]} \left(h_{\text{ср}} - \delta\right) \sin \varepsilon \tan \mu \qquad (9)$$

Или с учетом (8) это выражение имеет следующий вид:

$$h_{\text{пл}} \geq \sqrt{b_n \left[\cot\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) + \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)\left(h_{\text{ср}} - \delta\right) \cdot sin\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) \tan \mu\right]} \qquad (10)$$

Из (9) и (10) следует, что высота почвосдвигающей пластинки зависит от её ширины захвата (длины), угла установки к направлению движения, глубины хода бритвы и величины зазора между её полкой и пластинкой, а также от физико-механических свойств почвы.

Принимая $в_n$ = 10 см, φ = 30^0, $h_{ср}$ = 8 см, μ = 30^0, δ = 5 см получим: $h_{пл}$ = 5,5 см.

Таким образом, основными параметрами почвосдвигающей пластинки, оказывающими влияние на качество обработки почвы и тяговое сопротивление рабочего органа, являются: её высота – $h_{пл}$, ширина захвата – $в_n$, угол установки пластинки к направлению движения – ε и величина зазора между пластинкой и полкой бритвы – δ.

Принимая φ = 30…34^0 , получим $\varepsilon_{опт}$ =28…30^0, высота почвосдвигающей пластинки должна быть не менее 5,5 см.

Список использованной литературы

1. Айтмуратов М. Т., Артыкбаев Б. П. Совершенствование параметров секции дисковых рабочих органов к хлопковому культиватору для разрушения почвенной корки // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2024. Том 4. С. 103-109.

2. Айтмуратов М. Т., Байметов Р. И., Аминов С., Кайпов М. У. Результаты исследования деформации почвы под воздействием колес трактора «Магнум-8940» // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы международной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. Том 5. С. 141-146.

3. Айтмуратов М. Т., Жумамуратов Д. К. Методика экспериментальных исследований чизель – культиватора // Инновационные решения создания высокоэффективных сельскохозяйственных машин и повышение эффективности использования технических средств: материалы международной научно-технической конференции. Гулбахор, 2022 . С. 116-120.

4. Айтмуратов М. Т., Коблов С. П., Толыбаев А. Е. Оптимизация основных параметров и режима работы пневматического высевающего аппарата для высева семян сои пунктирным и гнездовым способами // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2021. Том 3. С. 401-406.

5. Ряднов А. И., Айтмуратов М. Т. Оценка эффективности работы чизель – культиватора с жестким и упругим креплением рабочих органов к раме // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4. С. 228-234.

6. Тухтакузиев А., Айтмуратов М. Т., Артыкбаев Б. П. Обоснование параметров рыхлительных зубьев комбинированного агрегата // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы международной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. Том 3. С. 400-405.

7. Утемуратова Д. Т. Обоснование параметров плоскорежущей лапы – бритвы хлопкового культиватора (на примере Республики Каракалпакстан): автореф. дис. Янгиюль, 1994. 24 с.

УДК 621.868

ОБОСНОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ КОНСТРУКЦИИ РОБОТИЗИРОВАННОГО МАНИПУЛЯТОРА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ

Бабоченко Н. В., *канд. техн. наук, доцент*
Дяшкин А. В., *канд. техн. наук, доцент*
Горин А. В., *магистрант*
Безрук И. О., *магистрант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены характеристики устойчивости конструкции приведенного роботизированного манипулятора. Приведенные формулы позволили определить возникающие реакции в опорах, максимально поднимаемый груз и

угол наклона, при котором роботизированный манипулятор может потерять равновесие. Литературные источники ориентируют в анализе имеющихся конструкций существующих роботизированных манипуляторов и погрузчиков, которые осуществляют погрузочно-разгрузочные работы на производстве.

Ключевые слова: *роботизированные манипуляторы, конструкции манипуляторов, реакция опоры*.

Всё активнее проникают в аграрную сферу современные технологии. Раньше использование робототехники считалось чем-то недостижимым и ограничивалось промышленностью, сегодня же всё больше и больше уделяется внедрению роботов, способных работать и в сельском хозяйстве. Автоматизация сельского труда приведет к значительному увеличению урожайности, снижению издержек на производство и улучшению качества продукции.

Для того чтобы использовать роботизированные манипуляторы в сельскохозяйственном производстве, необходимо учитывать и специфику работы и назначение.

Предлагается проверить конструкцию роботизированного манипулятора при выполнении погрузочно-разгрузочных работ на устойчивость. Опираясь на представленную литературу [1-10], представим анализ продольной и поперечной устойчивости при максимальном вылете стрелы автоматизированного манипулятора.

Цель работы – проверить конструкцию роботизированного манипулятора при выполнении погрузочно-разгрузочных работ на устойчивость.

По полученному результату необходимо сделать определенные выводы о возможности использования роботизированного манипулятора при выполнении погрузочно-разгрузочных работ сельскохозяйственного назначения.

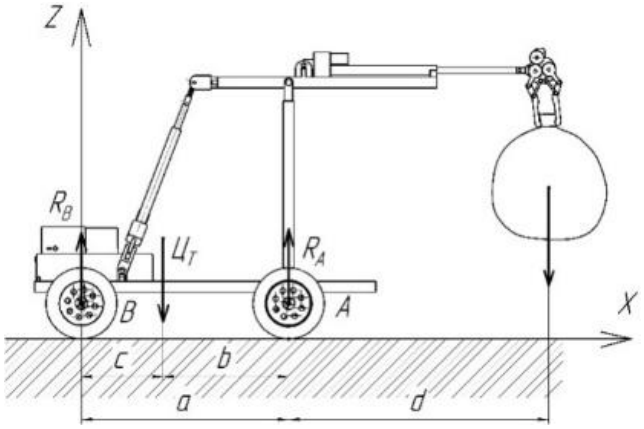


Рисунок 1 – Определение продольной устойчивости
при максимальном вылете стрелы автоматизированного манипулятора

Продольная устойчивость представленного на рисунке 1 автоматизированного манипулятора зависит от веса поднимаемого объекта. Опрокидывание конструкции автоматизированного манипулятора возможно только при максимальном вылете стрелы, в результате чего происходит разгружение задних колес самоходного шасси. Для того, чтобы избежать опрокидывания, необходимо определить координаты центра тяжести автоматизированного манипулятора.

Координаты центра тяжести механизма мы определили в программе «Компас 3Д», придав модели определенную массу материала.

Составив уравнения, возможно, определить возникающие реакции.

Сумма проекций всех сил относительно оси *y:*

$$\sum F(y) = 0$$
$$-G_{\text{гр}} - R_{\text{A}} - \text{Ц}_{\text{т}} + R_{\text{B}} = 0 \quad (1)$$

где R_{A} – реакция опоры передних колес погрузчика; R_{B} – реакция опоры задних колес погрузчика; $G_{\text{гр}}$ – максимальная масса поднимаемого грузчика; $\text{Ц}_{\text{т}}$ – центр тяжести погрузчика.

Сумма моментов относительно точки *A:*

$$\sum \text{M(A)}=0$$
$$d \cdot G_{\text{гр}} - b \cdot \text{Ц}_{\text{т}} + a \cdot R_{\text{B}} = 0 \quad (2)$$

a – колесная база самоходного шасси робота-манипулятора (равная 1500 мм);

b – расстояние от передней оси колес самоходного шасси до центра тяжести (равное 950 мм);

d – расстояние от передней оси колес самоходного шасси до центра груза (равное 1880 мм).

Так как опора задних колес по условию равна 0, то выражение принимает следующий вид:

$$d \cdot G_{\text{гр}} = b \cdot m \quad (3)$$

где m – масса всего механизма, посчитанная через «Компас 3Д» (равная примерно 1 тонне).

$$G_{\text{гр}} = \frac{b \cdot m}{d} = \frac{950 \cdot 1000}{1880} = 505 \text{ кг} \quad (4)$$

В результате чего получили, что опрокидывание механизма автоматизированного манипулятора произойдет, при поднятии груза весом $G_{\text{гр}} \geq 505$ кг.

Поперечная устойчивость (рис. 2), в данном случае, будет так же вычисляться по формуле:

$$d \cdot G_{\text{гр}} = b \cdot m \quad (5)$$

где $b = 520$ мм; $d = 45$ мм.

Тогда опрокидывание механизма автоматизированного манипулятора произойдет при поднятии груза весом $G_{\text{гр}} \geq 11550$ кг.

Из полученных значений выбираем наименьший вес груза, при котором может начаться опрокидывание автоматизированного манипулятора и в дальнейшем примем данный показатель за грузоподъёмность разработки.

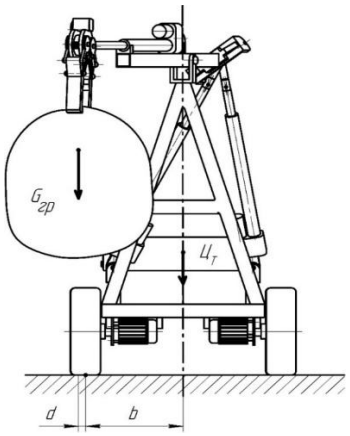


Рисунок 2 – Определение поперечной устойчивости при максимальном вылете стрелы автоматизированного манипулятора

Поперечная устойчивость автоматизированного манипулятора определяется, когда он движется поперек склона (рис. 3). При полной разгрузке одной из сторон наступает опрокидывание механизма. Для этого в данном случае будет необходимо определить угол поперечного уклона, на котором автоматизированный манипулятор начинает опрокидываться.

Сумма проекций всех сил относительно оси y:

$$\sum F(y) = 0$$

$$-G_{\text{гр}} - \text{Ц}_{\text{т}} + R_{\text{а}} \cdot \cos\alpha + R_b \cdot \cos\alpha = 0 \quad (6)$$

где$R_{\text{А}}$ – реакция опоры передних колес погрузчика в точке А; $R_{\text{В}}$ – реакция опоры передних колес погрузчика в точке В.

Сумма моментов относительно точки А:

$$\sum \text{M(A)}$$

$$G_{\text{гр}} \cdot a \cdot \sin\alpha - m(\frac{e}{2} \cdot \cos\alpha - d \cdot \sin\alpha) = 0 \quad (7)$$

где a – расстояние от центра поднимаемого объекта до поверхности груза (равное 1760 мм); e – колея самоходного шасси погрузчика (1080 мм); d – расстояние от центра тяжести самоходного шасси до поверхности поля (410 мм); α – угол поперечного уклона.

$$505 \cdot 1760 \cdot \sin\alpha - 1000(\frac{1080}{2} \cdot \cos\alpha - 410 \cdot \sin\alpha) = 0$$

$$\arcsin 0.394025 = 23.21°$$

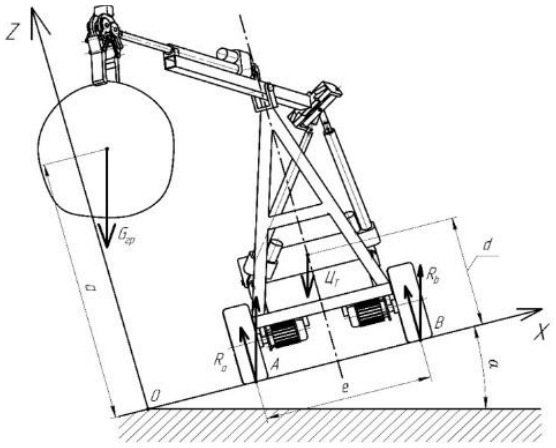


Рисунок 3 – Схема по определению поперечной устойчивости при движении поперек склона

Получаем, что угол поперечного уклона, при котором произойдёт опрокидывание автоматизированного манипулятора, должен быть $\alpha \geq 23.21°$.

На основании результатов выполненных расчетов, можно сделать вывод о том, что рассчитанная продольная и поперечная устойчивость автоматизированного манипулятора соответствует федеральным нормам по выполняемой работе при погрузке и разгрузке на овощных полях, когда как, например, для вилочных погрузчиков при штабелировании допускается угол наклона в продольной плоскости – 4 % (18 % при движении с опущенным грузом), и в поперечной плоскости – 6 % (15 ± 1,1·V при движении, где V – скорость движения км/ч), согласно ГОСТ 18962-86 и ISO 3691-80.

Отметим, что проведенные расчеты характеристик продольной и поперечной устойчивости автоматизированного манипулятора при максимальном вылете стрелы автоматизированного робота-манипулятора очень важны для того, чтобы исключить возможность вероятного момента опрокидывания устройства.

Список использованной литературы

1. Бабоченко Н. В. Кинематическая модель роботизированной шарнирно-стержневой стрелы // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2022. № 9 (268). С. 6-12.

2. Исследование манипуляторов па раллельно-последовательной структуры на базе трипода / Н. С. Воробьева, И. А. Несмиянов, В. В. Жога [и др.]. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2022. 272 с.

3. Григорьев П. А., Сладкова Л. А. Патентный анализ современных технических решений для обеспечения устойчивости крановых конструкций // Строительные и дорожные машины. 2020. № 7. С. 38-42.

4. Несмиянов И. А., Воробьева Н. С., Дяшкин-Титов В. В. Моделирование геометрико статических характеристик манипулятора-трипода.

5. Остриков И. А. Компьютерное моделирование работы стрелового гидроманипулятора // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2020. Т. 5. С. 239-241.

6. Папа А-В. Моделирование кинематики работы шарнирно-стержневого гидроманипулятора // Нива Поволжья. 2020. № 1 (54). С. 127-137.

7. Токарев В. И., Бабоченко Н. В. Вопрос стабильности работы стреловых грузоподъемных средств на колесном шасси // Нива Поволжья. 2020. № 4 (58). С. 127-137.

8. Фисенко В. С. Программа для определения координат и углов поворотов стрелы робота манипулятора // Лабиринты науки: материалы I Региональной научно-практической конференции старшеклассников и студентов СПО: сб. тр. конф. Волгоград, 2018. С. 22-24.

9. Шойкин А. А., Бабоченко Н. В. Автоматизация шарнирно-стержневого манипулятора // Материалы XXVIII Региональной конференции молодых ученых и исследователей Волгоградской области. Волгоград, 2024. С. 169-172.

10. The mathematical theory of optimal processes / L. S. Pontryagin, V. G. Boltyanskii, R. V. Gamkrelidze, E. F. Mishchenko. Pergamon Press, 1964.

УДК 621.868

ВОПРОС ЗОНЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ СТРЕЛОВОГО РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ

Бабоченко Н. В., *канд. техн. наук, доцент*
Дяшкин-Титов В. В., *канд. техн. наук, доцент*
Голубовская Я. Д., *магистрант*
Мухамбетов В. А., *магистрант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрен вопрос зоны обслуживания разработанной конструкции стрелового робота-манипулятора, предназначенного для выполнения погрузочно-разгрузочных работ. Обоснована представленная в статье рисунками зона обслуживания разработанной и продемонстрированной конструкции стрелового робота-манипулятора.

Ключевые слова: *стреловые роботы-манипуляторы, зоны обслуживания манипуляторов, конструкции роботов-манипуляторов.*

Представленная в статье конструкция стрелового робота-манипулятора, предназначена к внедрению в качестве как мобильного, так и стационарного грузоподъемного средства для выполнения погрузочно-разгрузочных работ на производстве. Проведя анализ литературы [1-10], пришли к тому, что созданная нами конструкция

стрелового робота-манипулятора обладает отличительной особенностью – расширенной зоной обслуживания при выполнении погрузочно-разгрузочных работ.

Целью изучения вопрос зоны обслуживания стрелового робота-манипулятора является визуальная демонстрация зоны обслуживания при выполнении погрузочно-разгрузочных работ.

Поставленные нами задачи сводятся к определению рабочей зоны обслуживания стрелового робота-манипулятора при выполнении погрузочно-разгрузочных работ и по полученному результату сделать определенные выводы.

Рассмотрим конструктивные составляющие разработанной модели стрелового робота-манипулятора на рисунке 1.

Разработка стрелового робота-манипулятора, это конструкция, которая может монтироваться на самоходное шасси, или, например, на трактор Т-16 (в передней части), а также возможно размещение в прицепном устройстве и в стационаре.

Конструкция стрелового робота-манипулятора, представленная на рисунке 1 состоит из рамы 1, поворотной платформы 2, опор 3, телескопической балки 4 и захватного устройства 5. Рама 1 жестко закрепляется на выбранном устройстве, а платформа 2 подвижно закреплена на раме 1. По периметру рамы 1 располагаются крепежные отверстия 6 для возможности жесткой установки грузоподъемного средства. В передней части конструкции расположен поворотный механизм, выполненный в виде червячной передачи. На основании поворотной платформы 2 располагаются зубья 7, находящиеся в зацеплении с червяком 8, жестко закрепленном на валу электродвигателя 9.

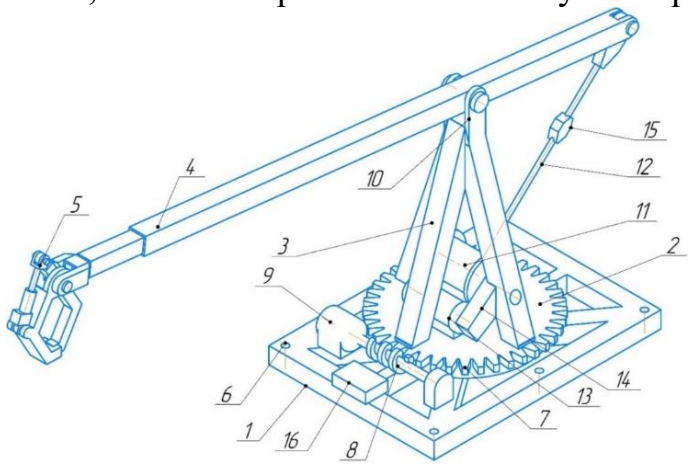


Рисунок 1 – Конструкция стрелового робота-манипулятора

Опоры 3 жестко закреплены на поворотной платформе 2. В верхней части опор 3 жестко закреплена проушина 10, на которой подвижно закреплена телескопическая балка 4. Для возможности выдви-

жения телескопической балки внутри неё расположен линейный привод. В нижней части опоры 3 установлен механизм лебедки, состоящий из барабана 11 с тросом 12 и электродвигателя 13, который приводит в движение барабан 11 за счет передачи вращения через червячный редуктор 14. Трос 12, проходя через полиспаст 15, соединен с концом балки 4. В данном случае полиспаст 15 применяется для уменьшения усилия на лебедке.

За функционирование грузоподъемного средства отвечает электронный блок 16, расположенный в передней части рамы, который посредством Wi-fi соединения получает данные от устройства управления находящийся у оператора.

Конструкция стрелового робота-манипулятора, предназначена для выполнения погрузочно-разгрузочных работ и способна не только их механизировать, но и роботизировать.

Данное роботизированное устройство способно автоматизировать процесс погрузки и разгрузки мешков с сельскохозяйственной продукцией. За счет отслеживания значений угла наклона, угла поворота и выдвижения телескопической балки грузоподъемного средства осуществляется позиционирование грузозахватного органа в пространстве, а, следовательно, путем загрузки в блок управления определенной программы можно добиться движения захватного устройства по необходимой траектории для захвата и перемещения груза.

Рассматривая вопрос зоны обслуживания, разработанной конструкции стрелового робота-манипулятора, при выполнении погрузочно-разгрузочных работ определили, что за счет поворотного механизма, расположенного на раме появляется возможность осуществления поворота на 360˚ (рис. 2).

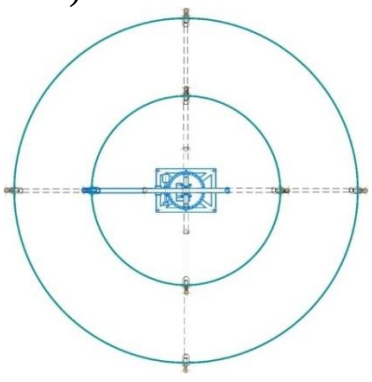


Рисунок 2 – Зона обслуживания стрелового робота-манипулятора при повороте

В свою очередь, угол подъема и опускания стрелы робота-манипулятора относительно горизонта может осуществляться на 39˚ (78˚/ 2 = 38˚) (рис. 3).

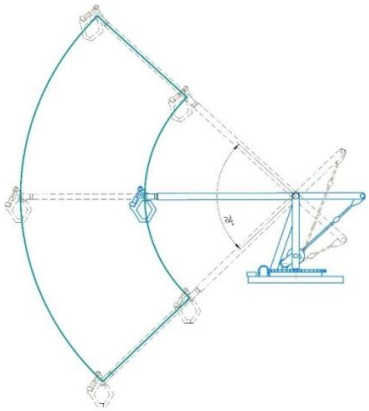


Рисунок 3 – Зона обслуживания стрелового робота-манипулятора при подъеме и опускании

Все представленные рисунки 1, 2 и 3 конструкции стрелового робота-манипулятора смоделированы в программе КОМПАС исходя из принятых расчетных параметров составляющих конструкцию стрелового робота-манипулятора механизмов.

В частности, за счет изменения длины телескопической балки конструкции стрелового робота-манипулятора мы получим зону обслужиания, представленную на рисунке 2 и 3.

Жесткость конструкции стрелового робота-манипулятора Q представляет собой отношение силы G (принятой за силу тяжести поднимаемого груза), воздействуемой на захват, к перемещению (S), вызванному силой:

$$Q = G/S. \quad (1)$$

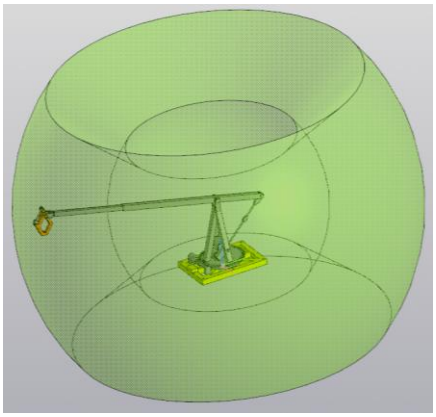


Рисунок 4 – Зона обслуживания стрелового робота-манипулятора в трехмерном измерении

Совместной работой поворотного, подъемного и телескопического механизмов стрелового робота-манипулятора достигается обширная зона обслуживания, представленная на рисунке 4 в трехмерном измерении.

Делая вывод, отметим, что приведенная конструкция стрелового робота-манипулятора, раскрывает возможности в зоне обслуживания при выполнении погрузочно-разгрузочных работ.

Список использованной литературы

1. Бабоченко Н. В., Войнаш С. А. Структура силового анализа стрелового грузоподъемного устройства малогабаритного электропогрузчика // Известия тульского государственного университета.. 2024. С. 416-420.

2. Исследование манипуляторов па раллельно-последовательной структуры на базе трипода / Н. С. Воробьева, И. А. Несмиянов, В. В. Жога [и др.]. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2022. 272 с.

3. Григорьев П. А., Сладкова Л. А. Патентный анализ современных технических решений для обеспечения устойчивости крановых конструкций // Строительные и дорожные машины. 2020. № 7. С. 38-42.

4. Несмиянов И. А., Воробьева Н. С., Дяшкин-Титов В. В. Моделирование геометрико статических характеристик манипулятора-трипода // Автоматизированное проектирование в машиностроении. 2024. № 17. С. 60-64.

5. Остриков И. А.Компьютерное моделирование работы стрелового гидроманипулятора // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIV Международной научно-практической конференции молодых исследователей: сб. тр. конф. Волгоград, 2020. Т. 5. С. 239-241.

6. Папа А-В. Моделирование кинематики работы шарнирно-стержневого гидроманипулятора // Нива Поволжья. 2020. № 1 (54). С. 127-137.

7. Токарев В. И., Бабоченко Н. В Вопрос стабильности работы стреловых грузоподъемных средств на колесном шасси // Нива Поволжья. 2020. № 4 (58). С. 127-137.

8. Фисенко В. С. Программа для определения координат и углов поворотов стрелы робота манипулятора // Лабиринты науки: материалы I Региональной научно-практической конференции старшеклассников и студентов СПО: сб. тр. конф. Волгоград, 2018. С. 22–24.

9. Шойкин А. А., Бабоченко Н. В. Автоматизация шарнирно-стержневого манипулятора // Материалы XXVIII Региональной конференции молодых ученых и исследователей Волгоградской области. Волгоград, 2024. С. 169-172.

10. The mathematical theory of optimal processes / L. S. Pontryagin, V. G. Boltyanskii, R. V. Gamkrelidze, E. F. Mishchenko. Pergamon Press, 1964.

УДК 631.312+634.1+631.17

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИЗЕЛЬНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ПОДРЕЗАНИЯ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ В САДАХ

Борисенко И. Б., *д-р техн. наук, с. н. с.*
Мезникова М. В., *д-р техн. наук*
Скрипкин Д. В., *канд. техн. наук*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследования по применению рабочих органов чизельного типа, примененного для обработки почвы в междурядьях для повышения продуктивности фруктового сада. Технологическая операция под-

резания корневой системы выполнялась на примере плодовых деревьев яблони при помощи чизельных рабочих органов с одновременным внесением минеральных удобрений с заданным распределением в вертикальной плоскости (патент на изобретение 2747144).

Ключевые слова: *чизельная обработка почвы, полосовая обработка почвы, повышение продуктивности фруктовых садов и виноградников, мелиоранты.*

По данным исследований, почвы для фруктовых садов требуют тщательного контроля и управления для улучшения их структуры [1, 2]. Для создания и поддержания качественных условий развития корней фруктовых деревьев, улучшения воздушного и водного режима слоя почвы, где происходит развитие корней с возможным насыщением этого пространства элементами питания растений, нами разработан метод, объединяющий операцию по подрезанию корневой системы с одновременным насыщением этого слоя питательными минеральными веществами. Операция выполнялась созданным нами агрегатом для глубокой обработки почвы с возможным внесением минеральных удобрений в почву и распределения по глубине с задаваемыми параметрами. Как показывают наши исследования, воздействие на корневую систему способом подрезки позволяет фруктовым деревьям получать влагу и питание из более глубоких почвенных слоев. Вместе с тем, обрезка корней оказывает влияние на развитие деревьев и изменение количества урожая в году проведения данной операции незначительно. но способствует увеличению цветения сада в последующем году и повышает урожайность.

Цель исследования: повышение продуктивности фруктового сада путем выполнения технологической операции подрезания корневой системы с одновременным внесением питания непосредственно в зону нахождения корневой системы садовых деревьев (на примере яблоневого сада) за счет применения чизельных рабочих органов с одновременным внесением минеральных удобрений с заданным распределением в вертикальной плоскости. Комплексный подход позволяет сократить количество технологических операций за счет совмещения за один проход операции подрезания корневой системы и внесения удобрений. Технологический прием подрезания корневой системы способствует увеличению длины и массы корней, что позволяет деревьям использовать почвенную влагу из низких слоев почвенного горизонта, что в конечном итоге способствует увеличению продуктивности фруктового сада.

Исследования проводились на территории яблоневого сада научно-исследовательского полигона «Агробиотехнологий» Волгоградского ГАУ, посаженного в 2019 году. Опыт проводился на деревьях

яблони сорта Соперница. Почвы на участке светло-каштановые, орошение капельное. Исследования проводились по общепринятым методикам проведения опытов с плодовыми культурами. Развитие и размещение корневой системы в почве изучалось методом монолита (В. А. Колесников, 1962 г.). Подрезание выполнялось от ствола дерева на расстоянии 2/3 радиуса кроны.

Для подрезания корневой системы деревьев в саду научно-исследовательского полигона «Агробиотехнологий» Волгоградского ГАУ нами был применен разработанный агрегат для глубокой обработки почвы на основе патента на изобретение RU 2747144. В представленном агрегате на рисунке 1 основным рабочим органом является чизельная комбинированная клинообразная стойка 1 с носком, в нижней ее части которого смонтировано долото 3 с возможностью его замены. В задней части комбинированной стойки по всей ее длине по центру выполнены отверстия с резьбой 4 с шагом 50 мм., необходимые для крепления тукопровода 2. В зависимости от глубины внесения удобрений тукопровод можно перемещать по данным отверстиям, при этом на нижние отверстия устанавливают право- и левосторонние тукоотражающие пластины 5, с углом отклонения в вертикальной плоскости 20…30 градусов к образуемой в процессе рабочего органа стенке борозды. Линейный размер тукоотражающих пластин соответствует зоне релаксации почвы после окончания воздействия на него рабочим органом (рис. 1) [3, 4, 5].

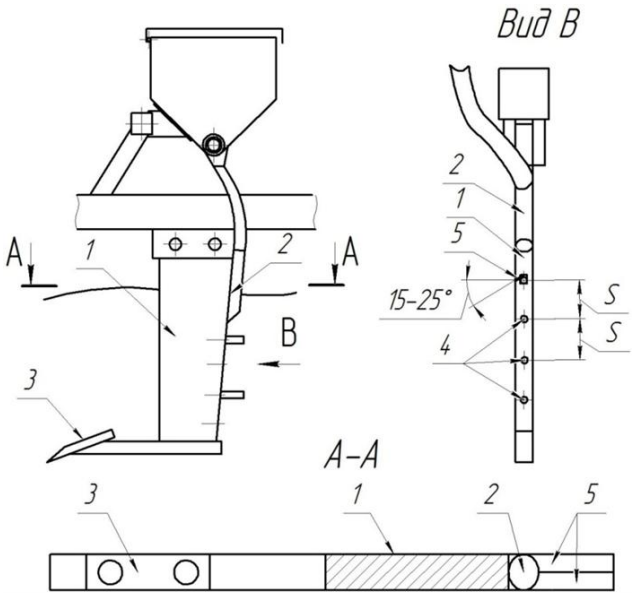


Рисунок 1 – Агрегат для мелиоративной глубокой обработки почвы с дифференцированным внесением минеральных удобрений по глубине А) вид сбоку; В) вид сзади; А-А) вид сверху

Главным преимуществом представленного агрегата для глубокой обработки почвы является дифференцированное внесение минеральных удобрений в корнеобитаемый слой на глубину от 0,1 до 0,35 м. при подрезании корневой системы фруктовых деревьев в садах. Предложенная технология глубокой обработки почвы с одновременным дифференцированным внесением мелиорантов является актуальной, для регионов испытывающих недостаток влаги как пример Волгоградская область. В настоящее время, существующие агрегаты и орудия для глубокой обработки почвы не обладают механизмами, обеспечивающие внесение минеральных удобрений и мелиорантов в почву с равномерным и заданным объемом по глубине. При этом, корневая система растений получает положительный импульс к интенсивному развитию в зоне, где распределены питательные вещества [6-8].

Засушливые природно-климатические условия отрицательно влияют на рост и развитие растений при помощи технологической операции внесения минеральных удобрений на глубину не болем 0,15 м путем поверхностного разбрасывания с их поверхностным заделыванием. Это связано с нарушением водного баланса в корневой системе и недостатка в данном слое влаги. В результате растения хуже усваивают питательные вещества, что отрицательно сказывается на росте и адаптации. Внесение минеральных удобрений на глубину 0,25…0,4 м способствует развитию и укреплению корневой системы. Благодаря этому растения получают возможность эффективнее усваивать питательные вещества, где обычно влаги содержится в больших объемах [5]. Предложенная технология основной глубокой обработки с дифференцированным внесением мелиорантов по глубине, выполняет главную задачу в передовых ресурсосберегающих агротехнологиях [8, 9, 10].

Спроектированный почвообрабатывающий агрегат для чизельной глубокой обработки почвы с одновременным дифференцированным внесением минеральных удобрений по глубине осуществляет рабочий процесс следующим образом. Приготовление почвообрабатывающего агрегата к работе начинается с заполнения минеральными удобрениями туковых бункеров и установки нормы их внесения с распределением в необходимом объеме по заданной глубине.

В начале работы в поле, почвообрабатывающий агрегат с дифференцированным внесением минеральных удобрений и распределением по глубине воздействует на почву клиновидной стойкой с долотом. Образующаяся при этом зона рыхления выглядит в виде трапециевидной щели с боковыми стенками. При этом боковые стенки за счет релаксации почвы через какой-то момент время смыкаются. Одновременно из бункера минеральные удобрения подаются к тукопроводу, который направляет данный поток гранул к распределительным плас-

тинам, которые ограничивают это движение и задерживают удобрения на заданной глубине. В результате восстановления сжатого слоя почвы, за рабочим органом образуется слой почвы с заданным диапазоном распределения удобрений по глубине [4, 5]. Регулирование количества удобрений по слоям почвы осуществляется величиной наклона распределительных пластин 5. Количество отверстий 4 определяет требуемую равномерность распределения удобрений по слоям почвы и обеспечивает распределение минеральных удобрений в заданных объемах на задаваемой глубине корнеобитаемого слоя, что способствует увеличению урожайности сельскохозяйственной культуры [5].

Разработанное почвообрабатывающее орудие для безотвальной глубокой обработки почвы с возможным одновременным внесением минеральных удобрений и с дифференцированным распределением по глубине можно применять не только в технологиях возделывания полевых культур, но и при выполнении глубокой обработки почвы в садах и виноградниках. При этом оно может использоваться для подрезания корневой системы с целью увеличения продуктивности и качества получаемой продукции с одновременным внесением питания непосредственно в зону нахождения корневой системы садовых деревьев (рис. 2) [3, 4, 5].



а) внесение минеральных удобрений в яблоневом саду



б) подрезание корневой системы во фруктовом саду



в) рабочий орган для глубокой мелиоративной обработки почвы на операции по подрезанию корневой системы

Рисунок 2 – Почвообрабатывающее орудие при выполнении технологических операций во фруктовом саду (на примере яблоневого сада), НП «Агробиотехнологии» Волгоградского ГАУ, 2024 год

Выводы. Операция по подрезке коревой системы в садах (на примере сада яблони) особенно рекомендуется для деревьев, характеризующихся пониженной силой роста и сниженной продуктивностью. Обрезка корней положительно влияет на физиологическое состояние яблони и способствует повышению интенсивности цветения и урожайности в следующем году. В целом обрезку корней следует проводить с учетом многочисленных факторов: почвенных, климатических, технологических. Для подрезания корневой системы плодовых деревьев рекомендуется применять чизельные рабочие органы с одновременным внесением минеральных удобрений с заданным распределением в вертикальной плоскости (патент на изобретение 2747144). Такой комплексный подход способствует сокращению технологических операций за счет совмещения операции подрезания корневой системы и внесения удобрений за один проход.

Список использованной литературы

1. Health and Characteristics of Australian Apple Growing Soils / M. Hardie, G. Oliver, W. Cotching [et al.] // Applied and Environmental Soil Science. 2024. V. 2024. Art. 9479986.

2. Baveye P. C. Bypass and hyperbole in soil research: Worrisome practices critically reviewed through examples. European Journal of Soil Science. 2020. No 72 (1). Pp. 1-20.

3. Оценка эффективности технологии полосной обработки почвы / И. Б. Борисенко, О. Г. Чамурлиев, Г. О. Чамурлиев, М. В. Мезникова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2018. Т. 13. № 3. С. 194-206.

4. Модульное почвообрабатывающее орудие / И. Б. Борисенко, Д. В. Скрипкин, М. В. Мезникова, Д. А. Бобриков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 318-327.

5. Техническое устройство для распределения минеральных удобрений по глубине обработки почвы / И. Б. Борисенко, Д. В. Скрипкин, М. В. Мезникова, Д. В. Бобриков // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2023. Т. 5. С. 146-150.

6. Ахмедов А. Д., Акутнева Е. В. Распределение корневой системы яблони при внутрипочвенном орошении // Аграрная наука. 2004. № 6. С. 26.

7. Кременской В. И., Иванютин Н. М. Развитие корневой системы яблони при внутрипочвенном и капельном орошении // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 4 (44). С. 118-126.

8. Корневая система яблони при разных типах почвы / Б. С. Гегечкори, А. А. Кладь, В. Г. Кладь, С. Ю. Орленко // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. № 5. С. 25-27.

9. Кременской В. И., Иванютин Н. М. Технология внутрипочвенного и капельного полива с разными объемами локального увлажнения плодового яблоневого сада // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2 (46). С. 151-158.

10. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Соколов Д. А. Технология избирательного воздействия как реализация принципов зеленой экономики при производстве пропашных культур // Вестник аграрной науки Дона. 2023. Т. 16. № 3 (63). С. 16-26.

УДК 631.348+632.95

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ВЕТРОЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ШТАНГОВЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ

[1]Борисенко И. Б., *д-р техн. наук, главный научный сотрудник*
[1]Мезникова М. В., *д-р техн. наук*
[2]Улыбина Е. И., *канд. техн. наук*

[1]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия
[2]Себряковский филиал ФГБОУ ВО ВолгГТУ
Волгоградская обл., г. Михайловка, Россия

Аннотация. Рассмотрены существующие технические решения ветрозащитных устройств, применяемых на штанговых опрыскивателях, их недостатки относительно технологии сплошного опрыскивания. Осуществлен поиск оптимального технического решения защиты факелов распыла рабочих растворов с помощью дополнительных устройств с учетом агротехнологических требований для штанговых опрыскивателей.

Ключевые слова: *опрыскиватели, ветрозащитные устройства, штанговые опрыскиватели, химическая защита растений, уменьшение аэродинамического сопротивления, ресурсосберегающие технологии.*

В стратегии развития сельского хозяйства на ближайшие десять лет обозначены цели в сфере производства продукции, а также внедрение новых технологий для обеспечения ключевых задач продовольственной безопасности страны. Для достижения поставленных целей и с развитием технологий в агропромышленном комплексе (АПК) необходимо не только стремится к созданию новой техники, но и модернизировать существующие модели, применяя различные технические решения. В сельском хозяйстве одной из самых затратных операций является технологическая операция опрыскивание. С этой операцией связаны большие расходы на препараты рабочих растворов, наносимых на растение [1, 9]. С учетом развития технологий одной из самых часто модернизируемых машин является штанговый опрыскиватель. Многие технические решения, применяемые в штанговых опрыскивателях, направлены на решение задач по равномерному на-

несению растворов как в горизонтальной плоскости, так и в вертикальной, уменьшению вносимых норм для сохранения плодородия почвы, снижению сноса капель ветром, перераспределения растворов по объектам обработки, уменьшения колебания штанги с сохранением агротехнических требований, применяемых к опрыскивателям [1, 9]. Влияние агротехнических параметров, таких как скорость, направление ветра и скорость движения опрыскивателя, связаны между собой и напрямую влияют на качество и дисперсность факела распыла при опрыскивании. В связи с этим становится необходимым и обоснованным применение в качестве технического решения на штанговых опрыскивателях ветрозащитных устройств [3, 4, 5].

Применяемые в настоящее время ветрозащитные устройства подразделяются по выполненным техническим решениям и могут быть: активного, пассивного и комбинированного действия [4, 6]. Технические решения и технологические процессы, применяемые в ветрозащитных устройствах активного действия, основаны на создании воздушного потока с помощью воздушных рукавов. Воздух, выходящий из щелей, создаёт воздушно-капельную массу принудительного действия и осаждает капли раствора на растениях. Недостатком такого решения ветрозащитных устройств активного действия, является увеличение массы конструкции штанги, что приводит к ее колебаниям в вертикальной плоскости и механическому повреждению посевов растений (рис. 1).

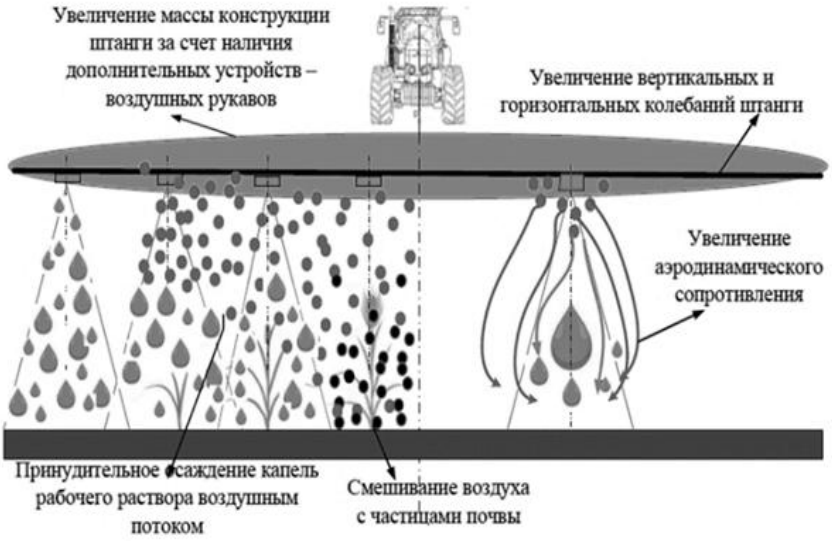


Рисунок 1 – Недостатки ветрозащитного устройства активного действия

Большим недостатком является увеличение аэродинамического сопротивления, увеличивающего колебания штанги в горизонтальной плоскости. Конструктивные решения такого действия ограничены и неэффективны при изменении параметров опрыскивания, таких как

замена форсунок с увеличением угла опрыскивания. Отрицательным фактором также является и создание принудительного воздушного потока, который смешивается с частицами почвы и оседает на листьях обрабатываемых растений, создавая «грязевую завесу», которая снижает эффективность наносимого раствора, а значит и качество опрыскивания.

Сегодня многие производители сельскохозяйственной техники отказываются от ветрозащитных устройств активного действия в пользу применения ветрозащитных устройств пассивного действия. В качестве таких инновационных решение выступают кожухи, пластины, щитки и козырьки. Такие устройства полностью или частично исключают воздействие ветра на факел распыла и способствуют экономии раствора, связанной с внешним воздействием ветра [7, 8]. Но при этом технический анализ устройств пассивного действия выявляет ряд существенных недостатков (рис. 2).

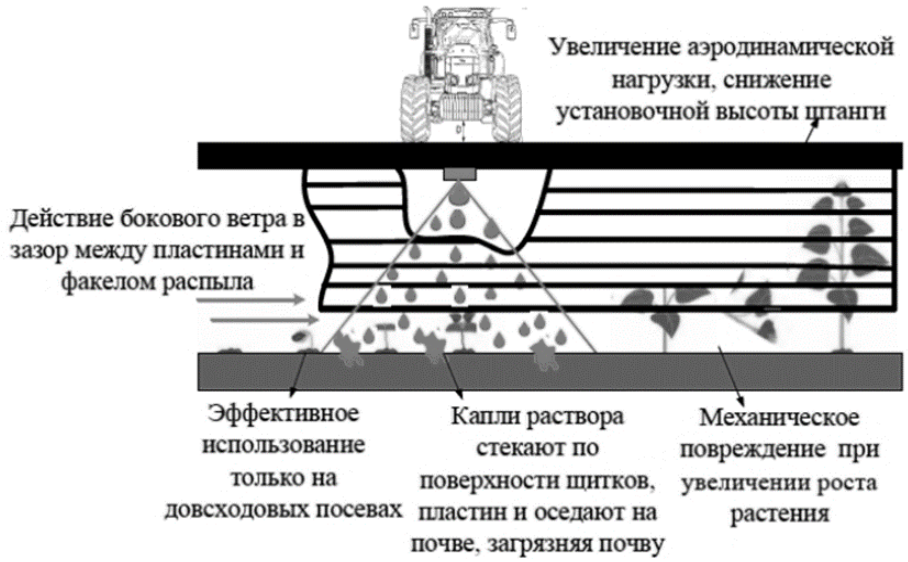
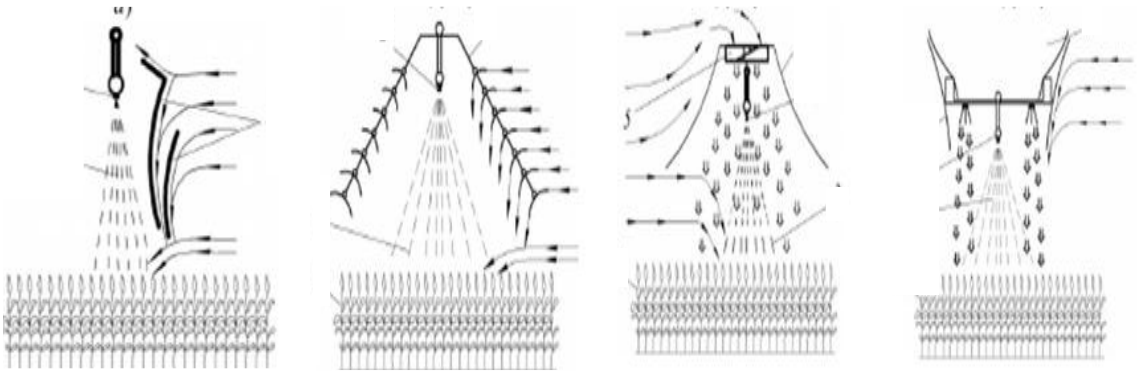


Рисунок 2 – Недостатки ветрозащитного устройства пассивного действия

Удлинение защитных козырьков на штанге опрыскивателя влечёт за собой сокращение просвета между устройством и почвой, что негативно сказывается на аэродинамических нагрузках, снижению высоты штанги и, как следствие, механическому повреждению посевов. Поэтому чаще всего технические решения пассивного действия применяются на довсходовых посевах и не могут использоваться по мере роста и развития растений. Значительным недостатком при установке щитков и кожухов является влияние параллельно направленного движению действие внешнего ветра, который проникает в щель, образуемую между почвой и дополнительным защитным устройством. Описание такого негативного воздействия в своих исследованиях

приводят учёные А. С. Крук, А. А. Анищенко, О. В. Гордиенко [2, 4-6]. Это приводит к боковому воздействию на оседающие капли и изменяет их траекторию движения. В связи с этим сложно добиться качественного опрыскивания.

Исследования показывают, что для улучшения опрыскивания лучше всего применять ветрозащитные устройства комбинированного действия. К ним относятся технические и технологические решения с поддержкой воздухом в виде набора щитков, прямоугольных или изогнутых пластин жалюзи, щитков с вертикально установленными вентиляторами,с поддержкой воздухом вентиляторами с двух сторон (рис. 3) [2, 4, 5].



а) набор щитков; б) прямоугольные или изогнутые пластины (жалюзи); в) щитки с вертикально установленными вентиляторами г) с поддержкой воздухом с двух сторон от факела распыла

Рисунок 3 – Технические решения ветрозащитных устройств комбинированного действия

Уникальность конструкций такого действия заключается в перенаправлении потока ветра и транспорт капли непосредственно к объекту обработки. При этом потоки воздуха разделяются и имеют прогнозируемую траекторию движения, которая зависит от формы и размера ветрозащитного устройства. Минус принципов действия комбинированных ветрозащитных конструкций наблюдается в изолированном подходе технического решения отдельных факелов распыла. Это приводит к утяжелению штанги, дополнительному аэродинамическому сопротивлению, дополнительным колебаниям штанги за счет наличия собственных колебаний каждого устройства. Поэтому обоснованно подходить к техническим решениям ветрозащитных устройств не изолированного, а сплошного принципа действия с поддержкой воздухом с двух сторон с помощью воздушной завесы (рис. 4).

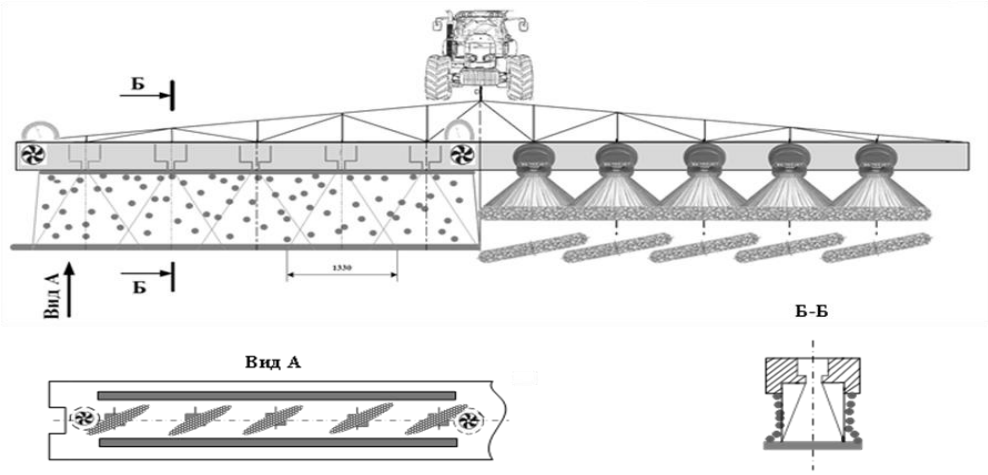


Рисунок 4 – Ветрозащитное устройство комбинированного действия с воздушной завесой

При разработке ветрозащитных устройств принципа сплошного действия с воздушной завесой необходимо продуманно проектировать форму, параметры установки и материал дополнительного устройства. Это позволит смоделировать процесс движения капель рабочего раствора и снизить аэродинамическое сопротивление внешнего воздействия ветра. При такой конструкции воздушная завеса будет иметь преимущества в незначительном увеличении массы, в отсутствии горизонтальных колебаний штанги, механического повреждения посевов и поломки устройств. Поддержка воздухом сплошного действия с двух сторон обеспечит отсутствие осаждения капель на рабочих поверхностях устройства, загрязнения почвы и отсутствия смеси частиц почвы и воздуха. При этом можно добиться более эффективного перераспределения рабочего раствора за счет перенаправленного воздушного внешнего и бокового потоков воздуха. Воздушная завеса будет служит для защиты факела распыла и транспортировки капель, для осаждения на внешней и обратной стороне листовой пластины, а также стебле с равномерным покрытием раствором культуры. Конструкции такого принципа действия позволит дополнительно сэкономить 18-20 процентов рабочего раствора и улучшить качество опрыскивания.

Список использованной литературы

1. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Улыбина Е. И. Теоретическое обоснование равномерности нанесения рабочего раствора на объект воздействия при обработке пропашных культур способом полосового опрыскивания // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 296-305.

2. Гордеенко О. В., Груша Г. А., Крук И. С. Возможность использования воздушных потоков для снижения сноса пестицидов при опрыскивании // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2022. № 1 (21). С. 172-178.

3. Жешко А. А. Снижение экологической нагрузки на окружающую среду за счет равномерного внесения удобрений // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. 2024. № S6. С. 169-172.

4. Клочков А. В., Гордеенко О. В., Груша Г. А. Обоснование параметров ветрозащитного устройства для штанговых опрыскивателей // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2021. № 1 (20). С. 235-240.

5. Крук И. С., Анищенко А. А., Гордеенко О. В., Сорока В. И. Особенности проектирования конструкций ветрозащитных устройств факелов распыла рабочих растворов пестицидов к полевым опрыскивателям // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 4. С. 78-84.

6. Крук И. С., Анищенко А. А., Зубович В. Д., Гордеенко О. В. Перспективные направления снижения потерь пестицидов при опрыскивании // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2024. № 1 (23). С. 212-221.

7. Крук И. С., Гордеенко О. В., Кот Т. П., Маркевич А. Е., Романюк В. Направления повышения качества внесения удобрений в ветреную погоду // Вестник национальной академии. Серия аграрных наук. 2022. Т. 60. № 3. С. 320-331.

8. Крук И. С., Гордеенко О. В., Фен Б., Анищенко А. А. Особенности использования ветрозащитных устройств конструкциях опрыскивателей при обработке зерновых культур // Зернобобовые и крупяные культуры. 2024. № 3 (51). С. 171-180.

9. Улыбина Е. И., Борисенко И. Б., Потапов Ф. П., Крылова Е. А. Анализ ветрозащитных устройств опрыскивателей для эффективного использования пылевидных удобрений // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2025. № 5 (83). С. 522-531.

УДК 631.316.2:635.61/.63

ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ РОБОТИЗИРОВАННОГО КУЛЬТИВАТОРА

[1]Воробьева Н. С., *д-р техн. наук, заведующий кафедрой*
[1]Беляев М. В., *аспирант*
[2]Воробьев К. А., *студент*

[1]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
[2]Волгоградский государственный технический университет
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрена проблематика контроля сорной растительности. Установлено, что традиционные пропашные культиваторы не способны обеспечить полное уничтожение сорняков, поскольку их рабочие органы воздействуют исключительно на междурядья, оставляя сорную флору в пределах ряда. Обоснована необходимость применения низкоэффективных ручных операций по прополке. Для автоматизации данного процесса предложен роботизированный культиватор-полольник, для которого в работе обоснованы основные геометрические и кинематические параметры, проведен численный эксперимент.

Ключевые слова: *сорные растения, роботизированные культиваторы-пропольщики, конструкци культиваторов, рабочие органы культиваторов.*

В ходе выращивания овощных культур одним из ключевых проблем остаётся контроль сорняков в междурядьях и в прикорневой зоне растений. Этот процесс пока что сильно зависит от ручного труда, и его сложность особенно возрастает в периоды, когда из-за экономических или социальных факторов ощущается нехватка работников. Поэтому создание автоматизированных и роботизированных систем для уничтожения сорной растительности является сегодня важной научно-технической задачей. Её цель – увеличить эффективность, снизить энергопотребление и максимально сократить человеческие усилия.

Для эффективной борьбы с сорной растительностью в рядках разработан целый арсенал специализированной техники, в том числе применяется культиватор-полольник междурядий (КПМ) [5], который в нашем исследовании является прототипом (рис. 1), агрегат прополочный универсальный АПУ-2 (рис. 2); полольник гидравлический РН-1 (рис. 3). [6]. Одной из серьезных проблем этих машины является то, что они требует постоянного ручного вмешательства оператора. Механизатору необходимо вручную отслеживать положение растения и регулировать роторы, сдвигая или раздвигая их по мере необходимости, т. е. в данном процессе задействован человеческий труд.

Для борьбы с сорняками методами автоматизации технологических процессов в сельском хозяйстве применяются различные решения, включая роботов. Робот Trabotyx (рис. 4) является одним из таких примеров: он оснащен стереоскопическими камерами для идентификации сорняков и специальным ножом для их уничтожения, при этом его рабочая скорость достигает 360 метров в час [7]. Существуют и более эффективные системы, например, WeedSeeker 2 (рис. 5). Эти системы используют датчики и интеллектуальные алгоритмы для обнаружения сорняков. Оптический сенсор определяет нежелательные растения, а затем система активирует форсунку для точечного распыления гербицидов [8].

Как показал анализ существующих технических средств, в основном все роботизированные машины для уничтожения сорняков являются зарубежными, при этом большая часть разработанных образцов является единичными экспериментальными образцами. Разработка отечественных высокоэффективных роботизированных и автоматизированных машин для технологических процессов растениеводства является актуальной задачей.



Рисунок 1 – Культиватор пололник междурядий КПМ-2



Рисунок 2 – Агрегат прополочный универсальный АПУ-2



Рисунок 3 – Пололник гидравлический РН-1



Рисунок 4 – Робот-пропольщик Trabotyx



Рисунок 5 – Машины для уничтожения сорной растительности WeedSeeker

На основании вышеизложенного разработана конструкция культиватора пололника (рис. 6) [1], которая состоит из рамы 1, опорных колес 2, модуля обработки 3, который состоит двух амортизаторов 6, поворотных рычагов 7, гидромоторов 8, линейных приводов (актуаторов) 9, рабочих органов 10 в виде дисков с прикрепленными к ним пружинными зубьями и защитных щитков 11. На модуле обработки установлена камера системы технического зрения 4, а также блок-системы управления 5. Система управления запитывается от бортовой сети трактора. Гидромоторы подключаются к гидросистеме трактора, в системе установлен дроссель для регулировки оборотов рабочего органа.

Роботизированный культиватор-пололник разработан на базе культиватора КПМ-1. На рисунке 7 представлена расчетная схема, ко-

торая представляет собой рычажный механизм. Для расчета точек крепления линейных приводов принято допущение: при минимальной длине линейных приводов расстояние DD1 больше или равно диаметру рабочего органа [1].

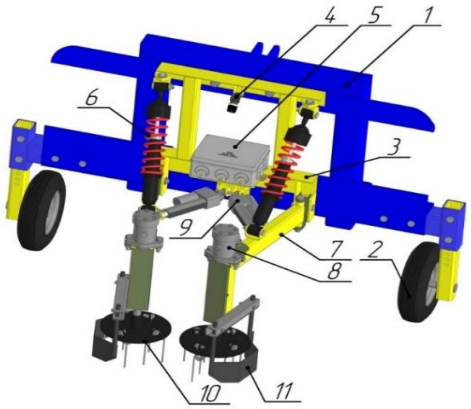


Рисунок 6 – Автоматизированный культиватор-полольник

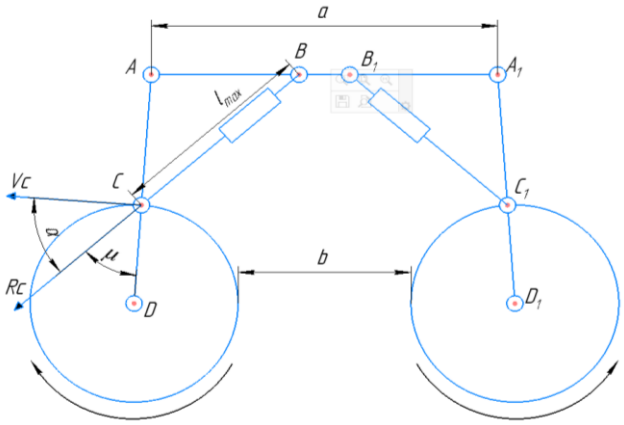


Рисунок 7 – Расчетная схема роботизированного культиватора-полольника

Определение точки крепления актуатора к рычагу (кривошипу) выполнено исходя из условия оценки работоспособности рычажного механизма, которая оценивается углом давления (угол между направлением реакции идеальных связей и скоростью точки приложения этой силы). При $\alpha = \pi/2$ передача движения становится невозможной. Угол давления тесно связан с другим критерием передачи-углом передачи μ [2, 3].

$$\alpha = |\mu - \pi/2|. \quad (1)$$

На угол передачи накладываются следующие ограничения: $|\mu| = \mu(q) \leq \pi - |\mu|$, где $|\mu| = 30 \ldots 45°$-допустимый угол передачи. Из треугольника ABC по теореме косинусов определены точки крепления актуатора C и значения углов μ:

$$AB^2 = AC^2 + BC^2 - 2 \cdot AC \cdot BC \cdot cos(\mu). \quad (2)$$

Проанализировав значения углов α, μ, которые обеспечивают работоспособность механизма (1) (рис. 8, 9) и допущение $DD_1 \geq d$ро, где dро-диаметр рабочих органов, получаем следующие геометрические параметры разрабатываемого культиватора: АС=350 мм (точка крепления актуатора), при этом АА1=700 мм, АВ=240 мм, DD1=225…755 мм, угол μ изменяется от 43˚ до 35, угол α – 54….46.

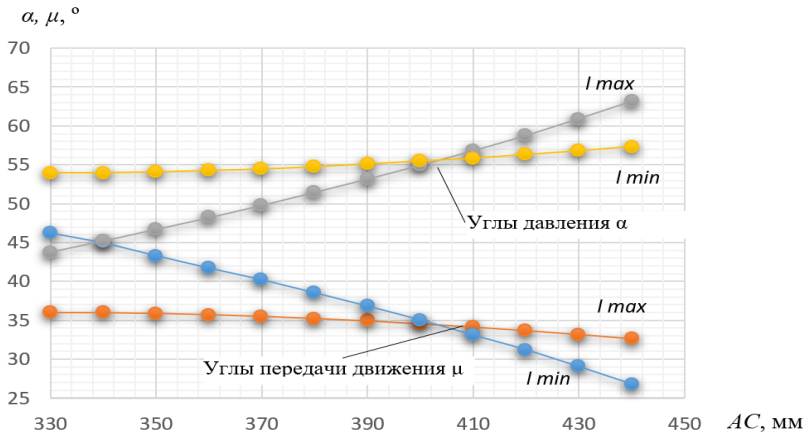


Рисунок 8 – Ряд значений углов давления (α)
и передачи (μ) рычажного механизма

Для обоснования кинематических параметров проведем исследование кинематических режимов работы роботизированного культиватора-полольника с ротационными рабочими органами с вертикальной осью вращения, используя теорию по ротационным почвообрабатывающим машинам и орудиям [4]. Параметрические уравнения движения наиболее удаленной от оси вращения ротора точки M ножа имеют вид;

$$x = V_p t + R \sin \omega t; \quad (3)$$

$$y = R + R \cos \omega t., \quad (4)$$

где ωt – отсчитывают от верхнего вертикального радиуса.

При перекрытии траекторий соседних ножей увеличиваются затраты энергии на работу ротора и распыление почвы, а удаление траектории одного ножа от траектории другого приводит к образованию пропусков в их работе, которые можно исключить. При выполнении технологического процесса прополки активными рабочими органами необходимо соблюдать режимы работы культиватора-полольника, исходя из требуемого кинематического параметра $\lambda = \frac{\omega \cdot R}{V_p}$, где

V_p – поступательная скорость ножа ротора (агрегата), м/с; $\omega \cdot R$ – окружная скорость ножа ротора, м/с.

Для решения поставленной задачи в первом приближении найдем кинематический параметр ротора λ, при котором траектории соседних ножей касаются [1], для этого из уравнения (5) определим число ножей z, при котором образуемые ими циклоиды будут касаться друг друга:

$$z = \pi / (\lambda \sin \arccos \frac{1}{\lambda} - \arccos \frac{1}{\lambda}). \qquad (5)$$

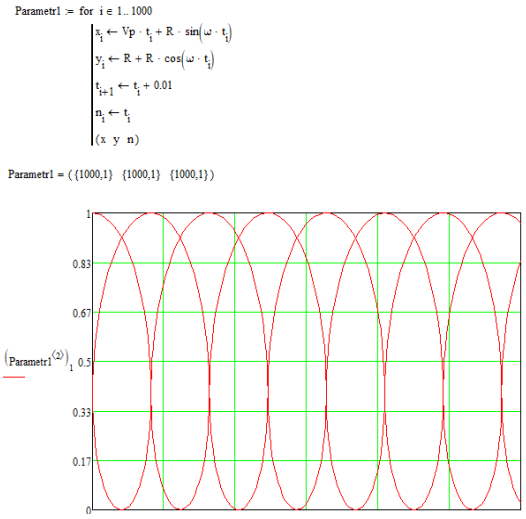
Результаты решения этого уравнения представлены ниже (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты решения уравнения

z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
λ	4,60	2,97	2,40	2,11	1,93	1,80	1,72	1,65	1,60	1,55	1,51	1,48

Численный эксперимент в Mathcad подтверждает достоверность, полученных данных (рис. 9).

Для 1-зуба



Для 8 зубьев

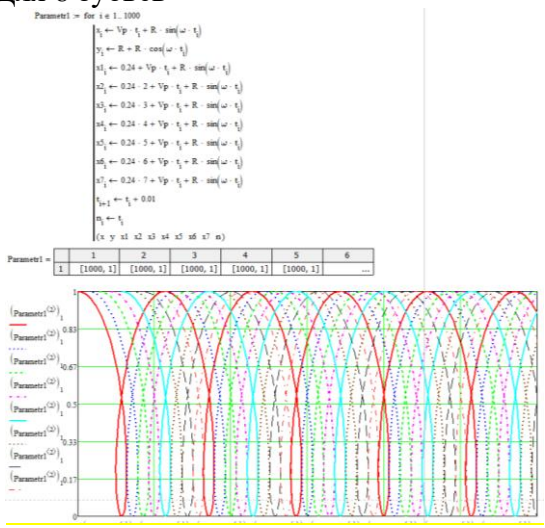


Рисунок 9 – Численное и графическое моделирование в среде MathCAD для 1 и 8 зубьев

Результаты численного эксперимента моделирования кинематических параметров роторной фрезы с вертикальной осью вращения для 1 зуба и для 8 зубьев позволили обосновать следующие кинематические параметры поступательного (переносного) перемещения культиватора и вращательного движения (относительного) рабочего органа – роторной фрезы: скорость культиватора V изменяется от 5 до 7 км/ч, угловая скорость ω изменяется от 12.9 $с^{-1}$ до 25 $с^{-1}$, n – от 123 об/мин до 245 об/мин, при этом кинематический параметр λ=4.6 – 1 зуб, 1,65-8 зубьев. При таких параметрах нет огрехов и нет

перекрытий. Использование предлагаемого роботизированного культиватора позволит автоматизировать трудоемкие операции прополки и снизить затраты при возделывании пропашных культур.

Список использованной литературы

1. Беляев М. В., Воробьева Н. С., Иванов А. Г. Обоснование геометрических параметров роботизированного культиватора-полольника // Известия НВ АУК. 2025. № 6 (84).

2. Брио С., Аракелян В., Глазунов В. А. Условия передачи движения в плоских манипуляторах параллельной структуры // Машиностроение и инженерное образование. 2020. № 3 (24). С. 2-13.

3. Иванов А. Г., Воробьева Н. С., Дяшкин А. В. Обоснование геометрических параметров робота-пропольщика // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2019. № 3 (226). С. 22-25.

4. Канарёв Ф. М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия. М.: Машиностроение, 1983. 142 с.

5. Культиватор прополочник междурядий КПМ "Эко-корректор".

6. Культиваторы для междурядной обработки почвы. https://www.belrusagro.com/techno/catalog/548/3257

7. Trabotyx показал агроробот с индивидуальным механизмом борьбы с сорняками. glavpahar.ru

8. Trimble WeedSeeker 2 система точного опрыскивания для тракторов и другой сельхозтехники.

УДК 631.316.22

ВЛИЯНИЕ БОКОВОГО СЕГМЕНТИРОВАНИЯ ДОЛОТ НА ТЯГОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОПЕРАЦИИ ПО ЧИЗЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ: РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ

Галанский К. В., *аспирант*
Гапич Д. С., *д-р техн. наук, профессор*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Геометрия и форма долот влияет на качество агротехнологической операции по чизелеванию почвы, а также на энергетические затраты для ее выполнения. Для снижения тягового сопротивления чизельного плуга и снижения энергозатрат при выполнении безотвальной обработки почвы, а также для улучшения крошения почвы, были предложены долота с боковым сегментированием. Полевые испытания показали, что применение экспериментальных долот с боковым сегментированием позволяют снизить среднее значения тягового сопротивления чизельного орудия по сравнению с серийным.

Ключевые слова: *чизельное долото, чизельные плуги, рабочие органы плугов, боковое сегментирование долот, энергетические затраты, тяговое сопротивление, безотвальная обработка почвы.*

Конструктивные особенности рабочего органа для безотвальной обработки почвы – чизельного долота и его геометрические параметры, являются одним из главным фактором, влияющие на эффективность агротехнологической операции по чизелеванию почвы. Геометрическая форма долота оказывает влияние на качество крошения почвы при выполнении чизелевания, а также на энергозатраты на данный вид обработки почвы.

Геометрическая форма и конструктивные особенности чизельных долот могут быть различными и определяют до 95 % энергетических затрат на проведения безотвальной обработки почвы [1, 2, 7, 8].

Для снижения тягового сопротивления чизельного плуга при выполнении безотвальной обработки почвы, а также для улучшения крошения почвы, нами были предложены долота с боковым сегментированием [5, 6].

Целью данного исследования является оценка влияния бокового сегментирования долот на тяговое сопротивление при выполнении агротехнологической операции по чизельной обработке почвы.

В качестве объекта исследования выбрано чизельное долото (позиция 4 на рис. 1) к многофункциональному рабочему органу «Ранчо», который входит в состав орудия чизельно-отвальное ОЧО. Многофункциональные плуги серии ОЧО предназначены для отвальной и безотвальной обработок почвы для улучшения их агрегатного состояния, разуплотнения и углубления пахотного горизонта [3].

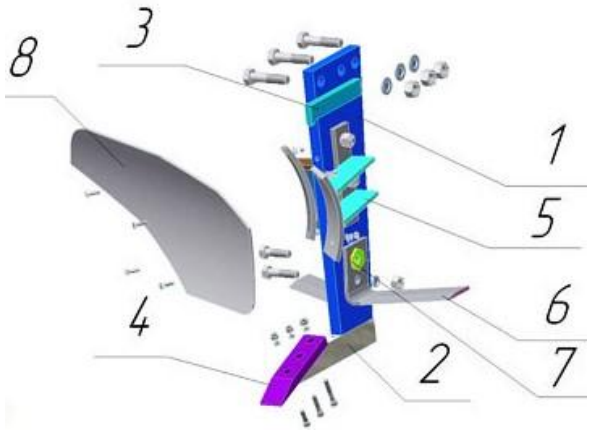


Рисунок 1 – Чизельная стойка «Ранчо»
1 – стойка; 2 – башмак; 3 – горизонтальный упор; 4 – чизельное долото;
5 – опоры; 6 – нож подрезающий; 7 – эксцентрик; 8 – отвал

Для проведения полевых экспериментов были изготовлены чизельные долота с различными исполнениями бокового сегментирования (рис. 2) [3, 4].



Рисунок 2 – Экспериментальные чизельные долота
с боковым сегментированием

Для оценки влияния различных вариантов бокового сегментирования чизельных долот на тяговое усилие, необходимое для проведения технологической операции по чизелеванию почвы, в исследовании изучался параметр – площадь экспериментального сечения, который равен площади проекции поверхности долота, непосредственно взаимодействующего с почвой.

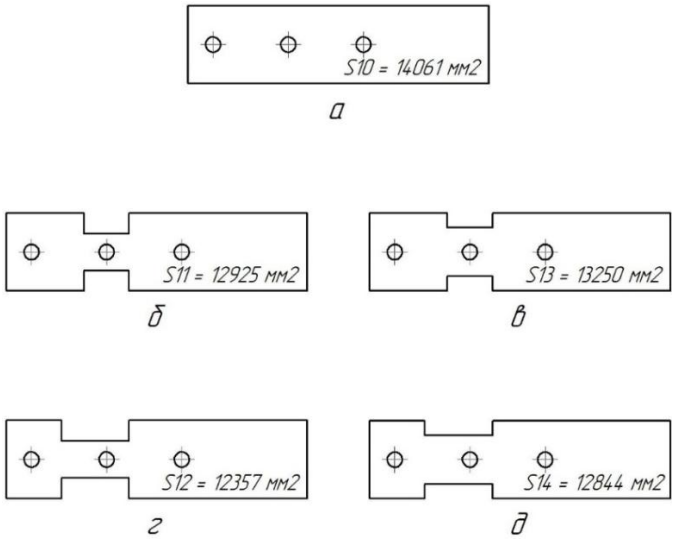


Рисунок 3 – Площади экспериментальных сечений долот
а – долото чизельное стандартное (В10);
б – долото чизельное с боковым сегментированием (В11); в – долото чизельное с боковым сегментированием (В13); г – долото чизельное с боковым сегментированием (В12); д – долото чизельное с боковым сегментированием (В14)

Так же при анализе результатов полевых испытания по оценке влияния различных вариантов бокового сегментирования чизельных доло рассматривался такой параметр, как коэффициент геометрической формы долота. Коэффициент геометрической формы долота – это коэффициент, характеризующий геометрическую форму чизель-

ного долота и равный отношению площади экспериментального сечения долота с боковым сегментированием к площади экспериментального сечения стандартного долота.

В [3, 4] приводится порядок изготовления экспериментальных чизельных долот с боковым сегментированием, подбор установки для проведения полевых тяговых испытаний, выбор оборудования для регистрации параметров работы экспериментального машинно-тракторного агрегата (МТА), а также освещается ход проведения экспериментального чизелевания.

В результате проведения полевых испытаний по оценке влияния бокового сегментирования долот на тяговое сопротивление при выполнении операции по чизельной обработке почвы был получен достаточно большой массив экспериментальных данных. Для обработки массива экспериментальных данных использовалось ПО PowerGraph и MS Excel. После обработки экспериментальных данных результаты свели в таблицу 1.

Таблица 1 – Экспериментальные данные проведения сравнительных полевых испытаний чизельного рабочего органа со стандартными долотами и долотами с боковым сегментированием

Вид долота			Экспериментальные данные	
Наименование долота	Площадь экспериментального сечения, мм^2	Коэффициент геометрической формы долота К	Фактическая скорость чизелевания V, м/с	Тяговое сопротивление R, кН
Долото чизельное стандартное (В10)	14061	1	1,14	2,30
			1,75	2,52
			2,69	2,86
Долото чизельное с боковым сегментированием (В11)	12925	0,919	1,17	1,94
			1,78	2,16
			2,75	2,59
Долото чизельное с боковым сегментированием (В12)	12358	0,879	1,19	1,98
			1,81	2,16
			2,72	2,56
Долото чизельное с боковым сегментированием (В13)	13250	0,942	1,19	2,01
			1,81	2,20
			2,72	2,56
Долото чизельное с боковым сегментированием (В14)	12844	0,913	1,17	2,04
			1,78	2,20
			2,72	2,61

Затем для анализа и интерпретации данных, полученных при проведении полевых испытаний, отобразим на одном графике полученные зависимости тяговых сопротивлений чизельного рабочего органа со стандартным долотом и долотами с разными геометрическими параметрами (боковым сегментированием) от фактической скорости передвижения МТА (рис. 4).

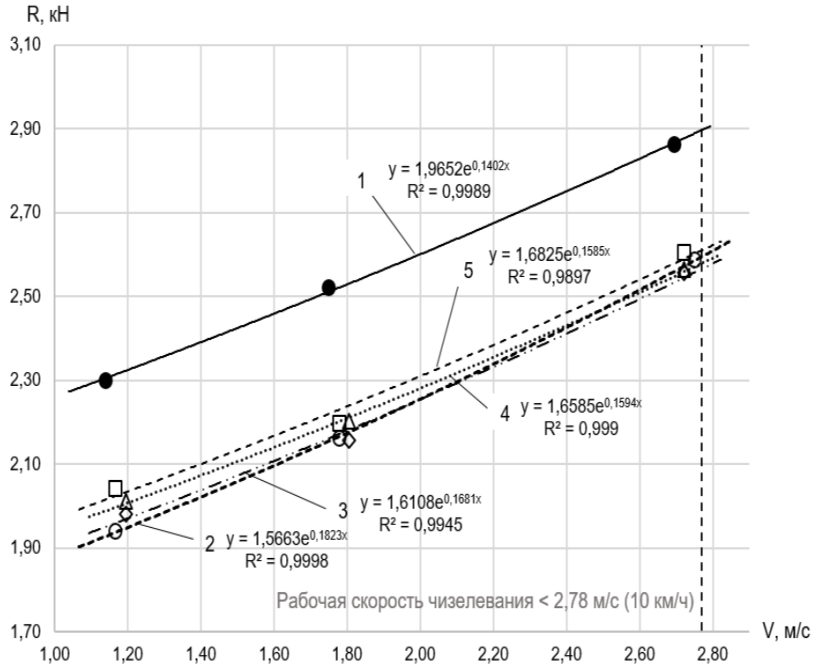


Рисунок 4 – Зависимость тягового сопротивления от скорости долот с разными геометрическими параметрами:
1 – долото чизельное стандартное (В10);
2 – долото чизельное с боковым сегментированием (В11);
3 – долото чизельное с боковым сегментированием (В12);
4 – долото чизельное с боковым сегментированием (В13);
5 – долото чизельное с боковым сегментированием (В14)

Так же для оценки влияния разных геометрических параметров долот на необходимое тяговое усилие для выполнения агротехнической операции по чизелеванию почвы на одном графике сведем зависимости тягового сопротивления рабочего органа от коэффициента К, характеризующую форму чизельных долот (рис. 5).

Анализ данных, представленных в таблице 1 и на графике (рис. 4), полученных при проведении экспериментального чизелевания рабочим органом со стандартным чизельным долотом и долотами с боковым сегментированием, демонстрирует снижение среднего значения тягового сопротивления при применении экспериментальных долот с различными исполнениями бокового сегментирования. Мак-

симальное снижение тягового сопротивления на 11 % происходит при использовании рабочего органа с чизельным долотом с боковым сегментированием (В11) на скорости 1,14 м/с (4,1 км/ч), а минимальное, на 9 % – при использовании рабочего органа с чизельным долотом с боковым сегментирование (В14).

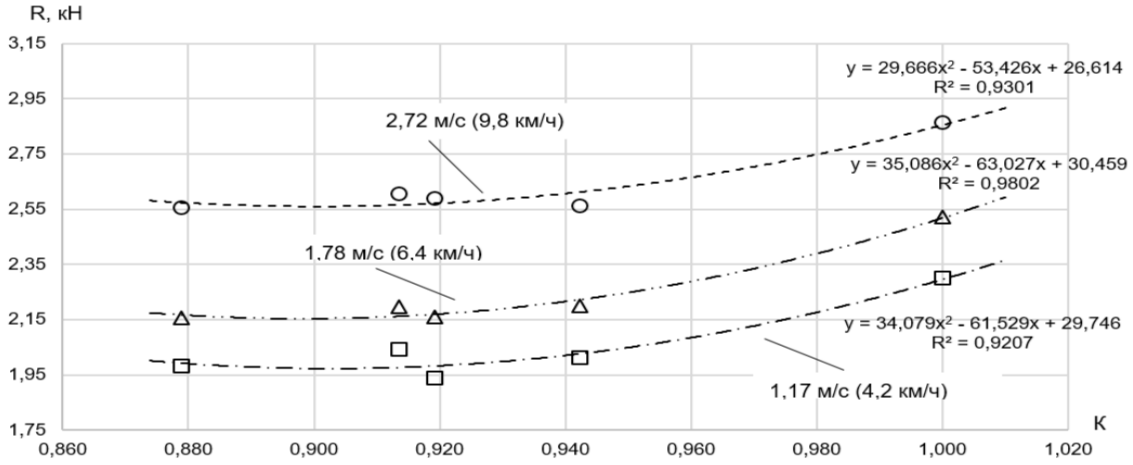


Рисунок 5 – Зависимость тягового сопротивления от коэффициента геометрической формы долота при разных скоростях экспериментального чизелевания

Так же на графике (рис. 4) видно, что при экспериментальном чизелевании на практически максимально допустимой для данного вида технологической операции скорости 2,78 м/с (9,8 км/ч), снижение величины тягового сопротивления на 8-9 % происходит у всех исполнений долот с боковым сегментированием.

Как видно на графике зависимостей тягового сопротивления от коэффициента геометрической формы долота при снижения значении коэффициента К происходит снижение тягового сопротивления рабочего органа с экспериментальными долотами с боковым сегментированием при любой скорости МТА. При этом максимальный эффект достигается при скорости 1,17 м/с (4,2 км/ч).

Список использованной литературы

1. Борисенко И. Б., Пындак В. И., Новиков А. Е. Развитие чизельных почвообрабатывающих орудий и их теоретическое обоснование // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2021. № 2. С. 12-19.

2. Борисенко П. И. Совершенствование технологического процесса чизелевания за счет применения рабочего органа для минимальной обработки почвы с полосным углублением: автореферат диссертации. Волгоград, 2016. 22 с.

3. Галанский К. В., Карсаков А. А., Гапич Д. С. Полевые испытания чизельного рабочего органа со стандартными и улучшенными геометрическими параметрами // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. С. 28-35.

4. Галанский К. В., Карсаков А. А., Гапич Д. С. Экспериментальные исследования чизельного орудия, оснащенного рабочими органами с улучшенными геометрическими характеристиками // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. С. 260-267.

5. Рабочий орган глубокорыхлителя: патент № 2824796 C1 Российская Федерация, МПК A01B 15/02, A01B 13/08. № 2023133655: заявл. 12.12.2023: опубл. 13.08.2024 / И. Б. Борисенко, Д. В. Скрипкин, Д. С. Гапич [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Волгоградский государственный аграрный университет".

6. Рабочий орган глубокорыхлителя: патент № 2831055 C1 Российская Федерация, МПК A01B 13/08, A01B 15/02. № 2024109983: заявл. 11.04.2024: опубл. 29.11.2024 / И. Б. Борисенко, Г. О. Чамурлиев, Д. С. Гапич [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Волгоградский государственный аграрный университет".

7. Снижение тягового сопротивления чизельных орудий / Д. С. Гапич, Ю. А. Швабауэр, С. И. Субботин, Д. С. Губайдулин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 4 (72). С. 398-409.

8. Тяговое сопротивление секции чизельного плуга с рабочими органами различной геометрической формы / С. Д. Фомин, Д. С. Гапич, С. И. Субботин, Ю. А. Швабауэр // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 2 (74). С. 358-367.

УДК 631.312.02:621.78

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ И ХАРАКТЕР ИЗНОСА РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПЛУГА

Грибенченко А. В., *канд. техн. наук, доцент*
Любимова Г. А., *канд. пед. наук, доцент*
Бородушкин Е. С., *аспирант*
Муренко К. В., *магистрант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Отвальная вспашка остается одним из наиболее энергоемких и ответственных этапов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивая создание оптимального водно-воздушного режима и уничтожение сорной растительности. Однако работа почвообрабатывающих агрегатов протекает в условиях интенсивного взаимодействия рабочих органов с почвенной средой, что неизбежно ведет к их абразивному изнашиванию. В связи с этим разработка и внедрение эффективных методов упрочнения рабочих органов имеет высокий научный и практический интерес.

Ключевые слова: *абразивный износ, корпус плуга, отвал плуга, полевая доска, износостойкие сплавы, наплавка износостойких сплавов.*

Проблема износа рабочих органов плуга – лемехов, отвалов и полевых досок – имеет выраженный экономический и технологический характер, так как изменение первоначальной геометрии деталей влечет за собой нарушение агротехнических требований, рост удельного расхода топлива на 15-25 % и существенное снижение производительности машинно-тракторных агрегатов [3, 8].

Интенсивность и характер износных процессов не являются константными величинами и в решающей степени зависят от конкретных условий эксплуатации. Ключевое влияние оказывают физико-механические свойства почв, такие как гранулометрический состав, твердость, абразивная способность и влажность. При этом современные тенденции к повышению рабочих скоростей пахотных агрегатов накладывают дополнительные условия на динамику износа, увеличивая путь трения и кинетическую энергию соударения деталей с почвенными включениями [2]. Несмотря на наличие широкого спектра исследований в области триботехники почвообрабатывающих машин, вопросы количественной оценки влияния переменных факторов среды на ресурсный потенциал конкретных деталей остаются актуальными. Научный интерес представляет не только темп убыли массы металла, но и закономерности изменения формы режущих и формующих поверхностей, определяющих качество крошения и оборота пласта [6, 9].

Таким образом, комплексный анализ влияния эксплуатационных факторов на характер износа является необходимым условием для обоснования выбора конструкционных материалов, методов упрочнения и оптимизации режимов работы плугов в различных почвенно-климатических зонах. Целью данной работы является систематизация и оценка воздействия параметров почвенной среды и технологических режимов на интенсивность разрушения рабочих поверхностей почвообрабатывающих органов для разработки рекомендаций по повышению их эксплуатационного ресурса.

Рабочий корпус плуга представляет собой сложную пространственную систему, геометрия и функциональная ориентация элементов которой определяют качество основной обработки почвы. К основным рабочим органам, непосредственно взаимодействующим с почвенным массивом и подвергающимся интенсивному износу, относятся лемех, отвал, полевая доска, а также вспомогательные элементы – предплужник и нож. Ведущая роль в технологическом процессе принадлежит лемеху, который предназначен для горизонтального подрезания пласта почвы в плоскости дна борозды. Конструктивно лемех испытывает наибольшие удельные давления, так как именно на его долотообразный носок и лезвие приходится основное сопротивление деформации

сжатия и сдвига почвенного монолита. Носок лемеха обеспечивает заглубляемость плуга и стабильность хода по глубине, выполняя функцию направляющего элемента, в то время как лезвие формирует четкий срез и передает подрезанный пласт на поверхность отвала.

При изучении изношенных лемехов, были выявлены наиболее изношенные участки, которые представлены на рисунке 1, это носок лемеха (1), режущая кромка (2) и полевая доска (3). Зоны, подвергающиеся наиболее интенсивному абразивному износу, выделены точками (1 и 2). Носок лемеха, непосредственно контактирующий с почвой, и режущая кромка, отрезающая пласт, являются наиболее уязвимыми участками и определяют ресурс работы всего элемента (1 и 2).

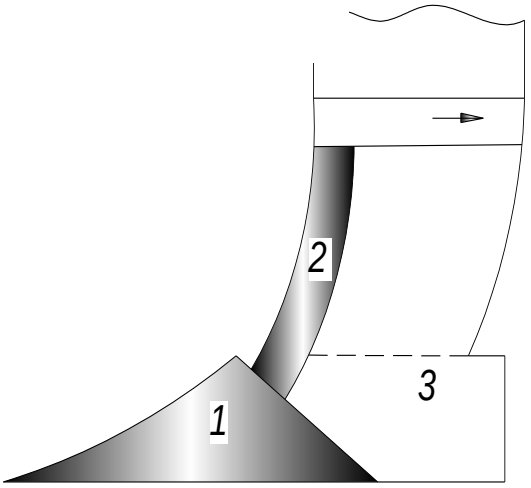


Рисунок 1 – Лемех плуга

Классификация факторов, детерминирующих интенсивность и динамику изнашивания рабочих органов плуга, базируется на системном анализе взаимодействия металла с абразивной почвенной средой, что позволяет разделить их на три основные группы: почвенно-климатические, технологические и конструктивно-технические. Ведущую роль в процессе разрушения поверхностных слоев деталей играют физико-механические свойства почвы, среди которых определяющим параметром является её абразивность. Данный показатель напрямую коррелирует с гранулометрическим составом и концентрацией твердых минеральных включений, в частности свободного кварца, твердость которого значительно превышает твердость большинства конструкционных сталей [3].

Технологические факторы эксплуатации определяются параметрами настройки машинно-тракторного агрегата и режимами его работы. Одним из наиболее критических факторов здесь является рабочая скорость движения. Увеличение скорости вспашки приводит к

резкому возрастанию пути трения и динамических нагрузок, при этом интенсивность износа зачастую пропорциональна квадрату скорости, что объясняется ростом кинетической энергии почвенного потока и частоты соударений с каменистыми включениями [2].

Конструктивно-технические факторы включают в себя как характеристики самих деталей – химический состав металла, технологию термической обработки, микроструктуру и твердость поверхностного слоя, – так и геометрические параметры рабочих органов. Износостойкость существенно зависит от формы носка лемеха, угла крошения и наличия упрочняющих наплавок.

Механизм изнашивания рабочих органов плуга представляет собой сложный процесс поверхностного разрушения металла, протекающий в условиях постоянного трения о почвенную массу, которая выступает в роли многофазной абразивной среды. Основным видом деструкции является абразивный износ, проявляющийся в форме микрорезания и пластического деформирования поверхностных слоев металла твердыми минеральными частицами почвы, в частности кристаллами кварца. Наиболее интенсивному и многогранному разрушению подвергается лемех, как наиболее нагруженный элемент конструкции. Характер его износа выражается в постепенном затуплении лезвия, уменьшении его ширины и изменении профиля носка [9]. В процессе эксплуатации на нижней стороне лемеха в зоне носка образуется так называемая «затылочная фаска», наличие которой резко увеличивает тяговое сопротивление и препятствует стабильному заглублению плуга. При работе на тяжелых и каменистых почвах абразивное истирание дополняется ударно-механическими повреждениями, приводящими к выкрашиванию режущей кромки, изгибам и появлению трещин, что свидетельствует об абразивно-хрупком характере разрушения.

Износ отвала характеризуется выраженной неравномерностью по его площади, что обусловлено траекторией движения почвенного пласта и распределением нормальных давлений. Наибольшая интенсивность истирания наблюдается в зоне груди отвала, которая первой принимает на себя поток почвы после лемеха. Здесь преобладает гидроабразивный механизм (при высокой влажности) или интенсивное сухое трение, приводящее к постепенному уменьшению толщины листа [6, 10]. На крыле отвала износ менее интенсивен, однако здесь часто наблюдается явление полирующего износа, который, несмотря на сохранение гладкости поверхности, ведет к критическому истончению металла. Характерной особенностью износа отвалов является также локальная эрозия в местах болтовых соединений, где возникающие турбулентные потоки почвенных

частиц ускоряют вымывание металла.

Полевая доска изнашивается вследствие постоянного скольжения по стенке борозды, что предопределяет плоскостной характер её истирания. В данном случае износ проявляется в уменьшении толщины и высоты доски, особенно интенсивно со стороны её заднего конца и нижней кромки, контактирующей с дном борозды. Это ведет к потере опорной способности детали и перекосу всего корпуса плуга в горизонтальной плоскости. Таким образом, совокупный характер износа рабочих органов плуга сочетает в себе линейное истирание, потерю массы и деформацию геометрических параметров, что в конечном итоге приводит к полной потере работоспособности деталей при достижении ими предельного состояния.

Трансформация геометрических параметров рабочих органов вследствие износа оказывает деструктивное влияние на весь спектр эксплуатационно-технологических показателей машинно-тракторного агрегата (МТА), переводя его работу из оптимального режима в энергозатратный и низкоэффективный. Ключевым негативным последствием является резкое возрастание тягового сопротивления плуга, которое в значительной степени определяется состоянием режущей кромки лемеха. При затуплении лезвия и образовании затылочной фаски со стороны дна борозды процесс резания почвы замещается процессом её смятия и деформирования, что увеличивает силу сопротивления движению на 30-50 % по сравнению с работой новыми деталями [8]. Рост тягового усилия неизбежно ведет к увеличению буксования движителей трактора, что снижает фактическую рабочую скорость и, как следствие, приводит к падению производительности агрегата в среднем на 15-20 %.

Прямым следствием повышения сопротивления и снижения коэффициента полезного действия (КПД) агрегата является существенный рост удельного расхода топлива. Избыточные затраты энергии на преодоление трения затупленных поверхностей и нерациональную деформацию почвенного массива приводят к тому, что расход горючего на один гектар обработанной площади может возрастать на 20-30 %, что критически сказывается на себестоимости сельскохозяйственной продукции [8]. Кроме того, износ оказывает решающее воздействие на агротехнические показатели качества вспашки. Утрата лемехом способности к самозаглублению и нарушение устойчивости хода полевой доски по стенке борозды провоцируют значительную неравномерность глубины обработки. Изношенный отвал не обеспечивает требуемой степени крошения и полного оборота пласта, что приводит к некачественной заделке растительных остатков и сорняков, создавая неблагоприятные условия для последующих этапов технологического цикла.

Дополнительный негативный эффект проявляется в нарушении стабильности движения МТА в горизонтальной плоскости. Неравномерный износ корпусов и полевых досок вызывает появление боковых усилий и изгибающих моментов, которые вынуждают механизатора постоянно корректировать направление движения, увеличивая нагрузку на рулевое управление и ходовую часть трактора. В конечном итоге, эксплуатация плуга с изношенными рабочими органами ведет к ускоренному расходу ресурса двигателя и трансмиссии трактора, а также к необходимости проведения дополнительных операций по выравниванию поля. Таким образом, влияние износа выходит за рамки простого разрушения металла, становясь системным фактором, снижающим общую энергетическую эффективность и экологическую безопасность почвообработки.

Повышение износостойкости и продление эксплуатационного ресурса рабочих органов плуга является приоритетной задачей агроинженерной науки, решение которой требует комплексного подхода, сочетающего применение инновационных материалов, передовых технологий упрочнения и оптимизацию конструктивных параметров. Одним из наиболее эффективных направлений в данной области является переход от использования традиционных углеродистых и марганцевых сталей к высокопрочным боросодержащим сталям (например, 30MnB5). Легирование бором в сочетании с объемной или дифференцированной термической обработкой позволяет достичь оптимального баланса между твердостью поверхности (до 50-55 HRC) и вязкостью сердцевины, что минимизирует риск хрупкого разрушения при столкновении с каменистыми включениями [4]. Важное значение имеет применение индукционной закалки, обеспечивающей создание упрочненного слоя именно в зонах максимального износа – на носке и вдоль режущей кромки лемеха, а также в области груди отвала.

Широкое распространение в практике ремонта и производства получили методы наплавки износостойких сплавов, таких как сормайт, релит или порошковые композиции на основе карбидов вольфрама. Нанесение наплавочного слоя на тыльную сторону лезвия лемеха позволяет реализовать эффект самозатачивания: за счет разности скоростей износа основного металла и твердого сплава в процессе работы постоянно поддерживается минимальный радиус кривизны режущей кромки. Это не только продлевает срок службы детали в 2-3 раза, но и стабилизирует тяговое сопротивление плуга [1, 7]. Перспективным методом является также плазменное и лазерное упрочнение, которые позволяют формировать на поверхности деталей структуры с экстремально высокой микротвердостью и износостойкостью при минимальном термическом воздействии на основной массив металла [5].

Помимо металлургических и технологических методов, значительный ресурс кроется в совершенствовании геометрии и конструктивного исполнения деталей. Применение сменных долот и оборотных лемехов позволяет многократно использовать ресурс основной части детали, заменяя лишь наиболее интенсивно изнашиваемые элементы. Наконец, важным фактором продления ресурса остается внедрение новых технологий повышения износостойкости рабочих органов. Актуальность перехода от локального упрочнения отдельных компонентов к комплексному подходу, направленному на создание равнопрочного по износу узла [4]. Такой подход предполагает, что все основные рабочие органы (лемех, отвал, полевая доска) будут иметь сопоставимый и синхронизированный ресурс, что позволит максимально продлить срок службы всего плужного корпуса до его плановой замены.

Проведенный анализ влияния условий эксплуатации на интенсивность и характер износа рабочих органов плуга позволяет сделать ряд обобщающих выводов, имеющих как теоретическое, так и практическое значение для агроинженерной сферы. Установлено, что износ деталей почвообрабатывающих машин является сложным физико-механическим процессом, протекающим под определяющим воздействием абразивных свойств почвенной среды и технологических режимов работы. Ключевым фактором, детерминирующим темпы разрушения металла, выступает гранулометрический состав почвы и концентрация твердых минеральных включений, в частности свободного кварца, при этом интенсивность истирания существенно возрастает при повышении рабочих скоростей агрегата и отклонении влажности почвы от оптимальных значений.

Характер износа основных деталей – лемехов, отвалов и полевых досок – проявляется не только в потере их массы, но и в критической трансформации первоначальной геометрии. Образование «затылочной фаски» на лемехах и истончение груди отвала приводят к резкому снижению эксплуатационных характеристик машинно-тракторного агрегата. Как показало исследование, использование изношенных рабочих органов влечет за собой рост тягового сопротивления до 50 %, увеличение удельного расхода топлива на 20-30 % и существенное ухудшение качества вспашки, выражающееся в нарушении стабильности глубины хода и неполном обороте пласта.

Для минимизации негативного влияния эксплуатационных факторов необходимо внедрение комплексной стратегии повышения износостойкости. Наиболее перспективными направлениями являются применение комплексного упрочнения, направленного на создание равнопрочного по износу узла, использование технологий наплавки износостойких сплавов с реализацией эффекта самозатачивания. В сочетании с точной настройкой агротехнических параметров и своевре-

менным техническим обслуживанием данные меры позволяют значительно продлить ресурс рабочих органов, повысить энергетическую эффективность почвообработки и снизить себестоимость сельскохозяйственной продукции.

Список использованной литературы

1. Апатенко А. С., Пындак В. В. Совершенствование технологии упрочнения лемехов плугов для работы в условиях абразивного изнашивания // Вестник аграрной науки. 2022. № 4 (97). С. 82-88.

2. Артемьев В. Г., Еремин Н. В. Исследование динамики износа режущих кромок почвообрабатывающих машин в зависимости от скорости движения МТА // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т. 15. № 2. С. 44-51.

3. Беляев Е. А., Хакимов И. Р. Оценка влияния физико-механических свойств почв на долговечность рабочих органов плугов // Тракторы и сельхозмашины. 2023. № 1. С. 15-23.

4. Грибенченко А. В., Бородушкин Е. С. Технология повышения абразивной износостойкости стальных деталей рабочих органов плуга // Агропродовольственная политика России. 2025. № 3 (116). С. 25-31.

5. Ерохин М. Н., Казанцев С. П. Перспективные материалы и технологии повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающих машин // Инновации в сельском хозяйстве. 2024. № 1 (48). С. 112-120.

6. Коломейченко А. В., Кузнецов И. С. Восстановление и упрочнение деталей плугов методами электромеханической обработки // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2023. № 8. С. 34-39.

7. Михальченков А. М., Тюрева А. А. Распределение абразивного износа на поверхностях отвалов в зависимости от типа почв Нечерноземья // Агроинженерия. 2021. № 3 (103). С. 58-64.

8. Овчинников В. А. Оптимизация параметров наплавки для создания самозатачивающихся лемехов плуга // Научное обозрение. Технические науки. 2024. № 2. С. 45-50.

9. Пархоменко Г. Г., Камбулов С. И. Энергосберегающие технологии обработки почвы: влияние технического состояния рабочих органов на расход топлива // АПК России. 2022. Т. 29. № 3. С. 312-318.

УДК 629.3.014.2+631.3

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ НА РАБОТУ МТА

Коновалов И. П., *аспирант*
Косульников Р. А., *д-р техн. наук, доцент*
Коновалов П. В., *канд. техн. наук, доцент*
Олейников Р. Н., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены возможности улучшения техники для снижения нагруженности и ее динамических колебаний при работе МТА. Культиваторная лапа с меньшим углом атаки и рыхлительными элементами позволяет снизить сопротивление почвы и ее колебания без снижения качества работы. Модернизация навески трактора упругим элементом снижает динамическую нагруженность МТА.

Ключевые слова: *навеска тракторов, рабочие органы тракторов, колебания нагрузки, эксплуатация МТА.*

Техника в сельском хозяйстве развивается в различных направлениях. Ключевым фактором влияющим на развитие техники по итогу является себестоимость продукции, которая зависит от вложений средств. Направлений развития и их влияния различны. Возможно влияние на качественные показатели, а так же на количественные. При создании, модернизации и развитии сельскохозяйственной техники возможно как повышение эффективности, так и качества работ. Часто данные факторы противоречат друг другу, то есть повышение производительности машинно-тракторного агрегата (МТА) за счет увеличения скорости его движения снижает качественные показатели обработки почвы. Это происходит из-за значительных изменений параметров работы почвообрабатывающего сельскохозяйственного агрегата. При работе рабочего органа почвообрабатывающего орудия из-за неоднородности почвы происходит постоянные колебания его сопротивления. При увеличении скорости движения МТА происходит рост среднего сопротивления почвы рабочим органам сельскохозяйственной машины. При этом так же происходит и увеличение колебаний от сопротивления почвы рабочего органа. Часто рост колебаний сопротивления рабочего органа растет значительней, чем прирост среднего значения. То есть не только повышение нагрузки, но и значительные ее колебания в виде динамических изменений вносит значительный вклад. В итоге из-за повышения скорости начинают не соблюдаться агротехнические требования, что значительно снижает качественные показатели снижая урожайность культур.

Рост скорости движения МТА ведет к росту сопротивления сельхозмашины и не только росту нагрузки, но и динамической нагруженности трактора от колебания крюкового усилия. Усилия по снижению сопротивления от сельхозмашины позволяют обойти данные ограничения. Но также и усилия по снижению колебаний нагрузки дают значительные результаты, снижая энергоемкость процессов обработки почвы.

Поэтому имеются направления модернизации сельскохозяйственной техники направленные на создание принципиально новых рабочих органов сельхозмашин с пониженным сопротивлением почвы. Совершенствование рабочих органов сельскохозяйственных орудий имеет большое значение, так как позволяет напрямую влиять на качество и эффективность работ. Для снижения сопротивления сельхозмашины используются активные рабочие органы, так как почва разрушается с меньшим сопротивлением. Модернизация рабочего органа за счет его вибрации позволят добиться такого результата. Принудительные колебания рабочего органа позволят повысить производительность почвоо-

брабатывающего орудия [2, 9]. Для создания вибрации упругозакрепленный орган чизель-культиватора 3 (рис. 1) модернизируется эксцентриком 4, вращающимся от мотора. Лапа совершает возвратно-поступательное движение по ходу движения и разрушает почву.

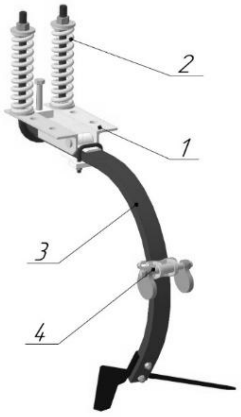


Рисунок 1 – Активный орган чизель-культиватора:
1 – опора; 2 – пружины; 3 – стойка; 4 – эксцентриковый груз

Снижение сопротивления машины происходит за счет более низкого сопротивления разрушения почвы за счет вибрации.

Возможно и снижение сопротивления работы сельскохозяйственной машины за счет перехода на другой вид обработки. При отвальной обработке почвы сопротивление машины значительно, поэтому добиться его снижения возможно в основном только при переходе на безотвальную обработку. При применении плоскореза относительно отвального плуга сопротивление значительно снижается. При этом чтобы добиться разрушения верхнего слоя требуется дополнительные операции. Создание комбинированных агрегатов снижает общее сопротивление машины и повышает производительность. Отвальную обработку возможно заменить совмещением плоскорезной обработки с дискованием, при этом значительно снизится сопротивление обработки почвы [3]. К плоскорезу 1добавлена батарея тяжелых борон 2 (рис. 2).

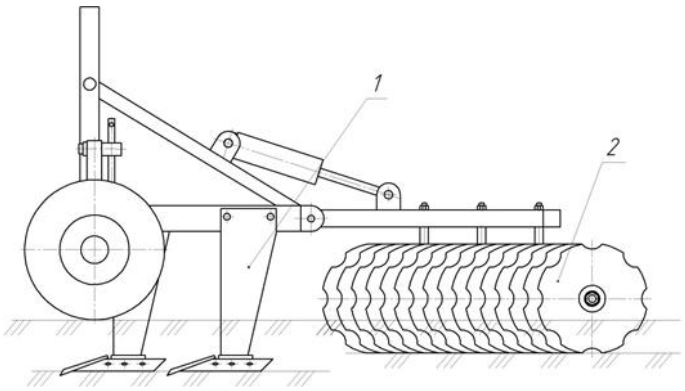


Рисунок 2 – комбинированная машина:
1 – плоскорез-глубокорыхлитель; 2 –дисковая борона

Применение комбинированной машины относительно оборотного плуга позволило повысить производительность на 8-25 % и улучшить расхода топлива до 18 %. [4]. Комбинированная машина совмещает операции, снижает сопротивление машины.

Увеличение скорости движения МТА ведет не только к увеличению сопротивления рабочих органов сельхозмашины, но и снижению качества работы. Например, при культивации от повышения скорости движения почва будет фонтанировать и переворачиваться, изменится глубина обработки. При этом глубина обработки будет иметь так же большие колебания. Поэтому необходимо снизить угол атаки и высоту подъема почвы. Однако при таких конструктивных изменениях рабочий орган уже не будет достаточно крошить почву при малой скорости движения агрегата. Так же при увеличении влажности почвы из-за небольших углов атаки рабочего органа культиватора возможно схождение пласта почвы с рабочего органа пластом с незначительным его дроблением.

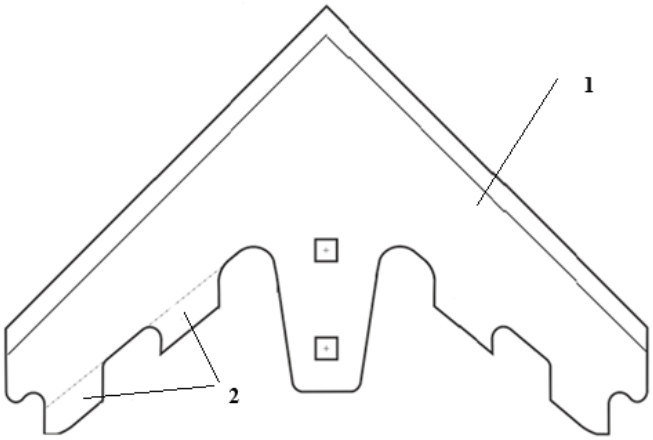


Рисунок 3 – Рабочий орган культиватора
1 – лапа культиватора, 2 – рыхлительные элементы

Примером модернизации рабочего органа для снижения его сопротивления и его колебаний, без снижения качества работы может служить следующая разработка. На рисунке 3 изображена лапа культиватора, включающая носок переходящий через грудь в хвостовик, боковые крылья с режущими кромками и расположенные на крыльях параллельно продольной оси лапы 1 и со смещением назад относительно режущих кромок крыльев рыхлительные элементы 2 в виде пазов. В плоскости боковых крыльев по тыльной кромке выполнены рыхлительные элементы в виде продольных пластин шириною и с равным шагом и на длину половины ширины пластины, образуя внешнюю грань параллельно плоскости тыльной кромки крыльев.

Рабочий орган культиватора для поверхностной обработки почвы работает следующим образом. На первоначальном этапе до резанья лезвием лапы почвы происходит предварительное смещение почвы вперед по ходу движения, заставляя слои почвы перед лапой сжиматься и смещаться, что уже приводит частичное ее крошение. Далее на втором этапе происходит резанье почвы и ее смятие при основном перемещении по поверхности лапы вверх и вперед. На заключительном этапе при сходе почвы с лапы происходить дополнительное крошение почвы. При сочетании снижения угла атаки рабочего органа позволит снизить сопротивление орудия и его колебания, а добавление рыхлительных выступов позволит повысить до необходимого уровня крошение почвы из-за его снижения от малого угла атаки.

При обработке почвы одним из показателей качества обработки почвы является ее крошение до 25 мм не менее 80 %. Значительно на данные показатели влияет влажность почвы. При работе рабочего органа культиватора происходит образование бороздок, отклонение от идеального крошения, что вызывает создание и вынос ближе к поверхности почвы малых эрозионно-опасных частиц н снижает качество обработки почвы на культивации. Работы, связанные с противоэрозионной борьбой и сохранением влаги, остаются актуальными [1].

Значительное изменение нагрузки МТА в конечном счете сказывается на возможности трактора преодолевать их и приспосабливаться к данным изменениям. При эксплуатации тракторов из-за колебаний нагрузки рекомендуют выбирать режим работы с недогрузкой 10 % по мощности, что снижает его загрузку. Использование двигателей, имеющих лучшее приспособление к изменяющейся нагрузке, таких как двигателей с плавной характеристикой и двигателей постоянной мощности (ДПМ), позволяет увеличить загрузку двигателя и снизить расход топлива [5, 6, 7]. Коэффициент приспособления для ДПМ составляет 1,47, против серийного двигателя – 1,15. Для колесного МТА класса 1,4 падение мощности из-за колебаний нагрузки и недогрузки двигателя доходит до 20 %, однако практически отсутствует у ДМ. Совершенствование конструкции и режимов работы двигателя позволяет непосредственно влиять на его загрузку и расход топлива. При этом снижение динамической нагруженности МТА не происходит.

Работы, направленные на снижение не только среднего значения нагруженности МТА, но и ее динамического изменения в виде колебаний снижают энергозатраты при работе. Примером служат работы направленные на использование упругих элементов. У сельскохозяйственных агрегатов характеристики трактора оказывают значительное влияние на его энергоэффективность. Поэтому использование упругих элементов в тракторе позволяет универсально повышать эффективность работ любых МТА. В тракторе нагрузка воспринимается от

сельхозмашины через гидронавесную систему. При модернизации навесной системы с использованием упругого устройства, позволяющей гасить пиковые нагрузки от сопротивления сельхозмашины позволит накопить энергию и при дальнейшем движении использовать ее. Улучшение конструкции навески пневмогидравлическим аккумулятором, накапливающим энергию от гидроцилиндра 10 в навеске, воспринимающим нагрузку с сельхозмашины, представлено на рисунке 4 [8].

Данная конструкция позволит снизить пиковые нагрузки на трактор и повысит к.п.д. за счет накопленной пиковой энергии. Для возможности перемещения навески используются дополнительные тяги 1, 2 и шарниры 3, 12. Энергоэффективность модернизации навески трактора составила по расходу топлива до 8 %, а снижение пиковых нагрузок снизило буксование и увеличило производительность до 12 %.

Поэтому проведя анализ, можно сказать, что модернизация, совершенствование и создание новых видов техники позволяют повысить эффективность ее работы.

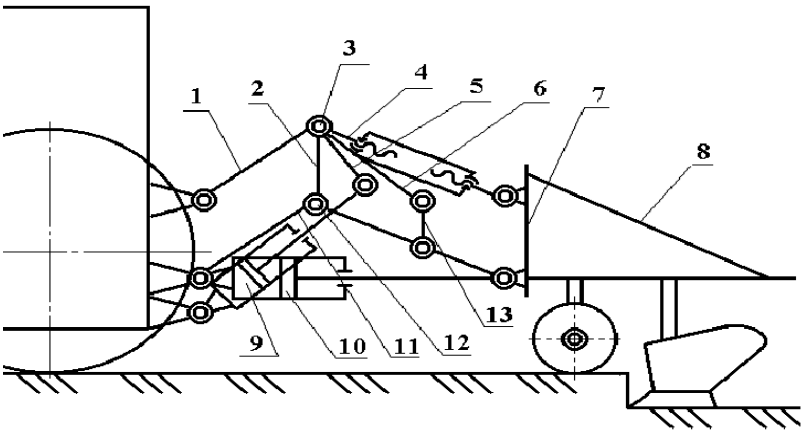


Рисунок 4 – Гидронавесная система трактора с упругим элементом:
1, 2, 4, 5, 6, 11, 13, 14 – тяги навесной системы, 3, 12 – шарниры,
7 – сцепка, 8 – сельскохозмашина, 9, 10 – гидравлические цилиндры

Список использованной литературы

1. Влияние основной обработки почвы на агрофизические показатели чистого пара / И. Б. Борисенко, О. Н. Роменская, М. С. Дадыкина, В. О. Прокофьева // Научные достижения и инновационные технологии в АПК: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2024. С. 31-37.

2. Проблемные вопросы повышения энергоэффективности МТА с упруго закрепленными рабочими органами / Д. С. Гапич, В. А. Эвиев, Р. А. Косульников, С. А. Чумаков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 312-318.

3. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат: пат. 2611150 Рос. Федерация: МПК: A01B 49/02; A01B 73/04; A01B 21/08 / А. И. Ряднов, С. В. Бондарев; заявитель и патентообладатель: Волгоградский государственный аграрный

университет. № 2015146245; заявл. 27.10.2015; опубл. 21.02.2017, Бюл. № 6.

4. Коновалов П. В., Косырева Н. Н., Бондарев С. В. Преимущества использования комбинированного агрегата для основной обработки почвы на базе плоскореза // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО: материалы международной научно-практической конференции. Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2014. С. 88-91.

5. Коновалов П. В., Попов А. Ю. Обоснование степени дефорсирования серийного двигателя до ДПМ для повышения эффективности работы МТА // Научное обеспечение национального проекта "Развитие АПК": материалы научно-практической конференции. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2008. С. 233-236.

6. Оптимальное дефорсирование серийного двигателя трактора класса 1,4 до режима ДПМ / Н. Г. Кузнецов, А. П. Сергеев, П. В. Коновалов, А. Ю. Попов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 6. С. 22-24.

7. Особенности улучшения работы машинно-тракторного агрегата за счет снижения колебания нагрузки / Д. Д. Нехорошев, П. В. Коновалов, А. Ю. Попов, Д. А. Нехорошев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 345-351.

8. Повышение эффективности работы колёсного трактора за счет снижения буксования в составе сельскохозяйственного машинно-тракторного агрегата путем применения упругой связи в навеске / П. В. Коновалов, А. Ю. Попов, Д. Д. Нехорошев, Д. А. Нехорошев // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2018. С. 157-161.

9. Теоретическое обоснование размещения виброгенератора на стойке культиватора / Д. С. Гапич, Р. А. Косульников, С. Д. Фомин, А. А. Карсаков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 3 (71). С. 424-438.

УДК 631.331.024.2:621.789

СЕКЦИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОРУДИЯ ДЛЯ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ

Кошенсков Ю. С., *аспирант*
Моторин В. А., *д-р техн. наук, профессор*
Любимова Г. А., *канд. пед. наук, доцент*
Апалько В. А., *магистрант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Исследования проведены в рамках НИР Минобрнауки РФ «Разработка ресурсосберегающих машин для возделывания сельскохозяйственных культур и систем рационального использования агробиоценозов на основе инновационных цифровых технологий в условиях рискованного земледелия для получения экологически чистых продуктов переработки растительного сырья».

Аннотация. Разработана секция почвообрабатывающего орудия для междурядной обработки картофеля с целью повышения урожайности картофеля за счет агротехники с внедрением технологии подрезки корневой системы в гряде при совмещении с операцией междурядной обработки.

Ключевые слова: *рабочие органы чизельных орудий, повышение износостойкости долот чизельного плуга, рабочие органы из чугуна.*

Подрезка боковых корней картофеля увеличивает площадь соприкосновения корневой системы с почвой за счет новых мельчайших ответвлений, что улучшает поступление питательных веществ и повышает урожайность.

Урожайность сельскохозяйственных культур ограничивается естественным плодородием почвы, климатических ограничений и физических законов, таких как закон совокупного действия факторов, где эффект от одного фактора снижается без улучшения других (например, удобрения без полива). Преодоление этого предела требует комплексных решений, таких как генетическая селекция, улучшение агротехники и использование новых технологий, а также мелиорация и борьба с эрозией, чтобы выйти за рамки существующих ограничения.

Существует щелерезная почвообрабатывающая машина, содержащая опорную конструкцию, активные щелерезы и предохранительный кожух. На дополнительной раме расположены секции приводных щелерезов с независимыми подрессоренными креплениями и очистителями.

Секции активных щелерезов представлены сменными плоскими дисками с вырезами. С обеих сторон дисков радиально закреплены выравнивающие элементы, уплотнители стенок и дна борозды. Выравниватели выполнены в виде круглых прутков, а уплотнители – в форме опорных башмаков в виде трехгранных клиньев с изогнутыми основаниями. Кожух выполняет функцию выравнивателя. (Подезная модель RU № 128817, опубликован 10.06.2013).

В технологии почвообработки известно устройство для обрезки корневой системы кулис, состоящее из стоек, реализованных в виде щелевых рыхлителей с дренажными элементами на концах. Стойки объединены подрезающим компонентом, расположенным над дренерами. Сферические диски с выемками на части рабочей поверхности по окружности установлены выше. Отношение высоты выемки к диаметру диска составляет 0,33…0,17, а отношение длины выемки к длине окружности варьируется в пределах 0,40…0,08. Рабочие поверхности дисков ориентированы в сторону кулисы навстречу друг другу. Отличительной особенностью является крепление каждого диска шпоночным соединением на соответствующем валу, который расположен в подшипниковых опорах стоек. Валы дисков взаимосвязаны посредством цепных передач и контрвала, установленного над ними на раме в подшипниковых опорах. Вырезы на дисках смещены относительно друг друга на 180 градусов, если смотреть сбоку (Полезная модель RU № 207540, опубликован 01.11.2021).

Также известен рабочий элемент агрегата для безотвальной обработки почвы, включающий стойку и закрепленную на ней плоскорежущую лапу. Рабочая поверхность лапы имеет двойную выпуклость: отрицательную в подрезающей области и положительную в рыхлящей области. Лапа оснащена радиально расположенными ножами, один из которых находится в зоне продольной оси лапы, а остальные, выполненные в виде зубчатых дисков, расположены в зоне середины крыльев лапы. Радиальный нож, установленный в зоне продольной оси лапы, представляет собой стабилизатор-рыхлитель с возможностью совершения автоколебаний в вертикальной плоскости за счет упругих элементов. Другие ножи выполнены в виде зубчатых гофрированных дисков (турбодисков) и располагаются за лапой в зоне середины ее крыльев (Полезная модель RU № 2370351, опубликован 17.01.2017).

Существует способ подрезки корней молодых растений и устройство для его реализации, включающее одновременную обрезку горизонтальных и вертикальных корней. Подрезка корней выполняется наклонно с обеих сторон ряда растений, формируя треугольный профиль корневого кома. Устройство состоит из рамы, опорных колес и подрезающих ножей, установленных попарно под углом друг к другу со смещением вдоль продольной оси рамы и регулируемых по высоте. В каждой паре ножей один из них заглубляется больше, чем другой (Патент RU № 2646884, опубликован 12.03.2018).

Устройство для подрезки корневой системы растений содержит раму, режущий элемент (нож), держатели ножа, соединительный элемент, опорные колеса с регулируемой высотой. Для увеличения производительности, держатели ножа изготовлены в форме пластин, их внутренние поверхности расположены под определенным углом к горизонтальной плоскости и направлению движения устройства. Угол между внутренней стороной держателя и вектором движения находится в диапазоне от 15 до 45 градусов. (Патент RU № 2097953, опубликован 10.12.1997).

Комбинированный агрегат для обработки почвы, включающий клиновидную опору, к которой сзади прикреплен тукопровод. В нижней части конструкции расположены лемехи, а перед опорой, соосно ей, установлен вертикальный дисковый нож. Под лемехами находится распределительный тукопровод, соединенный с основным, имеющий отверстия для внесения удобрений в разрыхленную землю. Направляющие лопатки, регулируемые по углу наклона, установлены под переменным углом к направлению движения. Высота и угол установки этих лопаток увеличиваются по мере удаления от центральной оси опоры к краям лемехов. В месте соединения основного и распределительного тукопроводов расположен элемент, разделяющий поток удобрений.

Однако, указанные технические решения имеют ограничения в применении к технологиям возделывания определённых сельскохозяйственных культур, в частности, корнеплодов, клубнеплодов и пропашных культур.

Разработана секция почвообрабатывающего орудия для междурядной обработки посадок картофеля, содержащая раму, опорное колесо, регулировочный механизм, вертикальный дисковый нож, окучник, при этом на раме установлены параллельно на радиально-упорных подшипниках два дисковых ножа диаметром 600 мм.

На рисунке 1 изображена принципиальная схема секции почвообрабатывающего орудия для междурядной обработки посадок картофеля.

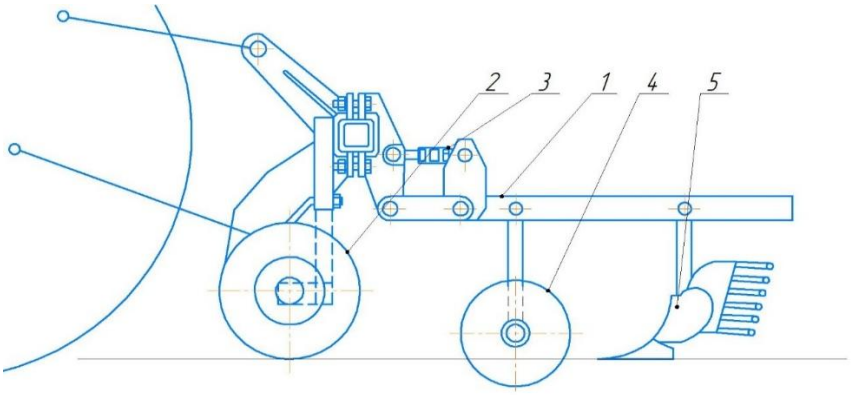


Рисунок 1 – Принципиальная схема секции почвообрабатывающего орудия для междурядной обработки посадок картофеля

Секция почвообрабатывающего орудия для междурядной обработки посадок картофеля состоит из рамы 1, опорного колеса 2, регулировочного механизма 3, дисковых ножей 4 и окучника 5.

Для повышения урожайности посадок картофеля при голландском методе, который подходит для тяжёлых, склонных к уплотнению почв и мест с близким расположением грунтовых вод внедрена секция почвообрабатывающего орудия, которая подрезает боковые корешки в междурядье дисковыми ножами (рис. 2).

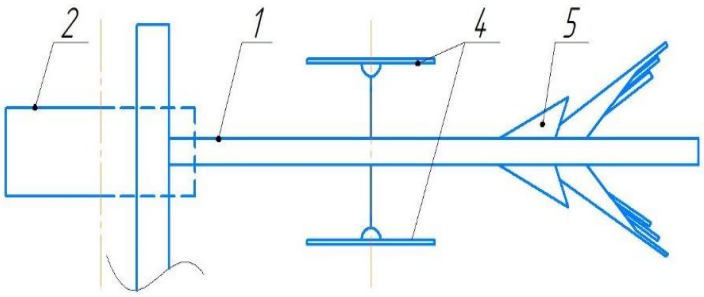


Рисунок 2 – Схема секции почвообрабатывающего орудия для междурядной обработки посадок картофеля, вид сверху

На каждом диске установлены чистики, позади дисковых ножей установлен окучник, лапа которого выполнена литой из высокопрочного чугуна ВЧ 35.

Подрезанные боковые корешки дают новые мельчайшие ответвления, в результате площадь соприкосновения корней с почвой увеличивается в разы, что способствует лучшему усвоению питательных веществ и повышению урожая.

Список использованной литературы

1. Алексашин В. К. Междурядная обработка // Овощи открытого грунта. М.: Колос, 1976. С. 98-108.

2. Бацанов Н. С. Условия возделывания картофеля в севооборотах специализированных хозяйств Нечерноземной зоны // Сборник научно-технической информации ИКХ. М., 1959. 76 с.

3. Валуева Т. И. Влияние способов ухода за посадками картофеля на его урожайность и качество уборки // Картофелеводство. 1985. Вып. 6. С. 118-123.

4. Глухих Е. А. Результаты исследований по механизации картофелеводства. М., 1960. 290 с.

5. Докин Б. Д., Аржаных А. И. К теории создания дисковых рабочих органов для работы на повышенных скоростях // Техническая диагностика и механизация сельского хозяйства. Новосибирск, 1969. Вып. 6. С. 294-303.

6. Козлова Л. Д. Сравнительная оценка качества обработки почвы разными орудиями // Теоретические вопросы обработки почв: докл. на Всесоюз. науч. тех. совещании. Л., 1968. С. 323-327.

7. Листопад Г. Е., Канарев Ф. М. О деформации почвы рабочими органами почвообрабатывающих машин //Доклады ВАСХ-НИЛ. 1973. № 10. С. 42-44.

8. Юхневич М. И. Влияние приемов ухода за посевами на урожайность семенные качества картофеля // Картофелеводство. 1988. Вып. 7. С. 85-89.

УДК 631.332.99

УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ РАССАДОПОСАДОЧНОЙ МАШИНЫ

Краснов В. А., *аспирант*
Воробьева Н. С., *д-р техн. наук, заведующий кафедрой*
Иванов А. Г., *канд. техн. наук, доцент*
Шарипов Р. В., *канд. техн. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Представлен обзор существующих механизированных средств для посадки рассады, а также описание предлагаемого устройства автоматизированной рассадопосадочной машины для технологического процесса высадки рассады в торфяных горшках в грунт. Приведено описание принципа работы устройства и теоретически определенны его технологические параметры.

Ключевые слова: *автоматизация посадки рассады, рассада, рассадопосадочные машины, шаги посадки, высаживающие аппараты.*

Современное сельское хозяйство ориентированно на увеличение производительности и качества продукции, что позволяет поддерживать продовольственный потенциал страны. Автоматизация технологических процессов способствует повышению производительности, так как снижает потребность в ручном труде, уменьшает человеческий фактор и повышает точность совершаемых операций. Так как высадка рассады в грунт даже с использованием механизированных средств требует наличие оператора, автоматизация данного процесса с целью исключения ручного труда и снижения затрат на обработку является актуальной задачей.

Существующие механизированные средства для высадки рассады в грунт по способу образования посадочного места можно разделить на две группы, а именно машины, образующие борозду и лунку. Средства, образующие борозду для дальнейшей посадки рассады, могут различаться по устройству высаживающего аппарата. На рисунке 1 представлены механизированные устройства для посадки рассады с различными типами высаживающего аппарата.



Рисунок 1 – Средства для высадки рассады в грунт
с различными типами высаживающего апарата

Каждое из устройств имеет свои преимущества и недостатки, например, устройство лучевого высаживающего аппарата позволяет более точно выставить шаг посадки, но при этом на лучи происходит налипание почвы. Дисковый высаживающий аппарат наиболее прост в конструкции, но скольжение рассады по опорному диску может привести к повреждению её корней. Револьверный аппарат имеет удобную загрузку, но из-за свободного падения рассады по трубопроводу возможно её повреждение. Рычажный высаживающий аппарат обеспечивает посадку растения на требуемую глубину без изгиба кор-

невой системы, но ограничен в возможности изменения шага посадки. Но так как данные средства высаживают рассаду в образованную борозду, то происходит её отклонение по вертикали, что может привести к уменьшению роста и устойчивости растения.

Устройства, образующие лунку для дальнейшей посадки рассады, не имеют подобного недостатка, но их конструкция усложнена из-за чего является тяжелой в обслуживании. Примеры таких машин указаны на рисунке 2.



МРП - 4 SFOGGIA Florida

Рисунок 2 – Устройства для высадки рассады в грунт с образованием лунки

В результате проведенного обзора выяснено, что полностью автоматизированных средств для высадки рассады в грунт фактически не существует или они находятся в стадиях разработки. Также был выявлен наиболее оптимальный тип высаживающего аппарата рассадопосадочной машины для его усовершенствования и автоматизации.

На рисунке 3 представлено средство для автоматизации процесса посадки рассады в торфяных горшках. Конструкция базируется на двух мобильных бортовых платформах 1. На данных платформах установлена рассадопосадочная секция 2 с механизмом ее подъема и опускания 3, а также автоматизированная система подачи 4 посадочного материала.

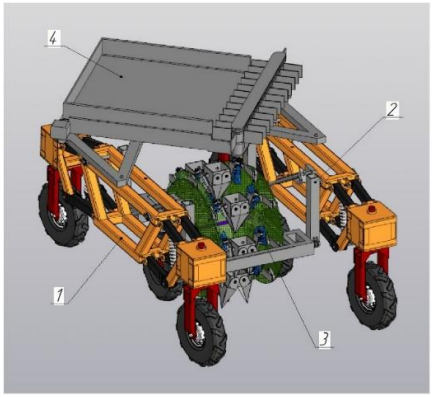


Рисунок 3 – Средство для автоматизации процесса посадки рассады в торфяных горшках

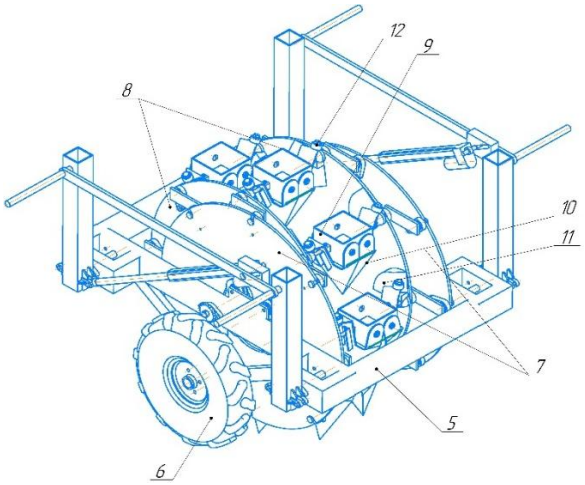


Рисунок 4 – Посадочная секция автоматизированного устройства рассадопосадочной машины

Посадочная секция, указанная на рисунке 4 состоит из рамы 5, приводного и опорного колеса 6, двух внешних 7 и двух внутренних 8 дисков. На внутренних дисках 8 подвижно закреплены посадочные стаканы 9 с подпружиненными створками 10. Для их своевременного открытия на внутренних дисках 8 расположены открыватели 11, на которые набегают подшипники 12, расположенные на створке посадочного стакана 10 при их заглублении. Внешние диски 7 предназначены для поддержания посадочного стакана 9 в вертикальном положении.

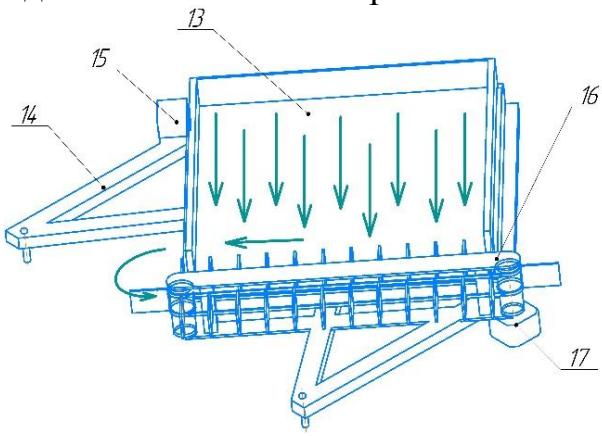


Рисунок 5 – Автоматизированная система подачи рассады в торфяных горшках к посадочной секции

Автоматизированная система подачи рассады в торфяных горшках к посадочной секции, представленная на рисунке 5 состоит из конвейерной ленты 13 ограниченной бортами с трех сторон, расположенной на основании 14, соединяющем две бортовые платформы, приводящем в движение электродвигателем 15, а также цепочно-планчатым транспортером 16, так же приводящемся в движение электродвигателем 17.

Для наиболее удобной настройки шага посадки посадочные стаканы размещены симметрично и между ними выдержан угол в 45°, соответственно количество стаканов при минимальном шаге посадке – восемь. После проведенного обзора схем посадки для различных культур было взято среднее минимальное значение, которое составило 300 мм. Зная минимальный шаг посадки и количество посадочных стаканов можно определить радиус, на котором необходимо будет их расположить, преобразовав формулу длинны окружности:

$$C = \frac{2\pi R}{8} => R = \frac{8C}{2\pi} = \frac{4C}{\pi} = R = \frac{4 \cdot 300}{3.14} = 382 \text{ мм} \quad (1)$$

где С – это минимальный шаг посадки, мм; R – радиус расположения посадочного стакана, мм.

При детальном построении модели конструкции в программе «Компас 3Д» были получены оптимальные размеры ширины конвейерной ленты, по которым можно вычислить расстояние посадки рассады с учетом различного шага посадки.

Количество рассады в торфяных горшках, которую можно расположить на конвейерной ленте вычисляется по формуле:

$$N = \frac{S_{\text{лен}}}{S_{\text{ст}}} = \frac{890\,000}{6400} = 139{,}062 \approx 139 \text{ шт} \quad (2)$$

где $S_{\text{лен}}$ – площадь конвейерной ленты ($80 \text{ мм} \times 80 \text{ мм} = 6400 \text{ мм}^2$); $S_{\text{ст}}$ – площадь основания торфяного горшка ($890 \text{ мм} \times 1000 \text{ мм} = 890\,000 \text{ мм}^2$).

Тогда расстояние посадки при различном шаге можно определить по формуле:

$$D_n = (N - 1) \times C \quad (3)$$

где N – количество рассады, размещаемой на ленте; C – шаг посадки; D_n – расстояние посадки с n-м количеством стаканов.

Соответственно для выбранного минимального шага посадки – 300 мм, который приемлем таким культурам как: томат, огурец, перец, расстояние посадки составит:

$$D_8 = (139 - 1) \times 300 \text{ мм} = 41\,400 \text{ мм} = 41{,}4 \text{ м}.$$

Следующий стандартный шаг посадки, при расположении четырех посадочных стаканов составит 600 мм и соответствует культурам капусты и баклажана. Расстояние посадки при таком шаге составит:

$$D_4 = (139 - 1) \times 600 \text{ мм} = 82\,800 \text{ мм} = 82{,}8 \text{ м}.$$

При симметричном расположении двух посадочных стаканов шаг посадки увеличивается до 1200 мм, что дает возможность для высадки рассады длинноплетистого кабачка и тогда расстояние составит:

$$D_2 = (139 - 1) \times 1200 \text{ мм} = 165\,600 \text{ мм} = 165{,}6 \text{ м}.$$

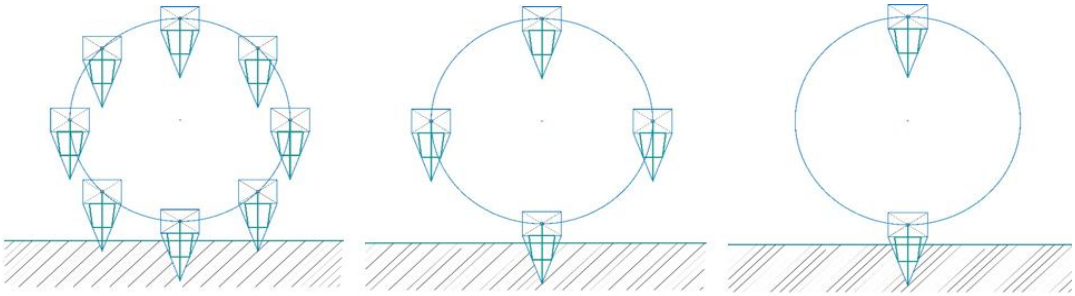


Рисунок 6 – Расположение посадочных стаканов
для различных культур в зависимости от шага посадки

В заключении стоит отметить, что из проведенного обзора машин для высадки рассады в грунт следует, что существующие технические средства для посадки рассады не способны выполнять свою функцию в полностью автоматическом режиме без участия человека, а значит автоматизация данного процесса остается актуальной. В связи с чем была разработана конструкция автоматизированной рассадопосадочной машины и теоретически обоснованы её геометрические параметры.

Исследования проведены в рамках тематики НИР Минобрнауки РФ «Разработка ресурсосберегающих машин для возделывания сельскохозяйственных культур и систем рационального использования агробиоценозов на основе инновационных цифровых технологий в условиях рискованного земледелия для получения экологически чистых продуктов переработки растительного сырья».

Список использованной литературы

1. Бартенев И. И., Гаврин Д. С. Конструктивные особенности посадочных машин // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9. № 2.

2. Чагин В. В. Лекция: Рассадопосадочные машины // Механизация растениеводства: курс лекций. ХГУ им. Н. Ф. Катанова, 2021.

3. Машины для посадки рассады овощных культур // Лекции по сельскохозяйственным машинам. StudFile.

4. Рейслер Ю. В. Машины и орудия для возделывания овощных культур. Москва: Гос. изд-во с.-х. литературы, 1952. 318 с.

5. Саакян Л. А. Исследование работы рассадопосадочных машин : автореф. дис. Ереван: Армянский сельскохозяйственный институт, 1965. 26 с.

6. Чубарин М. И. Рассадопосадочные машины. Москва: ЦИНТИМАШ,

1962. 64 с.

УДК 631.316.4+635.61/.63

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

[1]Мартынов И. С., *канд. техн. наук, доцент*
[1]Бородин В. И., *аспирант*
[1]Шапров М. Н., *д-р техн. наук, профессор*
[2]Мартынова А. А., *канд. с.-х. наук, м. н. с.*

[1]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия
[2]Астраханская обл., Россия

Аннотация. Рассмотрены условия для развития бахчевых культур в засушливых условиях. Отмечено, что при уходе за посевами механизированный способ борьбы с сорной растительностью является наилучшим. При этом около рядковая зона должна обрабатываться пололными лапами (лапами-бритвами), которые для улучшения условий развития растений были модернизированы. При междурядной обработке бахчевых культур с использованием улучшенной конструкции рабочих органов повышается влажность в зоне развития их корневой системы.

Ключевые слова: *засушливые условия возделывания, бахчевые культуры, урожайность бахчевых культур, междурядная обработка почвы.*

Характерные условия, влияющие на урожайность бахчевых культур, являются разнообразие почв и климат Нижнего Поволжья, характеризующийся засушливыми условиями [3, 9, 10]. В таких условиях перспективным направлением является применение почвообрабатывающих машин с рабочими органами, обеспечивающими необходимое количество влаги в зоне развития корневой системы [2, 4, 7].

При уходе за посевами бахчевых культур в основном используется механизированнный способ борьбы с сорняками [7], который сопровождается частичной потерей почвенной влаги.

Анализ рабочих органов пропашных культиваторов [1, 2, 7] позволил сделать вывод о целесообразности применения пололных лап (лап-бритв) в области обработки защитных зон рядка бахчевых культур. Такие лапы хорошо подрезают сорняки и не выносят влажные слои почвы на поверхность поля.

Также следует учесть, что в начальные фазы развития бахчевых культур, возникает необходимость подвода дополнительного количества влаги в прикорневую зону.

Для обеспечения этих условий был усовершенствован способ [8] и модернизированы пололные лапы пропашного культиватора [4-6] (рис. 1).

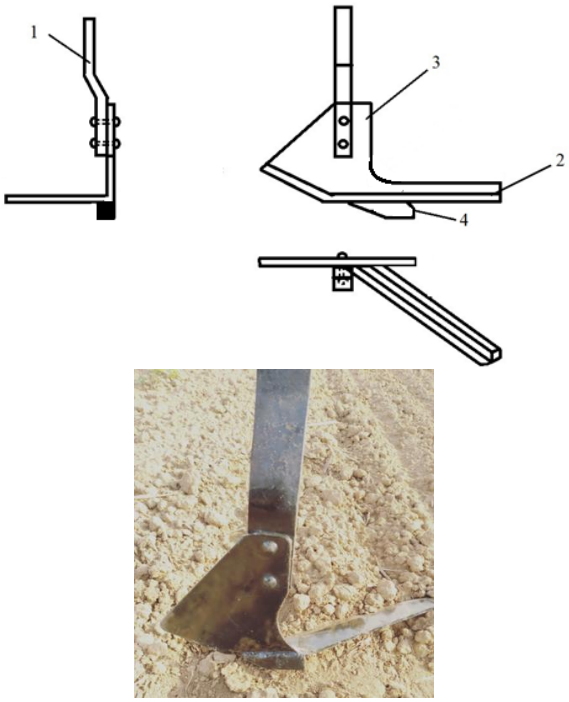


Рисунок 1 – Пололная лапа
1 – стойка; 2 – лезвие; 3 – щека; 4 – уплотняющий наральник

При междурядной обработке бахчевых культур подрезанные сорняки перемещаясь по лезвию, укладываются по поверхности почвы. Наральники 1, установленные в нижней части щек пололных лап 2, уплотняют почву в прикорневой зоне 3 с обеих сторон рядка (рис. 2).

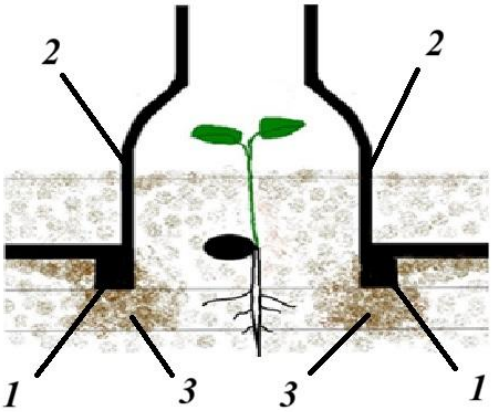


Рисунок 2 – Схема обработки почвы
1 – уплотняющий наральник; 2 – пололная лапа; 3 – прикорневая зона

Анализируя исследования по проведению междурядной обработке пропашных культур, выявлено, что факторами, влияющими на повышения влажности в прикорневой зоне являются высота $h_{уп}$ и ширина $b_{уп}$ уплотняющего наральника, а также угол наклона его носка α (рис. 3).

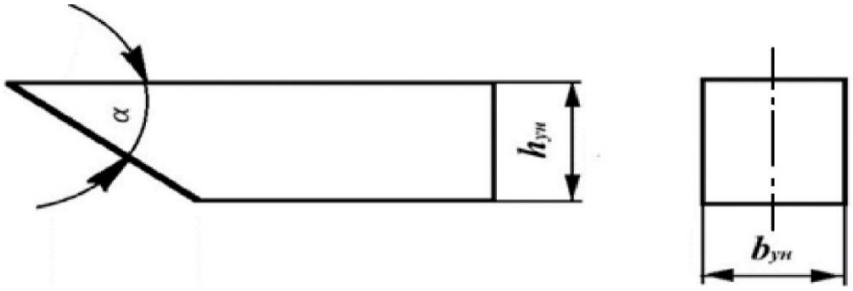


Рисунок 3 – Схема уплотняющего наральника

Согласно данным анализа литературных источников, аналитических расчетов и предварительных исследований выбраны параметры уплотняющего наральника: ширина от 2 до 4 см, высота от 1 до 2,5 см, угол наклона носка от 20 до 25º. Для светло-каштановой почвы влажностью не более 20 %, учитывая коэффициенты трения, отлично подходит угол вышеуказанных значений.

Для параметров уплотняющегонаральника установлены уровни варьирования, отображенные в таблице 1.

При этом выходным показателем в ходе проведения исследований выбрано увеличение влажности почвы уплотненной зоны ΔW, % (рис. 4).

Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования

Факторы	Уровни			Интервал
	-1	0	+1	
Высота уплотняющего наральника (x_1), мм	15	20	25	5
Ширина уплотняющего наральника (x_2), мм	24	32	40	8
Угол наклона носка уплотняющего наральника (x_3), град	20	22,5	25	2,5

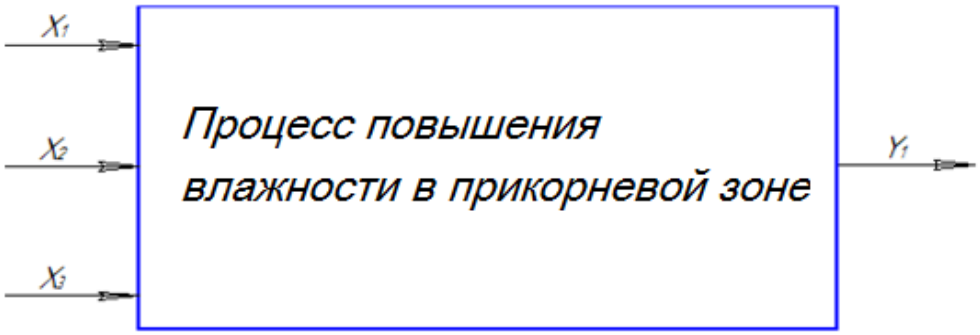


Рисунок 4 – Модель процесса повышения влажности

В результате расчетов получено уравнение

$$Y_{\Delta W} = 22{,}3 - 2{,}6X_2 + 0{,}7X_3 - 0{,}1X_1X_2 + 0{,}2X_1X_3 - 0{,}3X_2X_3 - 6{,}6X_1^2 - 4{,}1X_2^2 - 3{,}3X_3^2 \quad (1)$$

После преобразований уравнение(1) примет вид

$$Y_{\Delta W_{\text{опт}}} - 22{,}7 = -6{,}6X_1^2 - 4{,}1X_2^2 - 3{,}3X_3^2, \qquad (2)$$

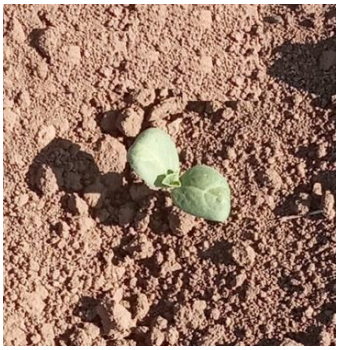
В дальнейшем при исследовании, обращая внимание на знаки при членах уравнения (2), выявлено, что поверхности представляют собой параболоиды с координатами центров, являющимися оптимальными значениями факторов (табл. 2).

Таблица 2 – Оптимальные значения факторов

Фактор	Оптимальные значения
Высота уплотняющего наральника,мм	0/20
Ширина уплотняющего наральника,мм	-0,23/30,4
Угол наклона носка уплотняющего наральника,град	0,12/22,8

В результате проведения исследований выявлено, что увеличение влажности почвы на 20…24 % уплотненной зоны при проведении междурядной обработки бахчевых культур пололными лапами с наральниками, высота которого 19…20 мм, ширина – 28…31 мм, а угол наклона носка – 22…23º.

Эффективность применения усовершенствованных пололных лап прослеживается на этапах развития арбуза при проведении исследований в полевых условиях (рис. 5).



а)



б)



в)



г)

Рисунок 5 – Развитие растений на участках:
а), в) контрольный; б), г) обработанный усовершенствованными пололными лапами

Список использованной литературы

1. Агротехнические методы борьбы с сорной растительностью / Д. А. Нехорошев [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. 2023. № 4 (72). С. 409-417.
2. Комплекс современных модернизированных машин и их рабочих органов для механизации процессов бахчеводства: монография / А. С. Овчинников [и др.]. Волгоград. 228 с.
3. Мартынов И. С., Шапров М. Н. Механизированная технология разноглубинного посева пропашных культур: монография. Волгоград. 2017. 108 с.
4. Мартынов И. С., Шапров М. Н., Бородин В. И. Рабочий орган для междурядной обработки почвы // Сельский механизатор. 2022. № 10. С. 12-15.
5. Пололная лапа: пат. 221726 РФ № 2023119911 / Мартынов И. С., Шапров М. Н., Бородин В. И., Мартынов А. И., Гузенко Е. Ю.; заявл. 22.03.2021; опубл. 12.07.2023. Бюл. № 33. 3 с.
6. Пололная лапа: пат. 236740 РФ № 2025108062 / Мартынов И. С., Шапров М. Н., Бородин В. И., Садовников М. А., Мартынов А. И.; заявл. 31.03.2025; опубл. 19.08.2025, Бюл. № 23. 3 с.
7. Совершенствование технологии междурядной обработки пропашных культур / В. И. Бородин [и др.] // Известия НВ АУК. 2025. № 3 (81). С.557-567.
8. Способ междурядной обработки почвы: пат. 2777198 Рос. Федерация. № 2021123166 / Мартынов И. С., Шапров М. Н.; заявл. 30.07.2021; опубл. 01.08.2022, Бюл. № 22. 4 с.
9. Цепляев А. Н., Беляков А. В., Мартынов И. С. Сошник с фиксацией семян // Сельский механизатор. 2005. № 6. С. 13.
10. Шапров М. Н., Мартынов И. С., Беляков А. В. Сеялка для разноглубинного посева// Сельский механизатор. 2006. № 3. С. 6.

УДК 631.358:634.7

ВИБРАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ УБОРКИ УРОЖАЯ ЯГОДНЫХ КУСТАРНИКОВ

Мордасова М. С., *научный сотрудник*
Филиппов Р. А., *канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник*

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
г. Москва, Россия

Аннотация. Пути механизации уборочных работ ягодных культур посредством применения и усовершенствования устройств для уборки ягод. Исследованы материалы по устройствам данного типа, отражены положительные стороны механизации уборки урожая ягодных культур. Внедрение механизированной технологии уборочных работ в садах вызвано необходимостью сократить затраты ручного труда и повысить рентабельность отрасли для высоких темпов развития ягодоводства.

Ключевые слова: *ягодоводство, вибрационные устройствы, механизация уборочных работ, сбор урожая ягодных культур.*

Успешное развитие отрасли ягодоводства в России напрямую зависит от снижения трудоемкости производственных процессов. Особенно остро это ощущается при сборе урожая, где высокая доля

ручного труда делает продукцию дорогой, а производство – низкорентабельным. В отрасли сложились два подхода к уборке: крупные сельхозпредприятия решают проблему путем применения дорогостоящих ягодоуборочных комбайнов, тогда как для малых фермерских хозяйств комбайновая уборка нерентабельна, и они используют исключительно ручной способ уборки урожая.

Для этой категории производителей ключевым становится не полная механизация, а рационализация ручного труда за счёт применения специализированных ручных устройств и приспособлений для повышения производительности и снижение общей трудоёмкости операций. Создание специализированных ручных устройств позволит фермерам значительно повысить производительность и эффективность работы сборщиков, сократив затраты на оплату труда.

Таким образом, цель исследования состоит в проведении анализа существующих технологий рационализации уборки урожая ягодных культур, оценке их эффективности и разработке рекомендаций по внедрению оптимальных решений в современных условиях производства. Основные направления исследований включают изучение зарубежного опыта, оценку возможностей отечественных разработок и определение путей модернизации существующей техники.

Первыми техническими средствами, направленными на повышение производительности ручного сбора ягод, стали лотки, плодосборные кружки, счёсыватели, гребёнки и специальные ножницы. Эти простые приспособления позволяли улучшить эргономику труда сборщика и увеличить производительность на 15-20 %. Однако их практическая эффективность существенно снижалась из-за высокой степени засорённости собранного урожая – в массу ягод попадали листья, ветки, плодоножки и другой растительный мусор, что требовало дополнительных трудозатрат на послеуборочную доработку, что снижало эффект от их применения [1].

Во многих странах разработаны механические вибраторы для сбора ягод с кустарников (ЭЯМ-200 (СССР), АУС-000 (СССР), КББ-8 (Венгрия), OEG8 (Голландия), OEG12 (Голландия), NB St-6 (ГДР), WS-40 (ГДР), вибратор машины Таббса (США), Mi-dox currant picker (Англия), Berry M-2 (ФРГ), которые на 50 % снижают расходы на уборку и в 4-8 раз увеличивают производительность труда по сравнению с ручным сбором. С созданием таких устройств появилась возможность значительно повысить рентабельность производства ягодных культур, сократить затраты ручного труда в 10-15 раз, уменьшить прямые эксплуатационные расходы на 50-70 % [2, 3].

Результаты и обсуждение. Сбор ягод и других нежных плодов для реализации в свежем виде зачастую осуществляют вручную или с использованием средств малой механизации. Механическое воз-

действие при механизированной уборке – будь то вибрационные или гидромеханические встряхиватели – неизбежно приводит к микротравмам, нарушению целостности кожицы и ухудшению товарного вида продукции, что недопустимо для реализации в свежем виде. Поэтому плоды ценных ягодных культур (смородина, крыжовник и др.), а также косточковые (слива, абрикос), предназначенные для непосредственного потребления, традиционно собирают ручным способом, обеспечивая максимальную сохранность качества.

Механизированные способы уборки – вибрационные устройства для ягодных кустарников или гидромеханические встряхиватели для косточковых культур – оправданы преимущественно при выращивании продукции на переработку, где допустимы незначительные повреждения плодов. Даже в случае сравнительно успешно механизированной уборки черной смородины (благодаря дружному созреванию современных сортов) получаемое сырьё чаще направляется на перерабатывающие предприятия или реализуется по сниженным ценам.

Наиболее распространенной в СССР являлась ягодоуборочная машина ЭЯМ-200 с вибрационными устройствами (рис. 1) [4, 5]. Характеристики данного устройства представлены в таблице 1.

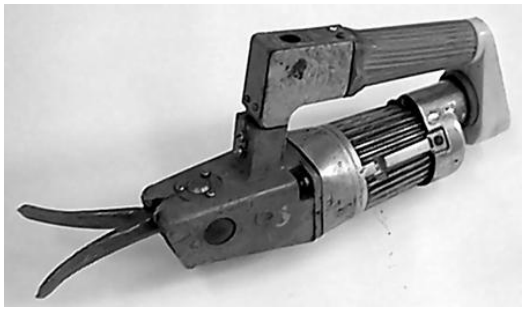


Рисунок 1 – Вибрационное устройство для сбора ягод ягодоуборочной машины ЭЯМ-200

Таблица 1 – Техническая характеристика вибрационного устройства ЭЯМ-200

Параметр, единица измерения	Значение
Мощность электродвигателя вибратора, квт	0,105
Частота колебаний вилки вибратора (двойных ходов в минуту)	2200
Амплитуда колебаний вилки в основании, мм	10
Масса вибратора (без кабеля), кг	1,55

В 1967 году ВНИИС им. Мичурина совместно с ВИСХОМом представили на государственные испытания агрегат для механизированной уборки смородины АУС-000. Агрегат монтировался на самоходное шасси Т-16. Его вибрационное устройство оснащалось рабочим органом в виде гребенки из пластика (рис. 2).

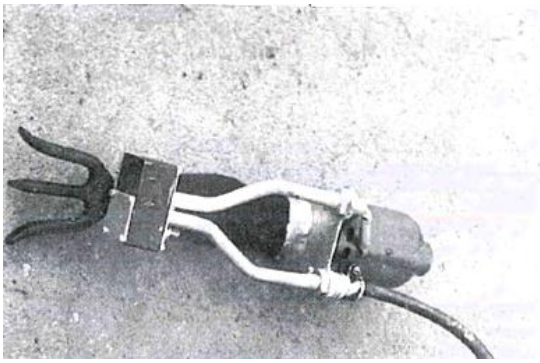


Рисунок 2 – Вибрационное устройство АУС-000

Полнота сбора ягод с куста вибраторами при амплитуде колебаний гребенки в основании 8 мм и частоте вибрации 31,5 гц составила на черной смородине 86 %, на крыжовнике 83 %, т. е. общие потери ягод равнялись 14-17 %. На кусте оставалось 3-3,5 % ягод, но эти ягоды в основном не отвечали требованиям стандарта – были мелкими и недозрелыми. Поврежденные ягоды составили 6,5-9,5 % от общего их количества; повреждения элементов куста достигали 30-40 %, потери здоровых листьев составили 10-22 % [6-8].

Испытания вибраторов с рабочими органами – гребенками показали, что они наносят большие повреждения кустам и ягодам. Ввиду того, что такие вибраторы имеют большой вес, при работе с ними повышается утомляемость сборщиков.

Вибраторы с рабочим органом – гребенкой не нашли практического применения для сбора ягод и не выпускаются промышленностью ввиду низких показателей качества работы.

С учётом выявленных недостатков ранее применявшихся вибрационных устройств – таких как недостаточная универсальность применения, избыточная травмируемость ветвей ягодных кустарников при высокой амплитуде колебаний, неудобство конструкции при длительной работе и ограниченная эффективность на культурах с различной прочностью плодоножки – специалистами ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в 2024 году было разработано универсальное ручное вибрационное устройство для сбора ягод с кустарников.

Новизна конструкции заключается в возможности регулирования амплитудно-частотных параметров вибрации под особенности конкретной культуры, что позволяет минимизировать повреждения плодов при одновременном обеспечении высокой степени их осыпания. Устройство предназначено для применения на широком спектре ягодных кустарников, включая черную, красную и белую смородину, крыжовник, войлочную вишню, жимолость и другие культуры с аналогичными биомеханическими характеристиками плодоножки. Эрго-

номичная компоновка и сниженная масса прибора обеспечивают комфорт оператора при продолжительном использовании, а модульный принцип построения упрощает техническое обслуживание и адаптацию под специфику различных хозяйств (рис. 3), (табл. 2).



Рисунок 3 – Ручное вибрационное ручное устройство для сбора ягод с кустарников

Таблица 2 – Техническая характеристика вибрационного устройства для сбора ягод разработки ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

Показатели	**Значение**
Привод	электрический
Амплитуда	20 мм
Регулируемая частота хода вилки	0-2700 ход/мин
Полнота сбора	95 %
Напряжение	12 В

В настоящее время проводятся исследования по обоснованию рациональных режимов работы вибростряхивания для различных культур и сортов с учётом степени зрелости ягод.

Выводы 1. Внедрение в производство механизированных способов уборки урожая должно осуществляться с учётом целевого назначения продукции – для сырья, направляемого на переработку, механизированные способы оправданы в полной мере, тогда как для реализации в свежем виде предпочтение следует отдавать ручному сбору с использованием вибрационных устройств с щадящими вибрационным режимами работы, минимизирующим повреждение плодов и ветвей ягодных кустарников.

2. Устойчивое развитие плодово-ягодного сектора невозможно без комплексного технологического обеспечения всех этапов производства – от агротехники выращивания до уборки и товарной обработки. Главным условием повышения конкурентоспособности отрасли является внедрение современных, адаптированных под биологические особенности культур устройств, сочетающих высокую производительность с сохранением товарных качеств продукции.

Список использованной литературы

1. Подольская Е. Е., Бондаренко Е. В., Белименко И. С. Механизация процесса уборки плодов и ягод // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК. Правдинский, 2021. С. 76-81.

2. Мордасова М. С. Развитие средств механизации ручного сбора ягод в России и за рубежом // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). Краснодар: КубГАУ, 2026. № 01 (215). http://ej.kubagro.ru/01/pdf/30.pdf

3. Кривоносова А. Д. Разработка и исследование ручных вибраторов ягодоуборочных машин: диссертация. Москва, 1969. 141 с.

4. Вибрирующая пальчатая вилка, авторское свидетельство СССР, кл. 45f, 19/08, № 203369, 18.07.1966.

5. Богатырев Н. И. Повышение эффективности средств электромеханизации для АПК // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). Краснодар: КубГАУ, 2005. № 9 (01). https://ej.kubagro.ru/2005/01/11

6. Конструкции машин. https://www.newtechagro.ru/inform2/konstruktsii_mashin.html?ysclid=mljfh95eze890664846

7. Аниферов Ф. Е., Ерошенко Л. И., Теплинский И. З. Машины для садоводства. Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. 304 с.

8. Краюшкина Н. С., Егорова К. И. Предварительный отбор сортов крыжовника, пригодных для комбайновой уборки ягод // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. № 4 (97). С. 176-184.

УДК 631.363:636.085.55

МЕХАНИЗАЦИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ В ЛИЧНЫХ ПОДСОБНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ

Нехорошев Д. А., *д-р техн. наук, профессор*
Нехорошев Д. Д., *канд. техн. наук, доцент*
Бирюков М. А., *аспирант*
Нехорошев Н. Д., *магистрант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Проведено исследование по использованию универсальных вальцедековых дробилок в технологическом процессе малых кормоприготовительных цехов для получения концентрированных кормов из сырья злаковых смесей, обеспечивающих повышение доли крупных фракций и снижение мучных компонентов, увеличение однородности помола, производительности дробилки и снижение электрической энергии.

Ключевые слова: *приготовление кормов, зерносмеси, дробилки, концентрированные корма, плющилки, измельчители кормов.*

Корма и кормовые смеси для кормления сельскохозяйственных животных существуют виде грубых кормов (сено, солома), сочных кормов (силос, сенаж), комбикорма (зернофуражные культуры), ми-

неральные корма (мел, соль) растительного, животного и минерального происхождения. Использование их в качестве сырья для переработки, с учётом способа приготовления к скармливанию, позволит получить корма различного химического состава.

Использование их виде основных и дополнительных компонентов для приготовления качественных кормов с высоким содержанием биологически активных элементов возможно только после различных способов первичной переработки. Основным сырьём для приготовления полнорационных витаминных кормов являются зерновые и бобовые культуры, а также их отходы после подготовки зерна к хранению.

Необходимой операцией при подготовке зерна и зерновых смесей для кормления животных являются операции измельчения, плющения, резания, связанные с разрушением структуры и размеров перерабатываемых компонентов [3]. Для реализации процесса измельчения зернофуражных культур расходуется до 80 % энергетических затрат и 20 % ручного труда [1]. Для приготовления высоко питательной и однородной по составу кормовой смеси требуется реализовать процесс дробления с минимальным количеством мелких фракций и получением основного корма размером частиц, соответствующих среднему измельчению 1,25 мм. При приготовлении концентрированных кормов из смеси нескольких зернофуражных культур необходимо обеспечить высокую однородность полученной смеси после измельчения. Полученные корма, с использованием многокомпонентных зерновых смесей с добавлением минеральных и белково витаминных добавок, считаются пригодными для кормления, если её однородность составляет 95 %.

Для организации эффективного и технологически качественного процесса приготовления концентрированных кормов и снижения затрат на производство необходимо внедрять инновационные технологии и новые машины, которые повышают качество и производительность кормоцехов [2, 5].

Способы приготовления рассыпных комбикормовых смесей из злаковых культур для кормления всех видов взрослого поголовья крупнорогатого скота и птицы осуществляется на большинстве предприятий, вырабатывающих комбикорм на машинах универсального назначения и высокой производительности, которые выполняют все основные технологические операции, но при этом образуется большое количество мучных фракций.

Производство концентрированных кормов промышленными предприятиями в больших объёмах эффективно только для крупных

животноводческих комплексов и ферм. Анализ технологического процесса содержания животных на откорме имеющих от 20 до 100 голов животных показал, что для приготовления кормов необходимо внедрять малые кормоприготовительные цеха (МЦК) [6].

Основное назначение этих кормоприготовительных цехов состоит в том, что они могут производить корма, обладающие высокой биологической активностью, в условиях собственного животноводческого хозяйства, из собственных запасов зернобобовых злаковых культур, состоящих из отходов после очистки зерновых, бобовых и технических культур. Комбикорм, приготовленный из отходов зерновых культур, является сложной концентрированной смесью измельченных и предварительно отсортированных до нужной крупности фракций. Используется для приготовления кормовых смесей по научно-обоснованным выбранным рецептам, обеспечивающим полноценное многоразовое кормление животных.

Концентрированные корма для крупнорогатого скота и откорма свиней на малых фермах должны приготавливаться путём измельчения. При этом степень измельчения должна соответствовать 85 % измельчённых зёрен без мучных фракций. Для этого не требуется перевозить большое количество сырья на большое расстояние, а необходимо только иметь минеральные и белково-витаминные компоненты. В основном мелкие аграрные предприятия, занимающиеся животноводством, вырабатывают корма по своим оригинальным рецептам в своём хозяйстве, при этом они сами производят контроль за качеством приготовленного корма. Это позволяет им полностью снизить затраты, необходимые на перевозку и потери качества кормов, находящихся на длительном хранении.

Основное преимущество МКЦ состоит в оснащении его механизмами, которые можно эксплуатировать автономно при переработке грубых кормов и зернобобовых смесей, для получения сбалансированных по кормовым единицам кормов. Использование дробилок и смесителей, которыми оборудован цех по приготовлению кормов, вполне обеспечивает однородность смеси компонентов, используемых в рационе [4].

Цена кормов, приготовленных малыми кормоприготовительными цехами на много меньше, чем приготовленных стационарными кормоцехами большой мощности. Значительное количество фермерских хозяйств, занимающихся животноводством в течении года готовят комбикормовые смеси с использованием собственных компонентов кукурузы, зерновых, бобовых и других культур, методом измельчения на современных дробильных установках.

Поэтому для организации надежного производственного процесса переработки зерновых культур, необходимо выполнять заданные требования при измельчении зерновых культур на фракции, которые напрямую связаны с конструкцией рабочих органов измельчающих аппаратов.

В условиях современного животноводства перспективным направлением приготовления концентрированных кормов для животноводства с малыми фермами является использование МКЦ, которые оснащены малогабаритными измельчителями (рис. 1), реализующие в своих конструкциях схемы снижения энергоэффективности процесса измельчения зернофуражных культур [7].

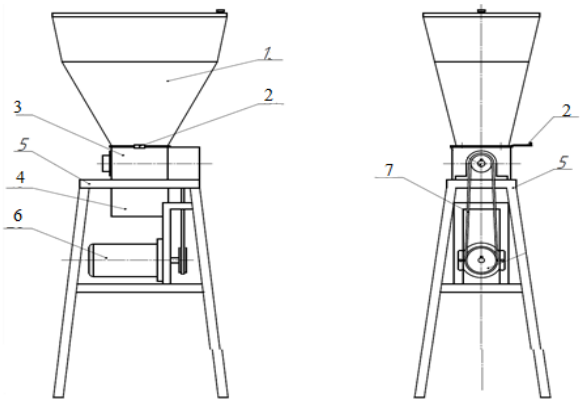


Рисунок 1 – Вальцедековая дробилка

Вальцедековая дробилка имеет бункер 1, заслонку дозатор 2, аппарат для измельчения 3, лоток 4, раму 5. Для привода дробильного аппарата используется электродвигатель 6 с клиноременной передачей 7. Измельчающий аппарат имеет сборную конструкцию, состоящую из подвижной рифельной деки и рифельного барабана. Дека выполнена в виде полуцилиндра с рифельной внутренней поверхностью, которая обеспечивает торможение зернового потока измельчаемого сырья.

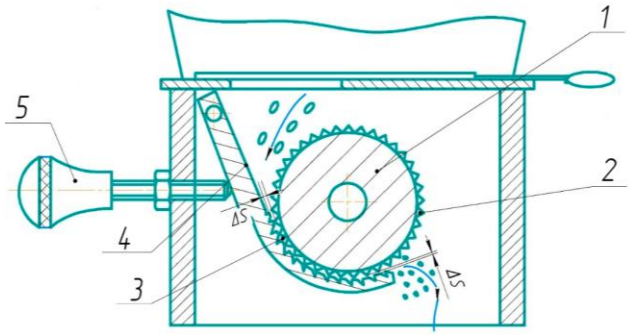


Рисунок 2 – Технологическая схема работы дробилки

Рабочим органом созданной дробилки является универсальный вальцедековый, рабочий орган, который позволяет измельчать зернобобовые фуражные культуры до фракций с гранулометрическим размером от 5 до 1,5 мм. Процесс движения зерна исходного и дроблёного материала к рифельному вальцу 1 в дробильной камере показан стрелками на (рис. 2), валец 1 своими рифелями 2 ударяет по зерну, располагающемуся на рифелях 3 деки 4, измельчая его путем дробления до нужных размеров с минимальным количеством мучных фракций. Измельчённый материал поступает в лоток 4 (рис. 1) и выходит из дробильной камеры 3. Количество материала, поступающего на измельчение в дробильную камеру 3, регулируется заслонкой дозатором 2, а величина измельчения (рис. 2) регулируется изменением зазора ΔS путём перемещения деки 4 регулировочным винтом 5.

Привод к рифельному вальцу 1 (рис. 2) осуществляется клиноременной передачей 7 (рис. 1), которая передаёт вращение от электродвигателя 6, имеющего на валу шкив, на шкив, рифельного вальца 1 (рис. 2). Клиноременная передача 7 выполняет дополнительную функцию предохранительного устройства для защиты рабочих органов дробильной камеры от поломки при повышенной подаче сырья или попадании посторонних предметов за счёт проскальзывания.

Технологический процесс очистки, подготовки и измельчения зерновых злаковых культур обычно направлен на получение однородного гранулометрического состава кормовой смеси с требуемыми зоотехническими и кормовыми питательными свойствами.

Заключение. Достоинством созданной дробилки является универсальность конструкции вальцедекового рабочего органа, который позволяет измельчать зернобобовые фуражные культуры мелкосемянные и крупносеменные до фракций от 5 до 0,5 мм без получения мучных фракций. Она может применяться не только в личных и фермерских хозяйствах, но и в кормоцехах аграрных предприятий для приготовления малых партий зерновых смесей. Качество полученного измельчённого зерна в этих дробилках, имеет крупных фракций не менее 80 %, а в готовой измельчённой массе отсутствуют мелкие мучные фракции.

Список использованной литературы

1. Асманкин Е. М., Петров А. А., Абдюкаева А. Ф. Пути развития машин для измельчения зерновой массы // Известия ОГАУ. 2017. № 2. С. 16-21.

2. Совершенствование технологического процесса измельчения концентрированных кормов с использованием роторной дробилки / А. В. Гура, М. А. Бирюков, Н. Д. Нехорошев, Д. А. Нехорошев // Материалы XXVII региональной конференции молодых ученых и исследователей Волгоградской области. Волгоград, 2023. С. 168-171.

3. Мельников С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. Л.: Колос, 1978. 560 с.

4. Исследование процесса измельчения злаковых культур / Д. А. Нехорошев, Д. Д. Нехорошев, М. А. Бирюков, Н. Д. Нехорошев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2025. № 1 (79). С. 410-417.

5. Механизация приготовления концентрированных кормов / Д. А. Нехорошев, М. А. Бирюков, Н. Д. Нехорошев, Д. Д. Нехорошев // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации. Волгоград, 2025. Том 3. С. 68-74.

6. Нехорошев Н. Д., Бирюков М. А., Нехорошев Д. А. Механизация технологического процесса приготовления концентрированных кормов // Материалы XXIX региональной конференции молодых учёных и исследователей Волгоградской области. Волгоградский ГАУ, 2025. С. 184-188.

7. Переработка зерносмесей на малогабаритном оборудовании / Д. А. Нехорошев, Д. Д. Нехорошев, М. А. Бирюков, Н. Д. Нехорошев / Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2024. Т. I. С. 298-302.

УДК 631.354.2

К ВОПРОСУ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ В ВОЗДУШНОМ ПОТОКЕ МОБИЛЬНОГО СЕПАРАТОРА

Скворцов И. П., *канд. техн. наук, доцент*
Дугин Ю. А., *канд. техн. наук, доцент*
Новиков А. И., *аспирант*
Скворцов И. И., *бакалавр*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены теоретические вопросы движения частицы в воздушном потоке, который создает лопастной с осевым расположением вентилятор. Из-за действия восходящего вихревого потока траектория движения частиц в трубе мобильного сепаратора будет представлять собой винтовую линию. Дуговая координата частицы будет изменяться по теоретически полученному выражению.

Ключевые слова: *мобильные сепараторы, зерноуборочные комбайны, сепарация зерна, пневмосепарирование.*

Зерноуборочный комбайн является основной машиной, которая используется для уборки зерновых культур. Применение зерноуборочного комбайна оценивается производительностью при заданном уровне потерь зерна [4].

Определение потерь зерна с высокой точностью является очень трудоемкой операцией. На испытаниях зерноуборочных комбайнов применяется методика определения потерь зерна, изложенная в ГОСТ 28301-2015, а в рядовых хозяйствах используется экспресс-метод с применением мобильного сепаратора для выделения зерна из проб [5, 6, 7].

Определяют потери зерна с помощью экспресс-метода в следующей последовательности. Зерноуборочный комбайн осуществляет рабочий проход на учетном участке, на который были предварительно уложены пробоотборники. Из пробоотборников ссыпают пробу в емкость, которую переносят к месту сепарирования. Пробы частями высыпают на сито сепаратора. Ручку регулятора оборотов устанавливают в положение минимальных оборотов вентилятора. Включают питание сепаратора. Изменением оборотов вентилятора добиваются такого потока воздуха, при котором удалятся все сорности из обрабатываемой пробы [1, 3].

При введении в вертикальный воздушный поток обрабатываемой пробы, происходит процесс пневмосепарирования. На каждую отдельно взятую частицу пробы действуют: аэродинамическая сила воздушного потока, равная аэродинамическому сопротивлению R; сила тяжести G; архимедова сила, равная весу воздуха, вытесненного телом (в нашем случае представляет весьма малую величину, поэтому ею можно пренебречь) [2].

В зависимости от соотношения аэродинамической силы и силы тяжести возможно движение частицы вертикально вверх ($R_1 > G_1$), вертикально вниз ($R_3 < G_3$), а также взвешенное состояние – витание ($R_2 = G_2$) (рис. 1).

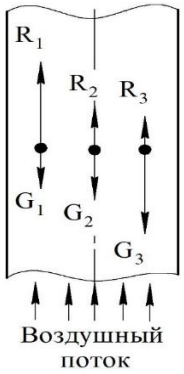


Рисунок 1 – Рабочая схема процесса пневмосепарирования

Выше приведенная теория движения частиц не может быть использована для мобильного сепаратора с осевым расположением лопастного вентилятора 1 (рис. 2), так как в данной конструкции поток воздуха в трубе 2 над и под ситом 3 движется по винтовой линии, а не вертикально вверх. Поэтому теоретически определим траекторию движения частиц в воздушном потоке, который создает лопастной с осевым расположением вентилятор.

Пусть частица поднимается в трубе мобильного сепаратора из-за действия восходящего вихревого потока. Частица, увлекаемая потоком воздуха, движется по внутренней поверхности трубы с извест-

ным шагом и радиусом кривизны ρ (рис. 3). На частицу М массой m действуют: сила тяжести частицы $\bar{G}$; сила давления воздушного потока $\overline{\mathrm{R}}$, создаваемого лопастью вентилятора, которая вращается с угловой скоростью ω; сила трения частицы о поверхность трубы $\overline{\mathrm{F_{тр}}}$; нормальная реакция стенки трубы $\bar{N}$.

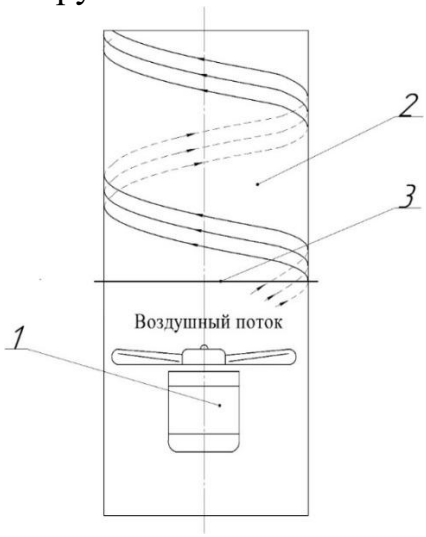


Рисунок 2 – Мобильный сепаратора с осевым расположением лопастного вентилятора

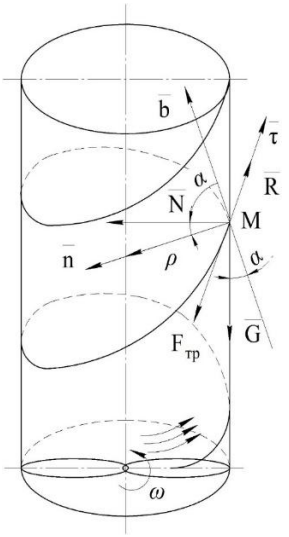


Рисунок 3 – Схема движения частицы М в трубе мобильного сепаратора

Естественные уравнения движения точки М имеют следующий вид:
- на касательной оси $\bar{\tau}$

$$m\frac{dv}{dt} = R - Nf, \tag{1}$$

- на главной нормали $\bar{n}$

$$\frac{mv^2}{\rho} = N\cos\alpha, \tag{2}$$

- на бинормали $\bar{b}$

$$0 = N sin\alpha - G cos\alpha, \quad (3)$$

где υ – скорость движения частицы М, м/с; f – коэффициент трения между частицей М и стенкой трубы сепаратора.

Из уравнения (3) следует:

$$N = G ctg\alpha. \quad (4)$$

Подставим N в выражение (2), получим:

$$\frac{m\upsilon^2}{\rho} = mg\ \frac{cos^2\alpha}{sin\alpha}\,. \quad (5)$$

Выразим из выражения (5) величину υ:

$$\upsilon = \frac{\rho g cos\alpha}{\sqrt{sin\alpha}}\,. \quad (6)$$

Обозначим $a = \sqrt{\rho g}$ и циклическую частоту вращения частицы $\alpha = \omega t$, получим:

$$\upsilon = \frac{a cos\omega t}{\sqrt{sin\omega t}}, \quad (7)$$

Так как $\upsilon = \frac{dS}{dt}$, то выражение (7) будет иметь вид:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{a cos\omega t}{\sqrt{sin\omega t}}. \quad (8)$$

Откуда

$$dS = \frac{a cos\omega t}{\sqrt{sin\omega t}}\,dt\,. \quad (9)$$

Интегрируя выражение (9), получим:

$$S = \frac{1}{\omega}\int \frac{a\omega cos\omega t}{\sqrt{sin\omega t}}\,dt = \frac{a}{\omega}\int (sin\omega t)^{-\frac{1}{2}}\ d(sin\omega t) =$$

$$= \frac{a}{\omega}\ \frac{(sin\omega t)^{\frac{1}{2}}}{\frac{1}{2}} + C = \frac{2a}{\omega}\sqrt{sin\omega t}\ +\ C. \quad (10)$$

Дуговая координата частицы будет изменятся по выражению (10). Из-за действия восходящего вихревого потока траектория движения частицы в трубе сепаратора будет представлять собой винтовую линию.

Список использованной литературы

1. Белик М. А., Таркивский В. Е, Трубицын Н. В. Мобильный сепаратор для экспресс-оценки потерь зерна зерноуборочными комбайнами // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы XIII международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону: ООО "ДГТУ-ПРИНТ", 2020. С. 55-58.

2. Малис А. Я., Демидов А. Р. Машины для очистки зерна воздушным потоком. М.: МАШГИС, 1962. 176 с.

3. Определение точности результатов обработки проб мобильными сепараторами при экспресс-оценке потерь зерна зерноуборочными комбайнами / С. В. Тронев [и др.] // Техника и оборудование для села. 2024. № 5 (323). С. 33-36.

4. Повышение эффективности оценки функциональных характеристик зерноуборочных комбайнов / В. Ф. Федоренко [и др.] // Агроинженерия. 2021. № 1 (101). С. 15-19.

5. Ряднов А. И., Тронев С. В., Скворцов И. П. Метод оценки качества работы зерноуборочных комбайнов // Аграрная наука – основа успешного развития АПК и сохранения экосистем: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2012. Т. 3. С. 205-208.

6. Ряднов А. И., Тронев С. В., Скворцов И. П. Теоретическое обоснование нового способа оценки качества работы зерноуборочного комбайна // Стратегическое развитие АПК и сельских территорий РФ в современных международных условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015. Т. 2. С. 41-44.

7. Чаплыгин М. Е., Белик М. А., Тронев С. В. Методы определения потерь зерна и их сравнительная оценка // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы IX Международной научно-практической конференции (ИнформАгро-2017). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. С. 299-306.

УДК 631.354.2:621.031

К ВОПРОСУ О СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЯХ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В ПОЛОСТЯХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Тронев С. В., *д-р техн. наук, профессор*
Жуковский Д. Г., *аспирант*
Новиков В. С., *аспирант*
Коноплев А. А., *аспирант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Определены условия осреднения потока тел в полости рабочего органа. Если принять рассмотренные четыре условия, то процессы, выполняемые рабочими органами в случае осредненного и реального потоков тел, будет эквивалентными в отношении средних значений загрузки рабочих органов, производительности, длины рабочих полостей и их ориентации, а также пути, проходимого центрами инерции тел в полостях с учетом различий в значениях массы тел.

Ключевые слова: *движение материалов, полости рабочих органов, осредненный поток тел, рабочие органы зерноуборочных комбайнов.*

Зерноуборочный комбайн конструктивно представляет собой сложную систему, которая состоит из множества отдельных рабочих органов. Каждый рабочий орган выполняет одну или несколько технологических операций, воздействуя на движущеюся хлебную массу или материал [7, 8].

Описать законы движения материалов в полостях рабочих органов зерноуборочного комбайна является сложной задачей. Поэтому в инженерных расчетах пользуются средними значениями различных параметров, характеризующих движение материала в полостях рабочих органов, например, средними значениями пути, времени пребывания и скорости движения [1, 3, 5].

Горячкин В. П., Пустыгин М. А., Липкович Э. И. и другие ученые обращали внимание на сложность процессов движения материалов в полостях рабочих органов зерноуборочного комбайна. Было установлено, что в молотильном барабане хлебная масса поступает неопределенными пучками, тормозящими рабочий орган [2, 4, 6].

В действительности, хлебная масса представляет собой тела, которые различны по величине и массе. При этом полость рабочего органа может иметь сложные геометрические параметры, а тела находится в сложном движении, которое может включать: послойное движение, вращение, соударение и т. д. В дополнение к приведенному можно указать, что не установлена связь рассматриваемых характеристик с действующими на тела силами. Дальнейшее развитие понятий о средних значениях пути, скорости и времени пребывания массы в полости рабочего органа является актуальной задачей.

При работе зерноуборочного комбайна количество хлебной массы, одновременно находящейся в полости рабочего органа, изменяется во времени. Движущийся поток входит и выходит из рабочего органа, соответственно масса материала должна определятся как дискретная механическая система переменного состава, образованная телами. Это определение должно удовлетворять принципу соответствия и опираться на известные модели механической системы, жидкости и т. д.

Примером идеального случая движения материалов в полостях является протекание ламинарным течением жидкости в прямой трубе, ограниченной двумя воображаемыми параллельными плоскостями. Скорости всех материальных точек жидкости одинаковы по величине и направлению. Время t пребывания жидкости в полости трубы определяется, как отношение пути l, проходимое рабочей массой, к скорости υ, то тогда величины t, l, и υ постоянны.

На основе приведенного идеального случая можно выявить требования к определению рабочей массы. Если в качестве рабочей массы принимать поток тел, то система переменного состава образуется телами, у которых центры инерции движутся в полости рабочего органа.

Для центров инерции тел потока и их материальных точек можно сформулировать понятия о средних значениях пути, скорости и времени пребывания рабочей массы в полости рабочего органа, вывести формулы для их определения, а также разработать модель осредненного потока тел.

Осредненный поток тел – это такой воображаемый поток тел, у которого характеризующие значения некоторых параметров и функций, равны средним значениям соответствующих параметров и функций, характеризующих реальный поток тел.

Определим условия осреднения потока тел.

1. Загрузка рабочего органа осредненным потоком тел должна быть равна среднему по времени значению загрузки этого рабочего органа реальным потоком тел. Поэтому в выбранном промежутке времени $(t_0,\ t_l)$ масса осредненного потока тел $M_{п}^{'}$, выраженная определенным постоянным числом, должна быть равной осредненной по времени массе $M_{п.\ ср.}$ реального потока тел.

Данное условие возможно лишь в том случае, если тела осредненного потока бесконечно малы и их количество бесконечно велико.

Осредненный потоком тел можно представить в виде материальных точек, которые равномерно и непрерывно перемещаются по некоторой кривой J (рис.) с постоянной скоростью от начальной точки a до конечной точки b. Поэтому значение массы осредненного потока тел является постоянной величиной.

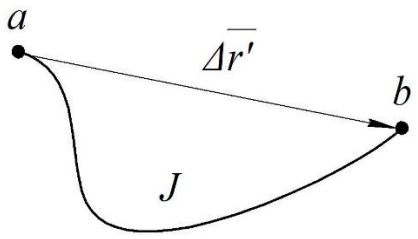


Рисунок – Схема осредненного потока тел

2. Среднее значение производительности рабочего органа на осредненном потоке тел в заданном промежутке времени (t_0, t_l) должно быть равно среднему значению производительности того же рабочего органа на реальном потоке за то же время. Поэтому за время $t_l - t_0$ масса тел M', которая отделяется от осредненного потока, должна быть равна массе тел $\Delta M_{вых}$, отделившихся от реального потока тел за то же время.

3. Приращение количества смещенных тел $\Delta\bar{Q}'$ осредненного потока тел равно приращению количеству смещения тел $\Delta\bar{Q}_{т}$ реального потока. Так как приращение количества смещения тел потока $\Delta\bar{Q}_{т}$ определяется действием сил и других факторов, то можно заключить, что осредненный поток тел эквивалентен реальному потоку тел не только по загрузке органа, но и по действию сил и других факторов, определяющих приращению количества смещения тел $\Delta\bar{Q}_{т}$ реального потока.

4. Сумма произведений массы материальных точек ΔH' осредненного потока тел на длине траектории кривой J, заключенной между точками a и b, должна быть равна сумме произведений массы тел реального потока $\Delta H_п$ на длины траекторий, описанные их центрами инерции. Для обеспечения одинаковой длины $|\Delta\bar{r}|$ (рис.) и траектории кривой J в полости рабочего органа центры инерции тел потока должны перемещаются внутри полости по кривым одинаковой длины и с равными скоростями.

Если принять рассмотренные четыре условия, то процессы, выполняемые рабочими органами в случае осредненного и реального потоков тел, будет эквивалентными в отношении средних значений загрузки рабочих органов, производительности, длины рабочих полостей и их ориентации, а также пути, проходимого центрами инерции тел в полостях с учетом различий в значениях массы тел.

Учитывая эквивалентность осредненного и реального потоков тел по четырем условиям можно принимать: в качестве оценки среднего значения времени пребывания центров инерции тел потока в рабочей полости $t_{ср.\ ц.и}$, которое определяется как время t' движения тела осредненного потока от начальной точки a до конечной точки b по кривой J; в качестве оценки длины приведенной траектории центров инерции тел $L_{ср.\ ц.и.}$, которая равна длине L' кривой J; в качестве оценки среднего значения скорости центров инерции тел потока $\upsilon_{ср.\ ц.и.}$, которая определяется как скорость υ' точек осредненного потока тел.

Среднее взвешенное по массе тел значение путей $L_{ср.\ ц.и.}$, пройденных центрами инерции тел в рабочей полости за время $t_l - t_0$, вычисляется по формуле:

$$L_{ср.\ ц.и} = \frac{\sum_1^q m_q l_q}{\sum_1^q m_q}, \quad (1)$$

где $m_1, m_2, \ldots, m_q$ – масса тел потока, кг; $l_1, l_2, \ldots, l_q$ – длина траектории центров инерции в пределах рабочей полости, м.

Среднее взвешенное по массе тел значение времени $t_{ср.\ ц.и}$ в промежутке $t_b - t_0$ пребывания центров инерции тел в рабочей полости

$$t_{ср.\ ц.и} = \frac{M_п(t_l - t_0)}{\Delta M_{вых}}, \quad (2)$$

где $M_п$ – масса потока тел как функция времени, кг; $(t_l - t_0)$ – промежуток времени, на концах которого масса потока тел и координаты их центров инерции имеют одинаковые значения, с; $\Delta M_{вых}$ – общая масса тел, у которых центры инерции тел вышли из рабочей полости, кг.

Среднее значение скорости движения центров инерции тел $\upsilon_{ср.\ ц.и}$ в рабочей полости:

$$\upsilon_{ср.\ ц.и} = \frac{L_{ср.\ ц.и}}{t_{ср.\ ц.и}}. \quad (3)$$

Положение центра тяжести a входа в рабочую полость точек $a_1, a_2, \ldots, a_m$ центров инерции тел определяется при условии, что в каждой из этих точек сосредоточена масса соответствующего тела. Положение центра тяжести b выхода их рабочей полости точек $b_1, b_2, \ldots, b_i$ определяется при условии, что в каждой из этих точек сосредоточена масса тела того же индекса.

Длина вектора $|\Delta\bar{r}|$ измеряется между точками a и b.

Среднее значение скорости движения центров инерции тел потока $\upsilon'_{\text{ср. ц.и}}$ в проекции на направление вектора $\Delta\bar{r}$:

$$\upsilon'_{\text{ср. ц.и}} = \frac{|\Delta\bar{r}|}{t_{\text{ср. ц.и}}}. \quad (4)$$

где $|\Delta\bar{r}|$ – длина вектора $\Delta\bar{r}$ по прямой от точки a до точки b, м.

Среднее значение скорости движения центров инерции тел потока в проекции на выбранную ось, например, x:

$$\upsilon''_{\text{ср. ц.и}} = \frac{\Delta r_x}{t_{\text{ср. ц.и}}}. \quad (5)$$

Экспериментальным путем с помощью различных средств и способов можно определить перечисленные функции и параметры.

Массу потока тел $M_{\text{п}}(t)$ как функция времени можно определить взвешиванием рабочего органа в процессе его работы. Если масса потока тел является постоянной величиной, то можно использовать метод «отсечки» потока тел и последующим взвешиванием всех тел на весах или как разность масс тел, у которых центры инерции вошли в рабочую полость и покинули ее.

Массу тел потока $m_1, m_2, \ldots, m_q$ можно определить, если заранее взвесить и пометить каждое тело потока. Траектории центров инерции тел в рабочей полости можно выявить методов скоростной фотосъемки, киносъемки и т. д.

Общую массу тел $\Delta M_{\text{вых}}$, у которых центы инерции вышли из рабочей полости, можно определить методом взвешивания отобранных тел.

Точки $a_1, a_2, \ldots, a_m$ входа центров инерции тел в рабочую полость определяются с помощью скоростной киносъемки или подачей тел заданным образом. В простых случаях для измерения длины вектора $|\Delta\bar{r}|$ возможно применить следующие допущение: точки $a_1, a_2, \ldots, a_m$ центров инерции тел можно не определять, считая, что цент тяжести a лежит по середине сечения потока на соответствует части плоскости рабочей полости. Аналогично можно найти цент тяжести выхода b из рабочей полости.

Величина промежутка времени (t_0, t_l) должна выбираться с учетом заданной точности определения искомых параметров.

Список использованной литературы

1. Голев Б. Ю., Ямпольский В. А. Исследование процессов в наклонной камере зерноуборочного комбайна методом имитационного моделирования // Инновационные технологии в науке и образовании: сборник научных трудов XII Международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 2024. С. 10-13.

2. Горячкин В. П. Собрание сочинений. М.: «Колос», 1968. Т. 1. 720 с.

3. Долгов И. А. Уборочные сельскохозяйственные машины. Конструкция, теория, расчет: учебник. Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2003. 707 с.

4. Липкович Э. И. Процессы обмолота и сепарации в молотильных аппаратах комбайнов. Пособие для конструкторов зерноуборочных машин. Зерноград, 1973. 166 с.

5. Литвинов А. И. Уравнение теории движения потока тел и их приложения // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1977. № 5. С. 25-27.

6. Пустыгин М. А. Теория и технологический расчет молотильных устройств. М.: Сельхозгиз, 1948. 96 с.

7. Ряднов А. И., Тронев С. В. Моделирование работы зерноуборочного комбайна // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 2 (26). С. 185-194.

8. Ряднов А. И., Тронев С. В., Скворцов И. П. Теоретическая оценка пропускной способности рабочих органов зерноуборочного комбайна // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 3 (34). С.189-194.

УДК 631.354.2

К ВОПРОСУ РАЗРУШЕНИЯ СВЯЗЕЙ ЗЕРНА С КОЛОСОМ

Тронев С. В., *д-р техн. наук, профессор*
Новиков В. С., *аспирант*
Жуковский Д. Г., *аспирант*
Чернов Д. С., *магистрант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Исследованиями установлено, что благоприятными условиями для разрушения связей зерна с колосом являются возникновение деформаций растяжения и изгиба из-за действия силы. Обоснована необходимость ограничения в зоне обмолота домолачивающего устройства свободного движения колоса за счет сил реакций на опорной поверхности.

Ключевые слова: *разрушение связей зерна, обмолот зерна, сепарирующие устройства, системы очистки, молотильно-сепарирующие устройства.*

В современных условиях уборка зерновых колосовых культур осуществляется при помощи зерноуборочного комбайна. Высокая производительность работы зерноуборочного комбайна может быть обеспечена, если рабочие органы и системы (жатка, молотильно-сепарирующие устройство, соломотряс, система очистки, домолачивающее устройство и т. д.) выполняют функции с высокими показателя качества [1, 7].

Современные молотильно-сепарирующие устройства и системы очистки зерноуборочных комбайнов не могут обеспечить 100 % обмолот и сепарацию зерна, особенно во время уборки в сложных условиях (высоко или низкоурожайный, засоренных или с повышенной влажностью хлебов). Поэтому в технологической схеме движения продуктов обмолота современных комбайнов предусмотрена доработка циркуляционной нагрузки или колосового вороха [5, 6, 8].

Состав колосового вороха включает компоненты обмолоченной хлебной массы: колоски, свободное зерно и сбоина. Объем каждого компонента в колосовом ворохе зависит от многих факторов: физико-механические свойства обмолачиваемой культуры, параметров настройки молотильного аппарата и органов системы очистки и т. д.

У многих зерноуборочных комбайнов доработка колосового вороха осуществляется в домолачивающем устройстве (рис. 1) [4]. Обмолот колосков или разрушение связей зерна с колосом происходит в зоне обмолота, которая находится над декой.

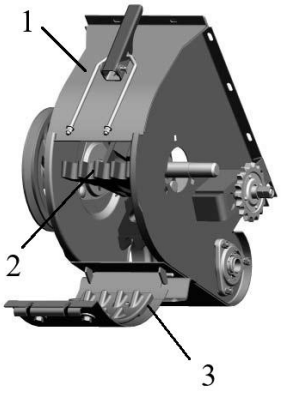


Рисунок 1 – Домолачивающее устройство
1 – корпус; 2 – ротор с лопастями; 3 – дека

Проведенный анализ строения колоса различных зерновых культур показал, что зерно удерживается в колосе при помощи колосовой и цветочной чешуй (рис. 2). Поэтому для выделения зерна из колоса должно сохранится условие, чтобы внешние разрушающие силы $P_{разр}$, Н, разрушили удерживающие связи:

$$P_{разр} = P_к + P_ц, \quad (1)$$

где $P_к$ – сила связи зерна с колосом при помощи колосовых чешуй, Н; $P_к$ – сила связи зерна с колосом при помощи цветочных чешуй, Н.

Проведенные ранее исследования были направлены на изучение разрушения связи зерна с колосом путем центрифугирования [2]. В процессе испытаний на заданной частоте вращения ротора центрифу-

ги определяли силы инерции, под действием которых разрушались связи между зерном и колосом. Зерно отделялось от колоса и двигалось как свободное тело до момента соударения с препятствием. Данные исследования не учитывают особенности разрушение связей зерна с колосом в зоне обмолота за счет различных видов деформации, которые возникают над декой.

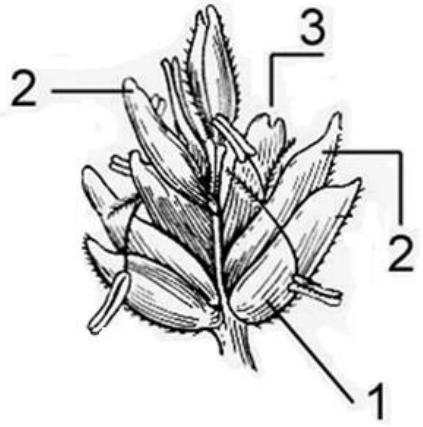


Рисунок 2 – Колос пшеницы
1 – колосковая чешуя; 2 – наружная цветковая чешуя;
3 – внутренняя цветковая чешуя

Достигнуть разрушения связей зерна с колосом возможно, если создать в связях необходимые деформации: растяжение, изгиб, сдвиг, кручение или их сочетание. Определим благоприятные условия для разрушения связей зерна с колосом.

Деформация может возникнуть из-за действия на зерно силы P (рис. 3), которое расположено в пространстве. Сила P к зерну приложено в точке A с координатами (X, Y, Z) и имеет с осями координат x, y, z углы: α, β, γ. Для этого выполним разложение вектора силы P на составляющие:

$$\mathrm{P_x} = \mathrm{P} \cdot cos\alpha, \tag{2}$$

$$\mathrm{P}_y = \mathrm{P} \cdot cos\beta, \tag{3}$$

$$\mathrm{P}_z = \mathrm{P} \cdot cos\gamma. \tag{4}$$

Определим моменты из-за действия силы P:

$$\mathrm{M_x} = \mathrm{P}_y \cdot Z - \mathrm{P}_z \cdot Y = P \cdot Z \cdot cos\beta - P \cdot Y \cdot cos\gamma, \tag{5}$$

$$\mathrm{M}_y = -\mathrm{P}_x \cdot Z + \mathrm{P}_z \cdot X = -P \cdot Z \cdot cos\alpha + P \cdot X \cdot cos\gamma, \tag{6}$$

$$\mathrm{M}_z = \mathrm{P}_x \cdot Y - \mathrm{P}_y \cdot X = P \cdot Y \cdot cos\alpha - P \cdot X \cdot cos\beta, \tag{7}$$

Составляющие силы P и моменты вызывают следующие деформации в чешуях:

- силы P_x и P_y приводят к сдвигу;
- сила P_z направлена на растяжение;
- моменты M_x и M_y изгибают относительно осей x и y;
- момент M_z приводит к кручению относительно оси z.

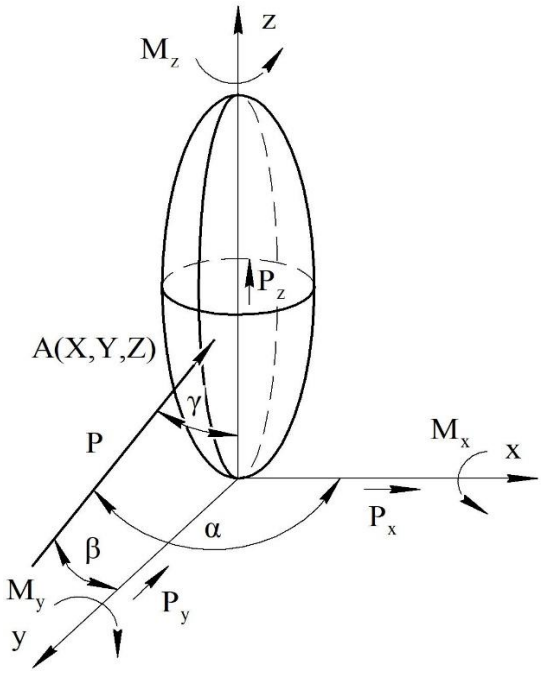


Рисунок 3 – Схема действия силы P на зерно
в трехмерной системе координат

Мерой интенсивности силовых факторов является нормальное σ и τ касательное напряжения. При действии силы P_z и моментов M_x и M_y будут возникать нормальные напряжение σ_z, а при P_x и P_y и M_z – касательные τ_{xy}. Условие разрушения связей с колосом имеет вид:

$$\sigma_{экв} \geq \sigma_{пред}, \quad (8)$$

где $\sigma_{экв}$ – эквивалентное напряжение, Па; $\sigma_{пред}$ – предельное напряжение, Па.

На основании III теории прочности, которую можно применить для хрупких материалов [3], получим:

$$\sigma_{экв} = 0{,}5\sigma_z + 0{,}5\sqrt{\sigma_z^2 + 4\tau_{xy}^2}, \quad (9)$$

где σ_z – нормальное напряжение, вызываемое действием силы P_z и моментами M_x и M_y, Па; τ_{xy} – касательное напряжение, вызываемое действием сил P_x и P_y и моментом M_z.

Составляющие формулы (9) равны

$$\sigma_z = \frac{P_z}{F} + \frac{M_x}{W} + \frac{M_y}{W} = \frac{P \cdot cos\gamma}{F} + \frac{P\ (Z \cdot cos\beta - Y \cdot cos\gamma)}{W} + \frac{P\ (X \cdot cos\gamma - Z \cdot cos\alpha)}{W}, \quad (10)$$

$$\tau_{xy} = \frac{P_x}{F} + \frac{P_y}{F} + \frac{M_z}{W} = \frac{\mathrm{P}(cos\alpha + cos\beta)}{F} + \frac{P(Y \cdot cos\alpha - X \cdot cos\beta)}{W}, \qquad (11)$$

где F – площадь поперечного сечения, м^2; W – момент сопротивления, м^3.

Запишем условие разрушения выражение (5) с учетом составляющих, получим:

$$\sigma_{\text{пред}} = 0{,}5\mathrm{P}\left(\frac{cos\gamma}{F} + \frac{Z \cdot cos\beta - Y \cdot cos\gamma}{W} + \frac{X \cdot cos\gamma - Z \cdot cos\alpha}{W}\right) + 0{,}5\mathrm{P}\sqrt{\left(\frac{cos\gamma}{F} + \frac{Z \cdot cos\beta - Y \cdot cos\gamma}{W} + \frac{X \cdot cos\gamma - Z \cdot cos\alpha}{W}\right)^2 + 4\left(\frac{cos\alpha + cos\beta}{F} + \frac{Y \cdot cos\alpha - X \cdot cos\beta}{W}\right)^2}, \qquad (12)$$

Из анализа уравнения (12) следует, что благоприятными условиями для разрушения связей зерна с колосом являются возникновение деформаций растяжения и изгиба из-за действия силы Р. Поэтому в зоне обмолота домолачивающего устройства необходимо ограничить свободное движение колоса за счет сил реакций на опорной поверхности, так как нельзя задать направление и точку приложения силы Р к колосу.

Список использованной литературы

1. Бердышев В. Е. Теоретическое определение комплексного показателя эффективности работы зерноуборочных комбайнов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2010. № 3 (19). С. 168-172.

2. Гутров М. А. Метод исследования разрушения связи зерна с колосом // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 1. С. 33-35.

3. Икрин В. А. Сопротивление материалов с элементами теории упругости и пластичности: учебник для студентов. М.: Изд. АСВ, 2004. 424 с.

4. Комбайн зерноуборочный самоходный РСМ-142 «ACROS». Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию. Версия 10. ООО «КЗ «Ростсельмаш». Ростов-на-Дону: ООО «КЗ «Ростсельмаш». 528 с.

5. Пустовит С. В., Оробинский В. И. Влияние массы циркулирующего зерна в молотилке комбайна на качество работы очистки // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2011. № 2 (29). С. 255-257.

6. Ряднов А. И., Тронев С. В., Стенковой А. П. Повышение пропускной способности домолачивающего устройства колосового вороха комбайна Дон-1500Б // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 1 (21). С. 172-178.

7. Ряднов А. И., Тронев С. В., Федорова О. А. Повышение производительности зерноуборочных комбайнов // Сельский механизатор. 2019. № 8. С. 2-3.

8. Совершенствование системы доработки колосового вороха / В. И. Оробинский [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15. № 3 (73). С. 11-17.

УДК 631.374

ОБОСНОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОГРУЗЧИКА-ТРАНСПОРТИРОВЩИКА РУЛОНОВ СЕНА

Федоров А. В., *аспирант*
Ряднов А. И., *д-р с.-х. наук, профессор*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Предложено модернизировать конструкцию основной и дополнительной платформ подборщика-транспортировщика рулонов сена. Модернизация конструкции обеспечивает возможность изменять длину обеих платформ в зависимости от размеров транспортируемых рулонов сена, что позволяет увеличить как количество транспортируемых за один рейс рулонов сена, так и степень использования грузоподъемности транспортного средства.

Ключевые слова: *транспортировка рулонов сена, пресс-подборщики, рулоны сена, грузоподъемность транспортных средств.*

В настоящее время в передовых сельскохозяйственных предприятиях Российской Федерации при заготовке высококачественного корма для животных применяются прогрессивные технологии и технические средства, обеспечивающие выполнение соответствующих технологий [5]. Для крупного рогатого скота в качестве корма используется силос, сено и сенаж [1]. При этом значительная доля сена заготавливается в прессованном виде. Прессование сена, в частности, в рулоны осуществляется рулонными пресс-подборщиками, выпускаемые предприятиями России, так и других стран.

Можно отметить наиболее распространенные в хозяйствах нашей страны следующие модели пресс-подборщиков:

- фирмы УНИСИБМАШ: ПР-110М, ПР-145М и ПР-150М;
- завода «Ростсельмаш»: марки серий Pelikan и Tukan;
- завода «Ленмаш»: ПРФ-145;
- завод «Кургансельмаш»: ПР-Ф-110;
- белорусской фирмы «BELARUS»: ПР-Ф-120, ПР-Ф-145, ПР-Ф-150,
- польской фирмы «Метал-Фач»: Z-587 и Z-562;
- немецкой фирмы «CLAASS»: Rollant 520;
- фирмы «John Deere»: W105.

Следует отметить, что модель применяемого пресс-подборщика определяет радиус рулона, его длину и плотность прессования, которая существенно влияет на массу рулона при прочих равных условиях.

Транспортировка рулонов сена с места их формирования до пункта складирования, хранения или переработки осуществляется различными транспортными средствами, в том числе грузовыми автомобилями ГАЗ-САЗ 3307, ГАЗ-3302 «Газель», КАМАЗ 55102 и другими, машинно-тракторными агрегатами в составе колесного трактора, например, МТЗ-82.1 и тракторного прицепа 2ПТС-4,5. Загрузка рулонов сена в указанные транспортные средства выполняется погрузчиками-стогометателями, например, ПФ-0,5М, СПН-0,5, грузоподъемность которых 500 кг. При этом существенны затраты труда, материальных средств и финансов, связанные с использованием технических средств на погрузке рулонов сена в транспорт и разгрузки их из грузовых не самосвальных автомобилей.

Имеются разработки технических средств, применение которых позволяет снизить затраты труда и средств на погрузочно-разгрузочных операциях. Так, в работе [2] представлена схема и описание грузовой платформы автомобиля для перевозки рулонов сена или соломы, применение которой позволяет не использовать дополнительное техническое средство для выгрузки рулонов с грузового не самосвального автомобиля.

В научной литературе представлены разработки погрузчиков-транспортировщиков, обеспечивающих погрузку, транспортировку и выгрузку рулонов сеносоломистых материалов без применения дополнительных технических средств [3, 6]. Так, сотрудниками Волгоградского ГАУ разработаны конструкции трех транспортных средств, обеспечивающих погрузку, транспортировку и разгрузку рулонов сена. При этом данные транспортные средства выполняют погрузку рулонов сена без остановок агрегата.

Базовой конструкцией этих средств явилось транспортное средство для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов преимущественно из сеносоломистых материалов (ПРТС-1) [7]. Это транспортное средство состоит из трактора, например, МТЗ-82.1 и модернизированного тракторного прицепа 2ПТС-4.5. Однако оно имело низкую производительность из-за недостаточного использования грузоподъемности. Кроме того, управление грузоподъемным механизмом осуществлялось вручную механизатором гидрораспределителем. С целью повышения использования грузоподъемности, а, следовательно, и производительности ПТРС-1, он был усовершенствован – применена конструкция двухъярусного транспортного средства [8].

Третья конструкция транспортного средства для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов сена [9] (рис. 1) оборудована системой автоматического включения механизма подъема дополнительной плат-

формы из нижнего положения в верхнее после ее загрузки рулонами сена. Затем выполнялась загрузка рулонами сена основной (нижней) платформы.



Рисунок 1 – Погрузчик-транспортировщик рулонов сена ПРТС-2

Эффективная работа разработанного тракторного транспортного средства (ПТРМ-2) возможна при максимальном использовании его грузоподъемности и внутренних габаритных размеров обеих платформ.

Транспортное средство ПТРМ-2, базой которого является тракторный прицеп 2ПТС-4,5, имеет грузоподъемность Q = 4,5 т и конструктивную длину платформы $L_к$ = 4,08 м [4].

Зная максимальную массу одного рулона сена G_{max} и грузоподъемность 2ПТС-4,5 Q = 4,5 т, рассчитано по формуле (1) количество рулонов сена, сформированных различными марками пресс-подборщиков, которые теоретически можно загрузить в транспортное средство при полном использовании его грузоподъемности. Результаты расчета представлены в таблице 1.

$$N_{max} = \frac{Q}{G_{max}}. \quad (1)$$

Результаты расчета N_{max} представлены также в таблице 1.

Платформы ПТРМ-2 могут заполняться рулонами сена, сформированными разными марками пресс-подборщиков. При этом, рулоны сена от разных пресс-подборщиков отличаются не только массой, но и геометрическими размерами, в частности, максимальным диаметром поперечного сечения D_{max} (табл. 1).

С учетом конструктивной длины основной платформы $L_к$=4,08 м и возможным удержанием последнего загружаемого в один ряд рулона загрузочным устройством, длина размещения рулонов может быть увеличена на расстояние по горизонтали от внутренней части перед-

него борта основной платформы до точки касания погрузочным устройством рулона сена $L_{п.б.}$ = (0 – 1,0) м. Тогда в один ряд от рассматриваемых пресс-подборщиков могут разместиться следующее число рулонов сена:

$$N_{\text{р}} = \frac{(L_{\text{к}}+L_{\text{п.б.}})}{D_{max}}, \quad (2)$$

где D_{max} – максимальный диаметр рулона сена от рассматриваемого пресс-подборщика, м.

В дальнейших расчетах принято среднее значение $L_{п.б.}$ = 0,5 м.

Результаты расчета количества рулонов сена, сформированных некоторыми пресс-подборщиками, которые возможно разместить в один ряд на основной платформе представлены в таблице 1.

Результаты, представленные в таблице 1, показывают, что при транспортировке $2N_{\text{р}}$ рулонов сена, сформированных большинством моделей пресс-подборщиков, на обеих платформах ПТРМ-2 использование его грузоподъемности будет низким, что, безусловно, окажет влияние на показатели эффективности его применения.

С целью, повышения использования грузоподъемности ПТРМ-2 предложено модернизировать конструкцию его платформ – возможность изменять их длину в зависимости от размеров транспортируемых рулонов сена.

Таблица 1 – Диаметры и максимальная масса рулонов сена

Марка пресс-подборщика	D_{max}, м	G_{max}, кг	Количество рулонов сена, шт.	
			N_{max}	$N_{\text{р}}$
ПР-110М	1,10	350	12	4
ПР-145М	1,45	600	7	3
ПР-150М	1,50	800	5	3
ПРФ-145	1,45	600	7	3
ПР-Ф-110	1,10	200	22	4
ПР-Ф-120	1,20	400	11	3
ПР-Ф-145	1,45	450	10	3
ПР-Ф-150	1,50	750	6	3
Z-587	1,20	500	9	3
Z-562	1,20	500	9	3
ППР-120 «Pelikan»	1,80	400	11	3
Tukan	1,80	800	5	3
Rollant 520	1,20	500	9	3
W105	1,40	500	9	3

На рисунке 1 представлена схема модернизированного ПТРС-2.

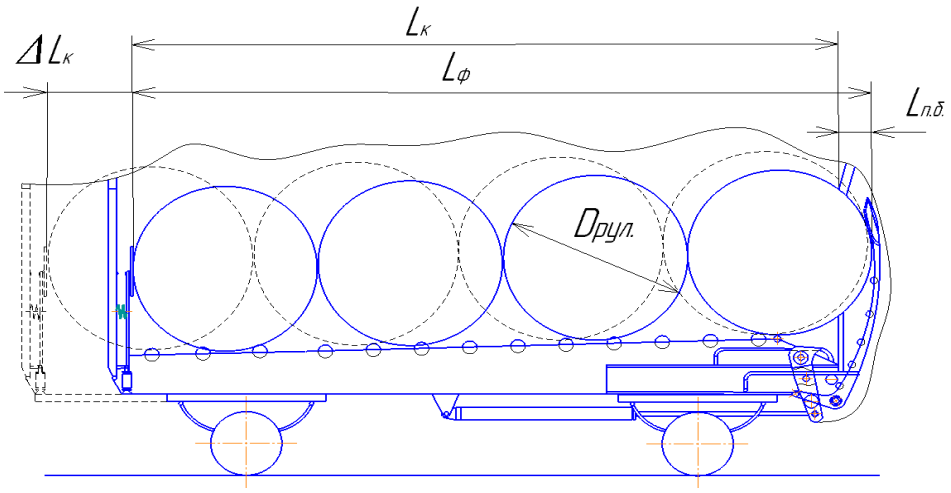


Рисунок 2 – Схема модернизированного погрузчика-транспортировщика рулонов сена ПРТС-2

На схеме ПТРС-2 (рис. 2) основными линиями показан ПРТС-2 до модернизации с загрузкой рулонами сена с минимальным диаметром, а штриховыми линиями – дополнения к конструкции ПТРМ-2 при транспортировке рулонов сена с большими геометрическими размерами.

В связи с этим, параметры конструкции ПТРМ-2 должны удовлетворять характеристикам рулонов сена от наиболее распространенных пресс-подборщиков в данном регионе или даже в конкретном сельскохозяйственном предприятии.

Определим на сколько потребуется увеличивать длину платформы ($\Delta L_к$) в случае транспортировки рулонов сена от некоторых используемых в хозяйствах Волгоградской области пресс-подборщиков, например, ПР-Ф-110, ППР-120 «Pelikan» и ПР-Ф-145 при увеличении их количества в ряду на один рулон. При этом учитываем максимальный диаметр одного рулона сена и $L_{п.б.}$ = 0,5 м. Результаты расчета представлены в таблице 2.

При увеличении загрузки каждой платформы ПТРС-2 на один рулон сена, увеличатся масса транспортируемых рулонов и степень использования грузоподъемности транспортного средства, расчеты которой представлены в таблице 3.

Таблица 2 – Расчетное увеличение длины платформы транспортного средства при увеличении количества рулонов в одном ряду на один рулон

Марка пресс-подборщика	Количество рулонов в одном ряду, шт.	Увеличение длины платформы $\Delta L_к$, м
ПР-Ф-110	5	0,92
ППР-120 «Pelikan»	4	0,22
ПР-Ф-145	4	1,22

Таблица 3 – Масса транспортируемых рулонов сена за один рейс ПТРМ-2 и степень использования его грузоподъемности

Марка пресс-подборщика	Количество рулонов, транспортируемых за один рейс, шт.	Максимальная масса транспортируемых рулонов за один рейс, кг	Коэффициент использования грузоподъемности ПТРМ-2
ПР-Ф-110	10	2000	0,444
ППР-120 «Pelikan»	8	3200	0,711
ПР-Ф-145	8	3600	0,800

Увеличение длины основной и дополнительной платформ ПТРМ-2 позволит увеличить не только его производительность, но и повысить степень использования грузоподъемности транспортного средства.

Расчеты также показали, что при загрузке обеих платформ расчетным количеством рулонов и с учетом их массы (см. табл. 3) при движении агрегата по дороге (или по полу) с уклоном в направлении движения до 10° его передние колеса не отрываются от поверхности дороги (поля).

Таким образом, предложено конструктивное решение по модернизации подборщика-транспортировщика рулонов сена, позволяющее увеличить использование его грузоподъемности.

Список использованной литературы

1. Валге А. М., Попов Д. В. Использование систем управления базами данных (СУБД) для проектирования технологий сельскохозяйственного производства // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2004. № 76. С. 5-17.

2. Грузовая платформа автомобиля для перевозки рулонов сена, соломы: пат. 2554036 РФ / Ряднов А. И., Шарипов Р. В., Алмазов И. В.; заявл. 15.10.2013; опубл. 20.04.2015. Бюл. № 11. 3 с.

3. Погрузчик-транспортировщик рулонов сеносоломистых материалов: пат. 2580163 РФ / Шапров М. Н., Абезин В. Г., Харлашин А. В., Цепляев А. Н.; заявл. 12.05.2015; опубл. 10.04.2016. Бюл. № 10. 3 с.

4. Прицеп тракторный 2ПТС-4,5. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Саранск: ОАО «МордовАгроМаш», 2016. 35 с.

5. Ряднов А. И., Шарипов Р. В. Выбор эффективной технологии уборки сельскохозяйственных культур // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2004. № 8. С. 26-28.

6. Транспортное средство для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов: пат. 2108022 РФ / Гуськов Ю. А., Блынский Ю. Н., Голубь С. А., Тихонкин И. В.; заявл. 06.03.1996; опубл. 10.04.1998. Бюл. № 9. 3 с.

7. Транспортное средство для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов преимущественно из сеносоломистых материалов: пат. 2728961 РФ / Ряднов А. И., Федорова О. А., Шарипов Р. В., Фандеев С. Ю..; заявл. 22.10.2019; опубл. 03.08.2020. Бюл. № 22. 3 с.

8. Транспортное средство для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов сена: пат. 2747569 РФ / Ряднов А. И., Федорова О. А., Шарипов Р. В., Фандеев С. Ю.; заявл. 14.10.2020; опубл. 07.05.2021. Бюл. № 13. 3 с.

9. Транспортное средство для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов сена: пат. 2833277 РФ / Ряднов А. И., Федоров А. В.; заявл. 02.05.2024; опубл. 16.01.2025. Бюл. № 2. 3 с.

УДК 631.358:635.61/.63

ПРИМЕНЕНИЕ ШИРОКОЗАХВАТНЫХ ТРАНСПОРТЕРОВ ПРИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ УБОРКЕ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

Шапров М. Н., *д-р техн. наук, профессор*
Седов А. В., *канд. техн. наук, заведующий кафедрой*
Павленко Д. С., *аспирант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Механизированные способы уборки бахчевых подразумевают использование специализированной сельскохозяйственной уборочной техники. Получение продовольственной продукции бахчевых культур с наименьшими издержками и с высоким качеством плодов бахчевых культур обеспечивается за счет использования широкозахватных транспортеров и прицепных платформ.

Ключевые слова: *бахчевые культуры, уборка плодов бахчевых культур выборочный сбор плодов, широкозахватные транспортеры.*

Бахчеводство традиционно является гордостью Российского агропромышленного комплекса. Растения бахчевых культур обладают уникальной особенностью, которая позволяет формировать высокий урожай даже в условиях полупустынь, поэтому бахчевые культуры получили популярность в Южных регионах страны, где возделывание других культур крайне рискованно. К регионам с самым развитым промышленным бахчеводством относятся: Астраханская, Волгоградская, Саратовская, Самарская и Оренбургская области, а также Краснодарский край.

В настоящее время при промышленном выращивании арбузов и дынь широко применяются технологии капельного орошения под укрывной пленкой. Такой подход позволяет увеличить валовый сбор плодов за счет получения более раннего урожая. Кроме того, он способствует снижению издержек производства и повышению качества выращиваемых бахчевых культур. Однако, лучшими по качеству считаются арбузы, выращенные в богарных условиях Нижнего Поволжья [5, 7].

В последнее время расширяется сфера переработки продукции бахчеводства: выделение семян с последующем получением различных видов продукции (масло, лекарственные препараты, пищевые добавки), переработка мякоти арбузов, тыквы и дыни с целью получения

пищевой продукции – цукатов, повидла, арбузного меда (нардека).

В фермерских хозяйствах уборку плодов арбузов как раннеспелых, так и среднеспелых и поздних сортов производят вручную – такой способ особенно оправдан при уборке по мере созревания плодов. Для облегчения ручного сбора плодов бахчевых культур применяют различного типа носилки, захваты, платформы и тележки, которые позволяют облегчить труд сборщиков плодов и повысить производительность труда, но заменяют только одну операцию – вынос плодов с поля.

Уборка бахчевых культур с использованием только ручного труда сопровождается рядом недостатков:

1. Задействование большого числа людей.

2. Продукция, собранная в кучи или валки, лежит на земле, под открытым небом и часто под палящим солнцем, что приводит к её загрязнению, перегреву, увяданию, гниению и как следствие получению большого процента брака.

3. Работники, осуществляющие ручной сбор, хаотично передвигаются по полю, руководствуясь своими визуальными предпочтениями, что приводит к снижению производительности труда из-за хождения по уже убранным местам.

4. Ручной сбор продукции приводит к быстрому утомлению сборщиков и снижению производительности.

5. Возникают лишние перегрузки и перемещения плодов, что приводит к их повреждениям и дальнейшей выбраковке.

Механизированные способы уборки бахчевых подразумевают использование специализированной сельскохозяйственной уборочной техники. Этот способ эффективен при высокой урожайности и больших посевных площадях «в крупных предприятиях, где ручной сбор урожая становится непрактичным из-за масштабов производства» [1].

«Ведутся исследования и разработки инновационных автоматизированных технологий уборки урожая, включая использование роботизированных технологий и систем машинного зрения для определения зрелости плодов» [1].

Для механизированной уборки требуется дружное созревание плодов, чтобы обеспечить товарность уборки до 100 %. В то же время далеко не все сорта арбузов и других бахчевых позволяют применять машины для сплошной уборки. Объясняется это неодновременным созреванием плодов, большой вегетативной массой растений, разной формой и размером плодов [3].

По мере созревания в плодах арбуза накапливается сухое вещество и сахара. Пока формируются семена, сахаров в мякоти и соке относительно немного, потому что значительная их часть расходуется на образование семян, а также на их «дыхание». Со временем семена перестают расти, активность их «дыхания» снижается. Соответствен-

но, они больше не нуждаются в прежнем количестве сахаров. Поэтому сахара начинают теперь накапливаться в мякоти. В плодах возрастом 15-20 суток преобладает глюкоза. К 30-40-му дню постепенно возрастает процент фруктозы и сахарозы, за счет чего вкус арбузов улучшается.

В среднем с одного гектара площади можно получить 20-30 тонн арбузов, или 20-30 кг/10 м^2. При благоприятных условиях урожайность достигает 45-55 тонн с гектара. Каждый арбуз весит от 10 кг и более.

Раннеспелые сорта арбузов убирают в несколько приемов, по мере созревания плодов. Обычно уборку проводят 2-3 раза. Среднеспелые и поздние сорта, а также плоды, выращенные на семена, убирают одноразово.

Арбузы, в отличие от дынь, плохо дозревают при хранении, поэтому их собирают в тот момент, когда мякоть уже стала розовой, а семена приобрели характерную для данного сорта окраску. Полностью вызревшие арбузы тоже не пригодны для длительного хранения. Уже примерно через месяц их мякоть размягчается.

Первый сбор урожая проводят, когда поспеет примерно половина всех арбузов. Последний сбор проводят перед заморозками. Не все арбузы успевают выспеть к этом времени. Недозрелые тоже снимают и засаливают на зиму.

Новичкам нелегко определить спелость арбуза «на глаз». Внешние признаки не всегда надежны. У зрелого арбуза усыхает плодоножка и усики возле нее. Корка становится блестящей, упругой, окраска – интенсивной, рисунок, характерный для данного сорта, проступает все четче и четче. Если арбузы выращиваются в открытом грунте, по мере поспевания на их корке со стороны земли образуются большие желтые пятна. Можно слегка хлопнуть по арбузу ладонью или щелкнуть по нему пальцами: спелый плод отдается глухим звуком. Это происходит потому, что в зрелой арбузной мякоти больше сока. При сдавливании хорошо выспевший арбуз потрескивает.

Арбузы отрезают от стеблей и боковых побегов при помощи ножа, оставляя хвостик длиной около 5 см. Срывать арбузы руками не рекомендуется: при этом зачастую повреждается сам плод, а место надрыва быстро загнивает.

Раннеспелые сорта, а также первую «волну» среднеспелых и среднепоздних сортов убирают вручную.

К механизированной уборке целесообразно прибегать только в случае равномерного развития и дружного созревания арбузов. Для погрузки арбузов в транспортное средство используют широкозахватный ленточный транспортер с механическим приводом. Если нет возможности приобрести такой агрегат, арбузы грузят вручную, однако

в этом случае затраты труда при уборке увеличиваются на 50-60 %. Арбузы, выращенные для продовольственных целей, загружают в автотранспорт вручную [7].

Собранный урожай загружают в кузов транспортного средства или укладывают в контейнеры, установленные на тракторном прицепе. Грамотная организация уборки арбузов снижает потери урожая и положительно сказывается на товарном качестве плодов. Бахчу заранее разбивают на полосы шириной 20-40 м. Междурядья очищают от растений, убирают оттуда плоды, т. е. подготавливают дорогу, по которой собранный урожай будут увозить с поля.

С кустов срывают спелые арбузы, кладут их в мешки или на носилки группами по 3-5 шт. и перетаскивают к месту погрузки. Если работа организована правильно, растения и недозревшие арбузы не пострадают.

Если уборка урожая проводится с использованием широкозахватных транспортеров или навесных лотков, поступают несколько иначе. Агрегат движется вдоль рядов, за ним идут сборщики и укладывают сорванные плоды на лотки. Арбузы скатываются по лоткам и образуют валок вдоль дороги. В таком случае на обслуживание одной машины требуется 12-15 человек.

К месту хранения или реализации арбузы транспортируют в контейнерах или на поддонах. Их выстилают соломой или стружкой. Этими же материалами перекладывают и ряды самих арбузов. Можно перевозить арбузы и безо всякой тары, разложив их в один ряд на соломенную подстилку.

Рассмотрим представленные на рынке сельскохозяйственных машин модели прицепных платформ и широкозахватных транспортеров, которые используются при механизированной уборке овощебахчевых культур.

Платформа ПВУ-18 предназначена для выборочной и сплошной уборки перца, патиссона, томата, цукини, а так же брокколи и цветной капусты с одновременной сортировкой, калибровкой, очисткой, мойкой, фасовкой и палетированием, либо консервированием при необходимости (рис. 1).

Ширина захвата рабочих крыльев платформы составляет 18 метров, по 9 метров с каждой стороны. Габаритные размеры самой платформы 9 метров в длину и 2,45 в ширину.

Платформа оснащена селекционным ленточным столом и защищена тентом от осадков и попадания солнечных лучей.



Рисунок 1 – Прицепная платформа для уборки овощей ПВУ-18

При использовании платформы ПВУ-18 убираемый овощ не касается земли, а сазу же после отрыва от стебля попадает на ленту, а далее на селекционный стол, где очищается, сортируется, калибруется и попадает либо в сетки или ящики.

Использование платформы ПВУ-18 даёт ряд преимуществ:

1. Значительно сокращается число людей, задействованных в уборочном процессе.

2. Существенно снижаются трудовые затраты при максимальной эффективности, отпадает необходимость в уборке вёдрами, необходимо лишь срывать овощи и сразу же укладывать на ленту, что позволяет увеличить производительность труда и повысить качество убираемой продукции путем снижения брака.

3. Осуществляется точный контроль нормы выработки каждого сотрудника при закреплении за конкретным рядком посадок.

4. Использование платформы в качестве передвижного цеха по первичной переработке продукции, что в свою очередь исключает промежуточные логистические операции и приводит к снижению себестоимости продукции и трудоёмкости всего технологического процесса.

Итальянская компания Spapperi предлагает оригинальное и простое решение для уменьшения затрат труда при уборке продукции: прицепной транспортер для уборки бахчевых культур модели BR712 (рис. 2).

Общая грузоподъемность прицепа составляет 12000 кг. Машина оснащена гидравлическим оборудованием для управления, а также гидравлической тормозной системой, имеет соответствующие сертификаты для передвижения по дорогам общего пользования. Дорожный просвет превышает 500 мм, что не создает проблем при работе в сложных полевых условиях или на пересеченной местности. Прицеп оснащен ПВХ покрытием, имеет жесткую крышу, раздвижные или съемные боковые и задние стенки.



Рисунок 2 – Прицепной транспортер для уборки бахчевых культур модели BR712

Складывающаяся конвейерная лента модели NF940 оптимальным образом подходит для использования с прицепом BR712 и предназначена для упрощения ручной уборки различных культур, в том числе арбузов и дынь. Конвейер имеет габаритные размеры 900 х 40 см, изготовлен из стали и алюминия, что обеспечивает необходимую прочность и одновременно легкость конструкции.

Высота загрузочной платформы составляет 1,3 м от уровня земли. Также в стандартную комплектацию оборудования входит консоль оператора для управления гидроприводами конвейера. Варианты конструктивного исполнения и монтажа транспортерной ленты могут различаться: от крепления на прицеп для самозагрузки до установки на трактор с подачей в отдельное транспортное средство.

«Белорусское предприятие «Техмаш» производит прицепную платформу ПУО-1А, предназначенной для уборки овощей (огурцов, капусты, помидоров и т. д.) и загрузки их в тару или транспортное средство непосредственно во время уборки в поле» [4].

«При движении платформы рабочие, которые находятся на лежаках, собирают головки капусты и составляют их на транспортер, откуда они падают в ящик, который после наполнения оператор переставляет на заднюю часть платформы» [4].

Платформа агрегатируется с тракторами класса 1,4, которые укомплектованы ходоуменьшителями. Рабочая ширина захвата платформы – 14 м. Рабочая скорость движения составляет до 0,15 км/ч (0,04 м/с). Продуктивность за час основного времени – 0,25 га/ч.

Для выполнения технологического процесса задействовано 12 работников, в том числе: один тракторист, один оператор и десять рабочих-сборщиков.

«Производители техники для уборки овощей (капуста всех видов, салаты, помидоры, огурцы и бахчевые культуры) предлагают транспортеры-погрузчики, которые являются полуавтоматическими

уборочными оборудованиями. Головки капусты собирают и укладывают на боковую ленту транспортера вручную, откуда они перемещаются на центральную ленту и затем их складывают в ящики, сортируют, перегружают в контейнеры или прямо в прицеп» [4].

«Составные части машины – это модули, позволяющие овощеводам получить различные комбинации машин (различные модели). Обычно в комплект поставки транспортеров-погрузчиков для сбора капусты входят различные виды рам, центральных и боковых лент (одинарные или двойные) и сортировочная платформа» [4].

Оптимальным считается сочетание ручного и механизированного труда.

Применение широкозахватных транспортеров на выборочном или сплошном сборе бахчевых культур повышает производительность труда в 2-4 раза по сравнению с ручной уборкой и позволяет механизировать процесс транспортировки и погрузки плодов, в то время как выбор спелых плодов, их подбор и укладку на транспортер выполняют вручную [8].

Список использованной литературы

1. Выращивание бахчевых культур – урожайность и её повышение, удобрения, уход, сбор урожая, характеристики, болезни и их лечение. https://xn--80acefeactbeq7aicjwll5b0etj.xn--p1ai/issledovaniya/vyrashhivanie-bahchevyh-kultur/

2. Повышение эффективности уборки бахчевых культур за счет применения погрузочно-транспортного агрегата / М. Н. Шапров, А. В. Седов, М. А. Садовников, И. С. Мартынов // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2021. Т. 2. С. 167-173.

3. Состояние и перспективы развития машин для механизированной уборки бахчевых культур / А. В. Седов, М. Н. Шапров, А. В. Гурба, О. П. Седова // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. Том V. С. 248-252.

4. Уборка капусты. официальный сайт. https://the-farmer.ru/uborka-kapusty

5. Факторы, влияющие на технологический процесс уборки бахчевых культур / М. Н. Шапров, А. В. Седов, О. П. Седова, А. В. Гурба // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. С. 637-642.

6. Аналитическое определение технологических параметров разработанного комбайна для уборки бахчевых / А. Н. Цепляев, В. А. Цепляев, М. В. Ульянов, С. В. Климов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 321-327.

7. Шапров М. Н., Седов А. В., Гурба А. В. Обоснование оптимальной технологии уборки бахчевых культур // Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты: сборник научных трудов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик, 2021. Том I. С. 156-159.

8. Шапров М. Н., Седов А. В., Гурба А. В. Анализ технологий и способов уборки бахчевых культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 363-374.

СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 631.53.027+633.854.78

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАНОСТИ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Аксенов М. П., *канд. с.-х. наук, доцент*
Чернявский А. Н., *канд. техн. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Проведены лабораторные исследования по определению оптимальных параметров напряженности электрического поля переменного напряжения и времени воздействия. Для гибридов подсолнечника Сингента НК Неома и ЛГ 5550 определены оптимальные технологические параметры воздействующих факторов.

Ключевые слова: *предпосевная обработка семян, семена подсолнечника, лабораторная всхожесть семян.*

Целью проведенных исследований является повышение продуктивности подсолнечника, путем электрофизической стимуляции семенного материала.

Подсолнечник по-прежнему является самой рентабельной культурой, возделываемой в Волгоградской области. При этом регион входит в ТОП-5 регионов по площадям занятыми под подсолнечником (рис. 1) [1].

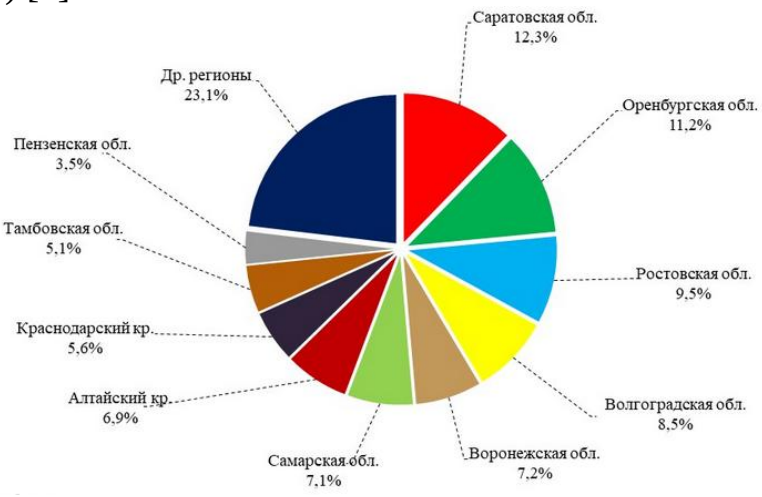


Рисунок 1 – Посевные площади под подсолнечником в России



Рисунок 2 – Урожайность подсолнечника в России

По величине валового сбора наш регион находится на 4 месте. Ключевым показателем для подсолнечника, как и для других культур является урожайность с 1 га. В 2001 году средняя урожайность составляла 7,3 ц/га, в 2015 году этот показатель уже составил 14,2 ц/га, а в 2024 году достиг 17,2 ц/га, что указывает на устойчивый рост урожайности (рис. 2) [1].

Эти данные являются средними по стране, в то время как в соседнем регионе в Воронежской области, которая граничит с Волгоградской областью и сходна по почвенно-климатическим показателям, урожайность составляет 32 ц/га, а в Волгоградской всего 19 ц/га.

Данные факты свидетельствуют о необходимости проведения работ по усовершенствованию технологии возделывания подсолнечника.

Кроме применения классических агроприемов, таких как, обработка почвы, выбор предшественников, соблюдение севооборота, применение удобрений, повышение урожайности может достигаться подготовкой семенного материала. По сравнению с протравливанием химическими препаратами экологически чистыми является предпосевная обработка электрофизическими способами.

Правильно выбранный режим воздействия стимулирует ростовые процессы в семени, что повышает всхожесть семян [2].

В качестве электрофизического фактора был выбран наиболее простой в применении и реализации способ – воздействие на семена электрического поля переменного напряжения.

Обзор литературных источников применения электрического поля высокого напряжения на электростимуляцию семян лжеакации, подсолнечника, показывает большую эффективность этого способа [3-6].

Исследования проводились в лаборатории «Техника высоких напряжений» в Волгоградском ГАУ г. Волгограда. В качестве источника создания переменного поля высокого напряжения использовался

высоковольтный аппарат СКАТ-70 [7], позволяющий создавать напряжение переменного тока до 70 кВ, обладающий плавным регулированием рабочего напряжения, визуально отображаемом на цифровом дисплее.

Таблица 1 – Результаты исследования влияния электрического поля на лабораторную всхожесть семян гибридов подсолнечника

Номер опыта	Время, τ (сек.)	Напряженность электрического поля, Е, кВ/см	Гибрид Сингента НК Неома	Гибрид ЛГ 5550
			Лабораторная всхожесть, %	
1	15	2	87	85
2	30		87	85
3	45		87	85
4	60		87	85
5	75		88	86
6	90		89	86
7	105		89	87
1	15	4	87	85
2	30		88	86
3	45		89	86
4	60		89	87
5	75		90	87
6	90		90	88
7	105		91	88
1	15	6	88	86
2	30		90	88
3	45		91	88
4	60		92	90
5	75		94	92
6	90		95	93
7	105		95	94
1	15	8	89	87
2	30		90	89
3	45		93	90
4	60		95	92
5	75		95	93
6	90		95	93
7	105		95	93
1	15	10	90	88
2	30		91	88
3	45		93	90
4	60		95	92
5	75		95	93
6	90		95	93
7	105		95	93

Аппарат СКАТ-70 представляет собой переносное устройство, состоящее из двух приборов: высоковольтного трансформатора и измерительного блока, которые соединены между собой кабелем. На высоковольтный трансформатор с измерительного блока подаётся управляемое сетевое напряжение, которое преобразуется в высоковольтное. Испытуемое изделие или материал, а в нашем случае один из электродов заземляется, второй же рабочий электрод подключается к высоковольтному выводу трансформатора, который расположен на его верхней крышке. Выбор режимов работы аппарата производится с помощью органов управления, расположенных на передней панели измерительного блока. Уровни выходного напряжения и силы тока отображаются на встроенных цифровых индикаторах измерительного блока. Высоковольтный трансформатор имеет штангу заземления, которая управляется от измерительного блока и служит для снятия с испытуемого изделия накопленного им заряда. При проведении исследований штанга отводится от высоковольтного вывода трансформатора.

В качестве объектов исследования выбраны два гибрида подсолнечника – Сингента НК Неома, ЛГ 5550, оба гибрида импортные, обладающие достаточно хорошей всхожестью 87 % и 85 % соответственно.

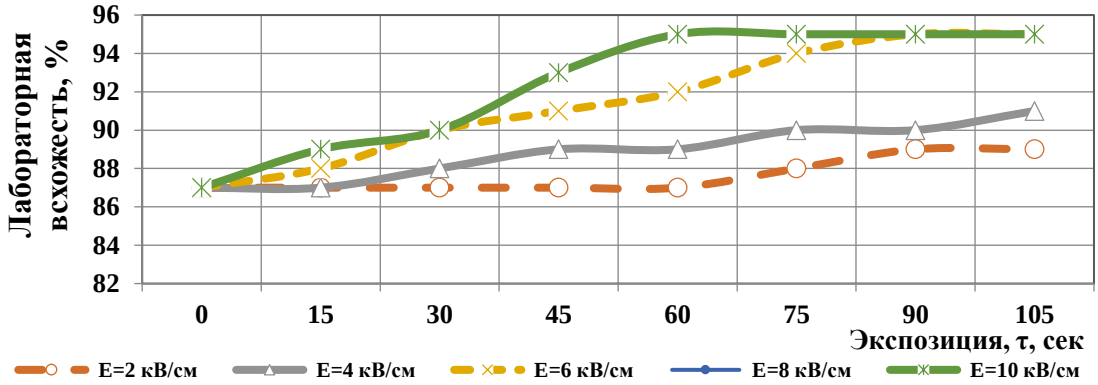


Рисунок 3 – Зависимость лабораторной всхожести семян подсолнечника Сингента НК Неома от напряженности электрического поля переменного напряжения и времени воздействия

На семена оказывалось воздействие электрического поля напряженностью от 2 до 10 кВ/см с шагом 2 кВ/см, время воздействия так же было принято с градацией в 15 секунд, от 15 секунд до 105 секунд [8-9]. Опыты проводились в 4-х кратной повторности [10].

Как видно из графиков зависимостей, гибрид Сингента НК Неома (рис. 3) при напряженности поля 2 кВ/см, всхожесть практически не отличалась от контроля. При 4 кВ/см при 105 сек. всхожесть достигала 91 %. Оптимальным по напряженности поля и времени воз-

действия можно считать режим с напряженностью 8 кВ/см и временем 60-75 сек., так с увеличением времени показатели всхожести не увеличивалось и оставались на уровне 95 %. При 10 кВ/см получены данные идентичные режиму 8 кВ/см. Таким образом в результате воздействия на семена электрического поля лабораторная всхожесть повысилась до 95 %, т. е. на 8 %.

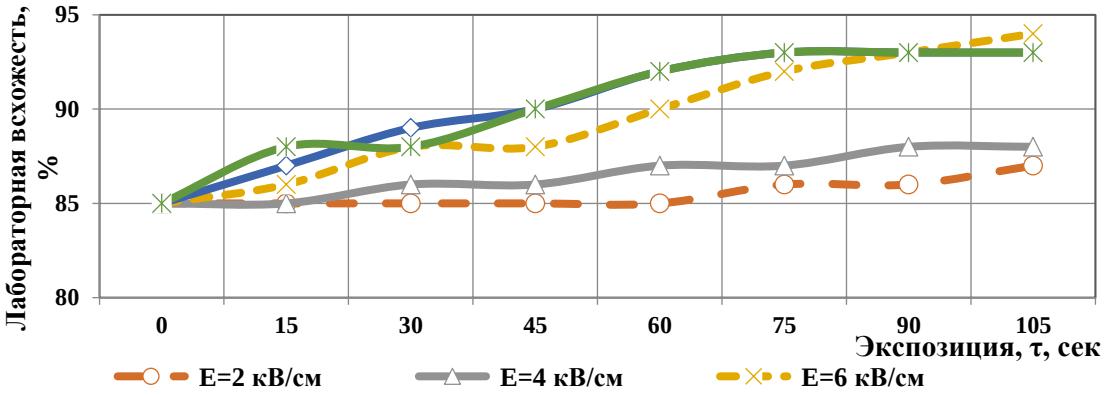


Рисунок 4 – Зависимость лабораторной всхожести семян подсолнечника ЛГ 5550 от напряженности электрического поля переменного напряжения и времени воздействия

Анализ полученных данных, по результатам предпосевной обработки семян гибрида подсолнечника ЛГ 5550 свидетельствует об наибольшем увеличении лабораторной всхожести семян при режимах с напряженностью 8 кВ/см до 93 % (рис. 4) – при времени обработки 75-105 сек. Относительно контроля (85 %) достигается повышение лабораторной всхожести на 8 %.

Полученные результаты лабораторных исследований семян гибридов подсолнечника, позволяют сделать вывод о наиболее эффективные режимы электростимуляции являются – напряженность воздействия 6-8 кВ/см при времени электростимуляции 60-75 секунд.

Список использованной литературы

1. Прогноз сборов подсолнечника на 2024 год. https://ab-centre.ru/news/prognoz-sborov-podsolnechnika-na-2024-god?ysclid=mm8vpi2jej676119981

2. Нижарадзе Т. С. Теоретическое обоснование применения физических методов предпосевной обработки семян в защите зерновых злаковых культур от болезней: дис. Самара, 2016. 377 с.

3. Беленков А. И., Аксенов М. П., Юдаев И. В. Предпосевная обработка семян подсолнечника в Волгоградской области. // Фундаментальные и прикладные основы сохранения плодородия почвы и получения экологически безопасной продукции растениеводства: материалы Всероссийской научно-практической конференции с Международным участием. Ульяновск, 2017. С. 101-107.

4. Трапезников А. И., Казаков А. С., Донцова В. Ю. Предпосевная обработка семян ярового ячменя электрическим полем переменного напряжения промышленной частоты // Активная честолюбивая интеллектуальная молодёжь сельскому хозяйству. 2024. № 1 (16). С. 77-85.

5. Глубоков М. В., Абубакаров А. Г., Шкуркин С. И. Предпосевная обработка семян электромагнитным полем сверхвысокой частоты при организации государственных закупок // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2023. № 9 (103). С. 151-163.

6. Предпосевная обработка семян электромагнитным полем / И. А. Зацаринная, Е. А. Дидок, А. В. Богдан Младший, Д. Р. Григорян // Приднепровский научный вестник. 2024. Т. 3. № 4. С. 157-159.

7. СКАТ-70 – аппарат высоковольтный испытательный. https://www.electronpribor.ru/catalog/2/skat-70.htm

8. Предпосевная обработка семян робинии лжеакации электрофизическим воздействием / Д. С. Ивушкин, М. П. Аксенов, В. А. Спиридонов, Ю. А. Панчишкина // Новые технологии и технические средства для эффективного развития АПК: материалы национальной научно-практической конференции. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2019. Т. 1. С. 51-56.

9. Аксенов М. П. Защита подсолнечника от болезней в Волгоградской области // Электротехнологии, оптические излучения и электрооборудование в АПК: материалы международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2016. С. 26-33.

10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 463 с.

УДК 631.53.027:633.1

УСТАНОВКА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Аксенов М. П., *канд. с.-х. наук, доцент*
Чернявский А. Н., *канд. техн. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Предложена технологическая установка для комплексной предпосевной обработки семян зерновых культур электрическим полем переменного тока и биологическим удобрением.

Ключевые слова: *предпосевная обработка семян, семена озимой пшеницы, лабораторная всхожесть семян, комплексная обработка семян.*

Для снижения количества вносимых в почву удобрений, имеющих свойство накапливаться и отрицательно влиять на экосистему, предлагаются альтернативные методы, позволяющие стимулировать растения в росте и развитии. Данные мероприятия позволяют получать повышенный урожай, что в свою очередь снижает себестоимость производства сельскохозяйственной продукции и повышает рентабельность и конкурентоспособность.

Исследования по внедрению альтернативных способов предпосевной подготовки семян ведутся как в нашей стране, так и за рубежом. Учеными предлагаются на стадии предпосевной подготовки подвергать семена воздействию электрических, магнитных, электромагнитных полей, ультрафиолетового и инфракрасного излучения, газовых смесей и т. д. [1-7].

Основной целью предпосевной обработки является повышение кондиционных качеств семян. Электрофизические воздействия при рациональных режимах обработки практически показывают одинаковые результаты по прибавке урожая, поэтому при выборе того или иного способа руководствуются техническими возможностями реализации, стоимости изготовления установки, наличия квалифицированного обслуживающего персона.

Наиболее перспективной для промышленной реализации является обработка семян в электрическом поле переменного тока высокого напряжения. Достоинством относительно других методов, является простота изготовления и обслуживания, стоимость и доступность приобретения необходимых компонентов для промышленного изготовления установки.

Показателем качества семян по ГОСТу является лабораторная всхожесть и энергия прорастания. Повышение жизнеспособности семян добиваются, обрабатывая семена электрофизическими воздействиями, принцип действия заключается в эффекте, создаваемом электрическим полем переменного тока, которое проходя через семя, оказывает воздействие на мембраны клеток, частично их деформирует, что в свою очередь изменяет их проницаемость, провоцируя на перекачивание воды с окружающей среды внутрь клеток. Если семена при этом обработаны биологическими удобрениями в виде нанесения вещества на поверхность семени, данное вещество высыхает и сохраняется в неизменном виде, при этом никак не оказывает стимулирующего эффекта [8-10].

Лабораторные исследования, проведенные на семенах озимой пшеницы сортов Зерноградка 11 и Капитан, позволили установить наиболее оптимальные режимы по напряженности и времени воздействия электрического поля, при котором удалось достичь максимальных показателей лабораторной всхожести. Дополнительная обработка семян путем нанесения на поверхность биологических удобрений в комплексе с эффективным режимом воздействия электрического поля повышала лабораторную всхожесть у сорта Зерноградка 11 на 10 % и у сорта Капитан на 9 %.

Предлагаемый способ комплексной обработки семян озимой пшеницы, предполагает нанесение на поверхность семени биологического удобрения в виде водного раствора с последующим воздействием на семена эклектического поля переменного тока нахоженностью 5 кВ/см продолжительностью 45 секунд.

Обработка семян в объёмах даже для не большого хозяйства требуется установка непрерывного поточного действия. Обзор существующих патентов позволил выбрать за прототип конструкторское решение типа транспортерной ленты, на которой передвигаются семена попадая в зону действия электрического поля.

На рисунке 1 изображен общий вид установки для комплексной обработки семян, на рисунке 2 изображен вид сверху данной установки, на рисунке 3 представлена установка в разрезе.

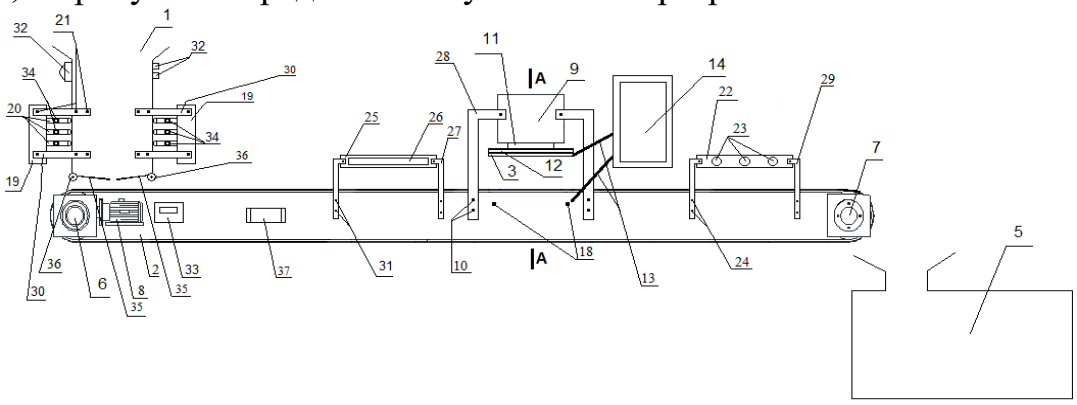


Рисунок 1 – Общий вид установки комплексной обработки семян зерновых культур

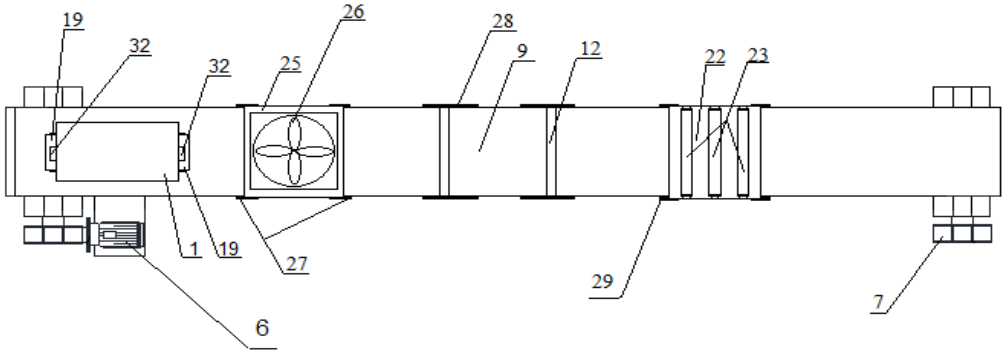


Рисунок 2 – Вид сверху установки комплексной обработки семян зерновых культур

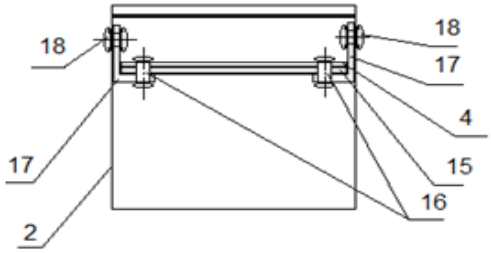


Рисунок 3 – Установка для комплексной обработки семян в разрезе

Технический результат который ожидается от предлагаемой установки для комплексной обработки заключается в повышении всхожести семян за счет активации их метаболических процессов, снижении бактериальной обсемененности на поверхности, улучшении устойчивости семян к стрессовым условиям, таким как засуха, низкие температуры и токсичность почвы, снижении энергоемкости процесса обработки, а также обеспечении равномерного распределения семян и точного нанесения биологических реагентов, ускоряющих рост.

Устройство состоит из: загрузочного бункера 1, ленточного транспортёра 2, фазного 3 и нулевого 4 электродов из нержавеющей стали, приёмной ёмкости 5, приводного 6 и натяжного 7 барабанов, трёхфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором 8, ручного гидравлического домкрата 9, разборного соединения 10, платформы 11, стеклотекстолитовой прокладки 12, медного провода 13, однофазного источника тока 14, диэлектрической платформы 15 из гетинакса, полиамидных вытяжных заклепок 16, стеклотекстолитовых уголков 17, полиамидных вытяжных заклёпок 18, распылительной камеры 19, механических форсунок веерного типа 20, разборного соединения 21, инфракрасного светильника 22, инфракрасных ламп 23, разборного соединения 24, корпуса вентилятора 25, четырёх лопастного вентилятора 26, диэлектрических кронштейнов 27 крепления корпуса вентилятора 25, диэлектрических уголков 28 крепления ручного гидравлического домкрата 9, диэлектрических кронштейнов 29 крепления инфракрасного светильника 22, диэлектрических кронштейнов 30 крепления распылительной камеры 19, разборного соединения 31, системы автоматической регулировки влажности, содержащей оптические датчики влажности 32, контроллер 33 и электромагнитные клапаны 34, заслонок 35 с сервоприводами 36, частотного преобразователя 37.

Принцип работы установки следующий: семена засыпаются в загрузочный бункер 1, внутри которого сверху встроены оптические датчики влажности 32, непрерывно отслеживающие уровень влажности семян и передающие данные на контроллер 33, установленный на ленточном транспортере 2. Контроллер 2 в режиме реального времени анализирует данные и при необходимости подает команды на электромагнитные клапаны 34, установленные на механических форсунках веерного типа 20. Электромагнитные клапаны 34 регулируют объем и интенсивность распыления биологического удобрения, который выполняет функцию ускорителя роста, обеспечивая тем самым, точное смачивание семян. Если влажность семян недостаточна, то электромагнитные клапаны 34, установленные на механических форсун-

ках веерного типа 20, открываются сильнее и интенсивнее распыляют необходимое количество биологического удобрения, который выполняет функцию ускорителя роста.

Далее, семена, подвергшиеся смачиванию необходимым количеством биологического удобрения, содержащийся в распылительной камере 19, закрепленной к загрузочному бункеру 1 при помощи разборного соединения 21 с помощью диэлектрических кронштейнов 30, из загрузочного бункера 1 порционно подаются на ленточный транспортер 2 через заслонки 35 с сервоприводами 36, обеспечивающими равномерность потока семян. Затем семена равномерно распределяются по движущемуся ленточному транспортеру 2, скорость которого регулируется частотным преобразователем 37, интегрированным в цепь управления трехфазным асинхронным электродвигателем 8. Это позволяет точно настраивать производительность устройства, осуществлять плавный пуск, минимизировать нагрузку на ленточный транспортёр, как в целом, так и на отдельные его узлы, а, также снижать энергоемкость процесса. Семена перемещаются под корпус вентилятора 25, жестко закрепленного разборным соединением 31 к ленточному транспортёру 2 при помощи диэлектрических кронштейнов 27, а, сам, четырехлопастной вентилятор 26 оказывает на семена конвекционное воздействие, обеспечивая их предварительное подсушивание. Это предотвращает слипание и избыточное увлажнение семян, сохраняя их структуру и подготавливая их к следующему этапу обработки, который заключается в электромагнитном воздействии. Порция семян, прошедшая конвективное воздействие четырехлопастного вентилятора 26, перемещается под ручной гидравлический домкрат 9, жёстко закреплённый разборным соединением 10 с ленточным транспортёром 2 при помощи диэлектрических уголков 28, к платформе 11 ручного гидравлического домкрата 9 закреплён через стеклотекстолитовую прокладку 12 фазный электрод 3 из нержавеющей стали, который имеет соединение посредством медного провода 13 с однофазным источником тока 14. Ручной гидравлический домкрат 9 регулирует зазор между фазным 3 и нулевым 4 электродами, создавая необходимую напряженность электрического поля. Воздействие поля промышленной частоты уничтожает бактериальную обсемененность, активирует физиологические процессы и улучшает всхожесть семян. На заключительном этапе семена перемещаются под инфракрасные лампы 23 инфракрасного светильника 22, жестко закрепленного разборным соединением 24 к ленточному транспортёру 2 при помощи диэлектрических кронштейнов 29, где подвергаются окончательной сушке до уровня влажности, регламентируемого стандартами хранения предпосевного

материала. Подсушенные семена направляются в приемную емкость 5 для последующего хранения или транспортировки. Цикл обработки порций семян происходит последовательно и непрерывно. За обработанной порцией семян следует ещё не обработанная порция и проходит все этапы обработки. Устройство обеспечивает высокую эффективность обработки за счет реализации нанесения на поверхность семян биологических удобрений, электрической обработки и инфракрасного досушивания. Эти функции позволяют улучшить качественные характеристики семян, повысить их всхожесть, уничтожить бактериальную обсемененность, снизить энергозатраты и увеличить сроки хранения обработанных семян.

Предложена модель электротехнологической установки для комплексной предпосевной обработки семян зерновых культур, позволяющей в непрерывном процессе наносить на поверхность семян биологические удобрения и осуществлять электростимуляцию семян электрическим полем.

Список использованной литературы

1. Трапезников А. И., Казакова, А. С., Донцова В. Ю. Предпосевная обработка семян ярового ячменя электрическим полем переменного напряжения промышленной частоты // Активная честолюбивая интеллектуальная молодёжь сельскому хозяйству. 2024. № 1 (16). С. 77-85.

2. Глубоков М. В., Абубакаров А. Г., Шкуркин С. И. Предпосевная обработка семян электромагнитным полем сверхвысокой частоты при организации государственных закупок // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2023. № 9 (103). С. 151-163.

3. Предпосевная обработка семян кориандра лазерным излучением / Е. И. Рубцова, В. С. Афанасьева, И. А. Боголюбова [и др.] // Сельский механизатор. 2024. № 10. С. 41-43.

4. Предпосевная оптическая обработка семян зерновых культур на примере озимой ржи «Фаленская 4» / О. Н. Крылов, М. М. Киселев, А. Е. Решетников, О. Ю. Абашева // Хранение и переработка сельхозсырья. 2023. № 2. С. 214-230.

5.Страхов В. Ю., Вендин С. В., Саенко Ю. В. Предпосевная УФ-обработка семян сои: проращивание на витаминный корм // Агроинженерия. 2023. Т. 25. № 6. С. 46-52.

6. Предпосевная обработка семян электромагнитным полем / И. А. Зацаринная, Е. А. Дидок, А. В. Богдан Младший, Д. Р. Григорян // Приднепровский научный вестник. 2024. Т. 3. № 4. С. 157-159.

7. Степанчук Г. В., Протасова Н. А. Комбинированная предпосевная обработка семян как способ их обеззараживания // Агротехника и энергообеспечение. 2023. № 4 (41). С. 122-127.

8. Беленков А. И., Аксенов М. П., Юдаев И. В. Предпосевная обработка семян подсолнечника в Волгоградской области // Фундаментальные и прикладные основы сохранения плодородия почвы и получения экологически безопасной продукции растениеводства: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Ульяновск, 2017. С. 101-107.

9. Предпосевная обработка семян робинии лжеакации электрофизическим воздействием / Д. С. Ивушкин, М. П. Аксенов, В. А. Спиридонов, Ю. А. Панчишкина // Новые технологии и технические средства для эффективного развития АПК: материалы национальной научно-практической конференции. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2019. Т. 1. С. 51-56.

10. Аксенов М. П. Защита подсолнечника от болезней в Волгоградской области // Электротехнологии, оптические излучения и электрооборудование в АПК: материалы международной научно-практической конференции. посвященной памяти ведущего электротехнолога России академика Ивана Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2016. С. 26-33.

УДК 621.311.001.573

ИЗМЕРЕНИЕ СИНХРОНИЗИРОВАННЫХ ВЕКТОРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Зеляковский Д. В., *канд. экон. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Применение технологии СВИ для информационного обеспечения математических моделей ЭЭС является очень важной и актуальной задачей современных научных исследований в области электроэнергетики. Рассмотрен вопрос идентификации параметров элементов ЭЭС на основании данных СВИ. Применение СВИ не является повсеместной и есть аспекты экономического и технического характера, возникает проблема по определению критических узлов (с точки зрения наблюдаемости ЭЭС), в которых должны быть установлены PMU. По этой же причине необходимо рассмотреть вопросы совместного использования данных от СВИ и традиционных систем измерений.

Ключевые слова: *умные сети, математическое моделирование энергосистем, состояния электрических сетей.*

С начала XXI века мировая энергетика интенсивно развивается по пути создания интеллектуальных сетей. Термин «Smart grid» или «умные сети» впервые был введен в 2003 году (автор Michael T. Burr, статья "Reliability demands will drive automation investments."). Односторонний поток электроэнергии от зон генерации к зонам потребления трансформируется в двухсторонний поток электроэнергии и информации, приспособленный для анализа, управления и использования электроэнергии в режиме реального времени. Одной из основных технологий «умных сетей» является применение синхронизированных векторных измерений (СВИ).

Развитие СВИ связано с глобальной спутниковой системой позиционирования (Global Positioned Satellite – GPS и ГЛОНАСС. Эта система обеспечивает эффективный способ синхронизации измерений параметров энергосистем на больших расстояниях.

На данный момент технология СВИ распространена в следующих устройствах, повсеместно используемых в электроэнергетике:

- непосредственно устройства PMU с аналоговыми входами, подключаемыми к вторичным обмоткам измерительных трансформаторов ТТ и ТН;
- датчики аналоговых сигналов, часто интегрированные в системы SCADA;
- анализаторы качества электроэнергии и электронные счетчики;
- регистраторы аварийных процессов и событий;
- современные устройства релейной защиты и автоматики;
- контроллеры для мониторинга состояния и процессов (генератора, двигателя, линии, трансформатора, HVDC, FACTS).

Продолжается процесс принятия и редактирования международных стандартов в данной области.

На основе стандартов даются следующие определения:

• *синхронизированный вектор* – действующее значение и фазовый угол основной гармоники фазного тока или напряжения, измеряемые в однозначно определенные моменты времени;

• *устройство синхронизированных векторных измерений* (PMU) – техническое средство, функцией которого является выполнение с нормированной точностью измерений синхронизированных векторов и других электрических параметров в однозначно определенные с помощью глобальных навигационных спутниковых систем моменты времени и передача результатов измерений в концентраторы синхронизированных векторных данных;

• *концентратор синхронизированных векторных данных* (PDC) – техническое средство, основными функциями которого являются прием, обработка и передача данных синхронизированных векторных измерений, также данный аппаратно-программный комплекс может осуществлять регистрацию и хранение всех принятых пакетов данных.

У технологии СВИ есть 2 ключевые особенности. Во-первых, измерение параметров режима выполняется с привязкой результатов измерений к высокоточному сигналу точного времени, так как преобразуются в цифровой вид и снабжаются меткой всемирного координированного времени UTC. Точность синхронизации времени составляет микро- и наносекунды. В центре сбора информации есть возможность сопоставить все измерения с одинаковой меткой времени и получить мгновенный срез параметров режима энергосистемы в любой момент времени.

В обычных традиционных системах телемеханики и SCADA точность временной синхронизации варьируется от 0,1 до 4 с, что приводит к непредсказуемому временному сдвигу между метками из-

мерений, сделанными на разных подстанциях, и затрудняет сопоставление результатов, полученных в разных узлах энергосистемы. Измерения являются векторными, то есть измеряются не только действующие значения токов и напряжений, но и их фазные углы. На рисунке 1 показан фрагмент измеряемого синусоидального сигнала, математически задаваемого формулой [1]:

$$x(t) = \sqrt{2} \cdot X_m \cdot \cos(2\pi f t + \varphi) \quad (1)$$

где X_m – действующее значение сигнала; f – частота; φ – фазный угол.

Метка времени, сопоставленная с каждым измерением, задает начало координат t=0, что позволяет вычислить не зависящее от переменного времени векторное представление сигнала [1]:

$$X = X_m \cdot e^{j\varphi}, \quad (2)$$

где фазный угол φ привязан к шкале точного времени.

Если параметры сигнала изменяются во времени, то и компоненты вектора будут зависеть от времени [1]:

$$X(t) = X_m(t) \cdot e^{j\varphi(t)}, \quad (3)$$

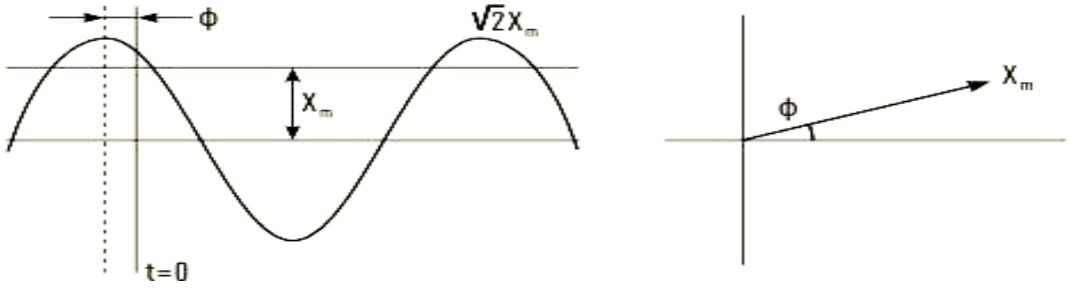


Рисунок 1 – Векторное представление гармонического сигнала [1]

Углы измеряются относительно идеальной опорной синусоиды, жестко привязанной к сигналу точного времени. Благодаря тому, что во всех точках энергосистемы измерения производятся одновременно, все углы измеряются относительно общей опорной косинусоиды и становится возможным непосредственно измерять параметры режима. Появляется возможность не только рассчитывать взаимные углы между узлами в установившемся режиме, но и в переходных режимах наблюдать за качаниями роторов в режиме реального времени.

Устройства PMU устанавливаются на уровне подстанции и могут подключаться напрямую к ТТ и ТН на подстанции. Каждое устройство PMU может быть оборудовано антенной и системой GPS или ГЛОНАСС для выполнения синхронизации. Кроме того, сигнал

синхронизации может приниматься по протоколу IRIG-B от внешнего источника синхронизации на базе GPS. Также в PMU возможно применение обоих способов синхронизации для обеспечения резервирования. Устройство СВИ обеспечивают:

- измерение мгновенных значений токов и напряжений с последующим вычислением значений фазных напряжений, фазных токов, частоты (для каждой фазы), углов нагрузки (для каждой фазы), скорости изменения частоты;
- измерение тока возбуждения и напряжения обмотки возбуждения (для генераторов);
- вычисление активной, реактивной и полной мощности (для каждой фазы и суммарной), линейных напряжений, векторов напряжения и тока прямой, обратной и нулевой последовательностей;
- измерения производятся через регулярные промежутки времени, частота измерений может выбираться при настройке устройства;
- в качестве источника сигналов точного времени выступают приемники спутниковых систем навигации GPS или ГЛОНАСС;
- передача данных по интерфейсу Ethernet двум и более получателям;
- регистрация и передача дискретных сигналов;
- самодиагностика функционирования.

Согласно стандартному архитектурному решению, система СВИ состоит из нескольких устройств синхронизированных измерений (PMU), размещаемых в узлах энергосистемы, и концентратора/ов векторных измерений (PDC), где будет производиться дальнейшая обработка данных. Если PMU интегрированы в состав интеллектуальных электронных устройств, непосредственно выполняющих другие функции, (терминалы релейной защиты и автоматики), то рекомендуется размещать концентратор непосредственно на ПС.

PDC производит агрегацию данных векторных измерений по метке времени UTC, принятых от нескольких PMU, и осуществляет передачу клиентским устройствам (вышестоящему PDC в центре мониторинга) пакетов, объединяющих данные от нескольких PMU. PDC также обеспечивает регистрацию и хранение в архивах всех принятых пакетов с данными от устройств СВИ для предотвращения потери данных в результате сбоя линии связи. В аварийных режимах PDC дополнительно обеспечивает запись архивов аварийных событий. Задержка от момента приема пакета до передачи его на вышестоящий уровень, связанная с обработкой данных в концентраторе, не превышает 1 сек.

В качестве коммуникационного оборудования в рассматриваемой архитектуре используются промышленные коммутаторы, поддерживающие стандарт Fast Ethernet, осуществляющие передачу ин-

формации по физическим каналам «витая пара» и волоконно-оптическим линиям связи (ВОЛС), с возможностью резервирования каналов связи. Синхронизация времени реализуется подсистемой обеспечения единого времени для всех активных устройств и подсистем. В процессе синхронизации должны выполняться:

- периодическая рассылка сигналов точного времени;
- подстройка локального времени терминалов к общесистемному времени;
- контроль работоспособности устройств системы единого времени.

На основе полученных в PDC данных, платформа СВИ получает возможность предоставлять состояние сети системному оператору, а также обеспечить мониторинг энергосистемы на основе измерений в реальном времени и результатов работы онлайн приложений. Кроме того, имеющиеся в PDC данные позволяют выполнять последующий анализ анормальных режимов энергосистемы. Имеется возможность передачи измерений от PMU и результатов работы приложений в системы типа SCADA/EMS для целей улучшения контроля за энергосистемой. В этом случае оператор имеет всю необходимую информацию о том, насколько вероятно нарушение работы энергосистемы, что позволяет подготовить мероприятия по оперативному реагированию.

При масштабном внедрении PMU в конкретной энергосистеме представляется возможным использование векторных измерений на всех уровнях иерархии управления. Уровень управления энергообъектом данные СВИ позволяют:

- обеспечить дополнительные средства мониторинга силового оборудования, в первую очередь, трансформаторов;
- осуществить межобъектную оценку достоверности данных;
- реализовать комплексы противоаварийной автоматик на базе PMU; управлять группами уставок РЗА;
- выполнить двусторонние ОМП (определение места повреждения). На региональном уровне управления сетями возможно выполнить:
- идентификацию параметров схем замещения;
- динамический расчет средней температуры проводов ВЛ;
- управление активным силовым оборудованием.

На территориальном (либо верхнем) уровне управления энергосистемой возможно использование следующих приложений:

- оценивание состояния на базе векторных измерений;
- визуализация параметров режима и контроль нарушения пределов;

- планирование и ускоренный расчет режимов;
- динамическое обновление расчетной схемы в общей информационной модели
- динамический расчет и структурирование технических потерь мощности и электроэнергии;
- оперативное обеспечение надежности электроснабжения.

Наличие каналов связи между отдельными энергообъектами создаёт предпосылки для локализации части задач управления на нижних уровнях иерархии. Приложения могут быть реализованы как в режиме реального времени (on-line инструменты), так и в формате отложенных и пост аварийных задач (off-line инструменты). Перспективным является направление по оцениванию состояния электрических сетей с распределенной генерацией по данным измерений, полученным от счетчиков и анализаторов качества электроэнергии.

Эффект от внедрения технологии СВИ выражается в [2]:

- повышении качества информационной поддержки оперативного и диспетчерского персонала при управлении электроэнергетическим режимом энергосистемы;
- сокращении числа технологических нарушений в энергосистеме, возникающих в результате нарушения колебательной или динамической устойчивости, в своевременном выявлении и оценке последствий утяжеления электроэнергетического режима энергосистемы;
- повышении точности противоаварийного управления за счет применения в алгоритмах работы противоаварийной автоматики фазовых углов напряжений.

РЗА поддерживают протоколы СВИ и имеют возможность синхронизации либо по протоколу IRIG-B, либо по протоколу SNTP.

Входы таких терминалов подключены к вторичным обмоткам трансформаторов тока класса точности Р (релейные обмотки ТТ), а не 0,5 или 0,2, как этого требуют стандарты в области СВИ. Временная синхронизация данных со счетчиков позволяет получать суточные графики нагрузки с возможностью динамического анализа и архивирования данных. На основе отображения записанных данных в виде графиков, диаграмм, таблиц могут быть получены массивы мгновенных значений синхронизированных измерений.

В рамках реконструкции цепей РЗА и измерения на узловых подстанциях могут быть установлены PMU, синхронизированные с GPS по часам точного времени, осуществляющие замер напряжения и частоты на шинах, а также токов всех отходящих линий. Данные с PMU будут передаваться в аппарат управления и использоваться в различных приложениях, в том числе, по оцениванию состояния, расчету пропускной способности линий в режиме реального времени, анализу статической и динамической устойчивости.

При этом в настоящее время наблюдается высокая степень физического и морального износа оборудования электростанций и подстанций [3]. По этой причине большую практическую роль будут иметь инструменты по оценке параметров схем замещения на основе данных СВИ, позволяя превентивно выявлять дефекты и неисправности воздушных линий и трансформаторов, а также обеспечивая создания активно-адаптивных моделей энергосистемы [4].

Выводы Математическое моделирование широко используется в электроэнергетике для решения целого ряда практических задач. Построение математических моделей на основании результатов наблюдений за поведением объекта моделирования называется идентификацией параметров модели.

Применение данных СВИ позволяет решить ряд задач на разных ступенях управления энергосистемой. Для энергосистемы, где доля физического износа сетей составляет более 60 %, инструменты идентификации параметров схем замещения на основе данных СВИ позволят заранее выявлять дефекты и неисправности воздушных линий и трансформаторов, а также создавать активно-адаптивные модели энергосистемы. Увеличение доли возобновляемых источников энергии в энергосекторе, накладывают ряд обязательств по обеспечению наблюдаемости сетей и оперативному управлению.

Список использованной литературы

1. Балабин М. А., Лаврушенко Н. Б., Наумкин Р. И. Современный тестовый стенд для испытания устройств синхронизированных векторных измерений // Энергия единой сети. 2015. № 6 (17). С. 56-68.

2. Устройство синхронизированных векторных измерений RES670 вер. 2.1. Руководство по продукту. Код документа 1MRK 511 367-BRU A. ABB, 2016.

3. Небера А. А. Прикладные вопросы применения векторных измерений параметров электрического режима // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем – 2011: сб. мат. межд. науч.-техн. конф. СПб., 2011.

4. Концепция развития и применения технологии синхронизированных векторных измерений для повышения качества и надежности управления электроэнергетическим режимом ЕЭС России на период до 2020 года. Приложение к распоряжению ОАО «СО ЕЭС» от 05.04.2016 № 44р.

УДК 621.316

ПРИМЕНЕНИЕ ДАТЧИКОВ НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6-10 КВ

Иванова О. А., *канд. техн. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгогадский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрено применение датчиков напряжения (блоков индикации напряжения) в распределительных сетях 6-10 кВ.

Ключевые слова: *индикаторы наличия напряжения, электробезопасность, опорные изоляторы, емкостные делители, релейные блоки.*

При работе в электроустановках для обеспечения безопасности персонала необходимо строго соблюдать правила техники безопасности при работе с электрооборудованием. Некоторые правила электробезопасности, которые следует соблюдать при отключении тока в электроустановках [1].

При подготовке рабочего места необходимо отключить токоведущие части, на которых будут проводиться работы, а также неограждённые токоведущие части, к которым возможно случайное приближение людей, механизмов и грузоподъёмных машин.

В электроустановках напряжением выше 1000 В с каждой стороны, с которой включением коммутационного аппарата не исключена подача напряжения на рабочее место, должен быть видимый разрыв.

Силовые трансформаторы и трансформаторы напряжения, связанные с выделенным для работ участком электроустановки, должны быть отключены, а их схемы разобраны также со стороны других своих обмоток для исключения возможности обратной трансформации.

После отключения выключателей, разъединителей (отделителей) и выключателей нагрузки с ручным управлением необходимо визуально убедиться в их отключении и отсутствии шунтирующих перемычек [2].

В электроустановках напряжением до 1000 В со всех токоведущих частей, на которых будет проводиться работа, напряжение должно быть снято отключением коммутационных аппаратов с ручным приводом, а при наличии в схеме предохранителей – снятием последних.

Необходимо вывесить запрещающие плакаты.

Для обеспечения безопасности в распределительных сетях применяют разные виды устройств.

Например, индикаторы напряжения (указатели напряжения) применяются в распределительных сетях для определения наличия или отсутствия напряжения в электрической цепи. Это важно, чтобы избежать поражения электрическим током во время работ с электричеством [3; 4].

Некоторые задачи, для которых используют индикаторы:

- Проверка наличия напряжения в проводниках или на узлах низковольтного электрооборудования.
- Проверка наличия напряжения между двумя точками электрической цепи – двухполюсные указатели.
- Диагностика скрытой проводки – бесконтактные индикаторы позволяют обнаружить проводник, находящийся под напряжением, и предотвратить случайное повреждение проводов при сверлении стен.

• Определение фазы и нуля в сети – быстрая проверка позволяет корректно подключить розетки, выключатели и другое электрооборудование, минимизируя риск неправильного монтажа.

Указатели высокого напряжения предназначены для проверки наличия или отсутствия напряжения на воздушных линиях электропередачи и других электроустановках переменного тока напряжением 6-10 кВ частотой 50 Гц при температуре от – 40 °С до +40 °С и относительной влажности воздуха не выше 98 % при температуре +25 °С.

Сигнализаторы напряжения «Кулон» предназначен для выполнения следующих функций:

• Контроль наличия высокого напряжения 6-20 кВ. на шинах КРУ со стороны сборных шин и со стороны отходящих линий.

• Контроль правильности чередования фаз («горячая» фазировка).

• Блокировка доступа к токоведущим частям ячейки, находящимся под напряжением.

Блоки индикации напряжения применяются для безопасности персонала при производстве оперативных переключений и ремонтных работ, например, чтобы вывести кабель или ячейку из работы.

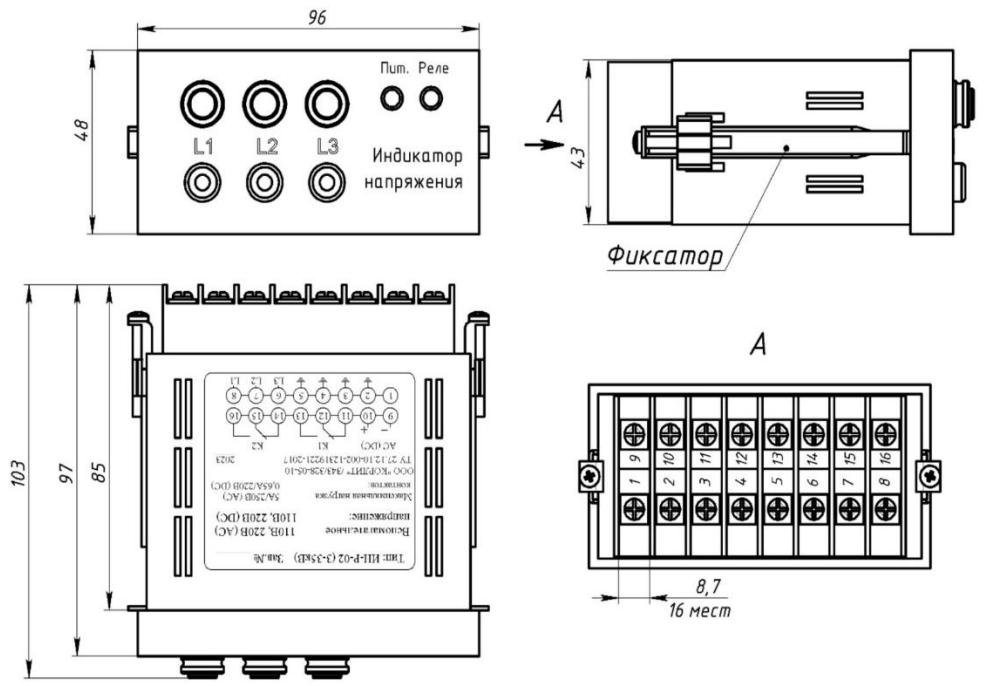


Рисунок 1 – Блок индикации ИН-Р-02

В трансформаторных подстанциях и распределительных пунктах возможно использование индикаторов наличия напряжения ИН (без встроенного реле) и ИН-Р (со встроенным реле (рис. 1)). Индикаторы предназначены для контроля наличия (отсутствия) напряжения

на токоведущих частях электроустановок. Подключение происходит посредством емкостных делителей, изготовленных в форме опорных изоляторов ИОЛ (изображены на рис. 2). Визуализация осуществляется путём формирования световых сигналов на передней панели [5].

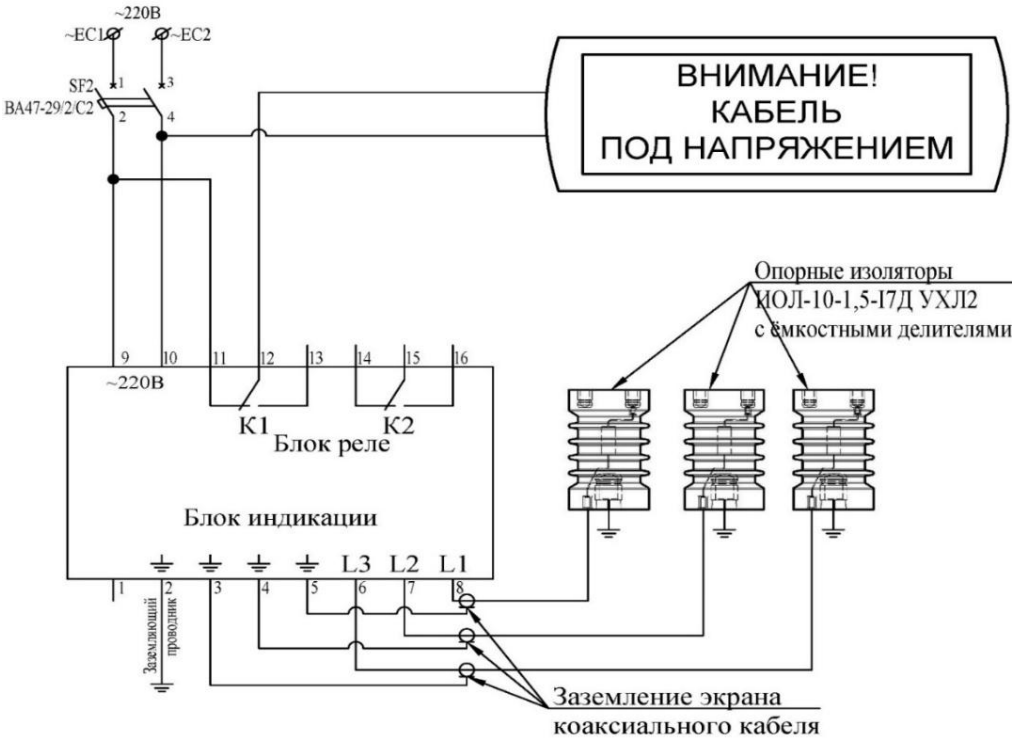


Рисунок 2 – Схема подключения индикаторов наличия напряжения и информационного табло

Приборы обеспечивают индикацию наличия напряжения в фазе при уровне входного напряжения на датчике более 40 % от номинального, при значении входного напряжения на датчике менее 10 % от номинального устройство не сигнализирует наличие напряжения.

Блоки индикации напряжения ИН-Р-02-6...35-УХЛ3 имеют три независимых канала световой индикации L1, L2, L3 и соответствующие им разъёмы для подключения прибора фазировки ПФ-01. Для работы световой индикации не требуется наличие вспомогательного напряжения, питание происходит непосредственно от емкостных датчиков.

Дополнительно в корпус блока индикации напряжения ИН-Р-02 встроен релейный блок, который питается от вторичных цепей распределительного устройства. Релейный блок служит для передачи информации о полном отсутствии напряжения в фазах с помощью пары релейных контактов К1 и К2. На лицевой панели устройства расположен индикатор наличия вспомогательного напряжения контактов с зеленым светодиодом.

Блок индикации напряжения подключается к емкостным делителям, изготовленным в форме опорного изолятора, коаксиальным кабелем с присоединительными разъёмами.

При уровне входного напряжения на делителе менее 10 % от номинального свечение светодиодов отсутствует. В диапазоне от 10 % до 45 % от номинального напряжения наблюдается слабое мерцание, при уровне входного напряжения на делителе свыше 45 % наблюдается стабильное (яркое) мерцание светодиодов.

В случае наличия рабочего напряжения хотя бы на одной из фаз (при этом обязательно вспомогательное напряжение), индикатор реле включен, контакты К1:«12-13» и К2:«15-16» разомкнуты, К1:«11-12» и К2:«14-15» замкнуты.

Когда рабочее напряжения на всех трёх фазах отсутствует, индикатор реле выключен, контакты К1: «12-13» и К2: «15-16» замкнуты, К1: «11-12» и К2: «14-15» разомкнуты.

К преимуществам индикаторов напряжения ИН-02 и ИН-Р-02 можно отнести следующие:

- При высоковольтных испытаниях устройству не требуется отключение.
- Индикаторы устойчивы к перенапряжениям и токам в аварийных режимах.
- С их помощью можно определить последовательность чередования фаз.
- Релейный блок питается от вторичных цепей распределительного устройства и встроен в одном корпусе с устройством индикации.
- Можно увидеть обрыв хотя бы одной из фаз (производственная несимметрия напряжения) или полное отсутствие напряжения. Эта информация передается с помощью пары релейных контактов № 1.
- Максимальная нагрузка контактов переменное напряжение 250В, ток 5А [6].

Контакты реле К1 («12» - «13») и К2 («15» - «16»)	Вспомогательное напряжение	Фаза А (L1)	Фаза В (L2)	Фаза С (L3)
Замкнуты	1	0	0	0
Разомкнуты	1	1	0	0
Разомкнуты	1	0	1	0
Разомкнуты	1	1	1	0
Разомкнуты	1	0	0	1
Разомкнуты	1	1	0	1
Разомкнуты	1	0	1	1
Разомкнуты	1	1	1	1
Разомкнуты	0	Любым образом		

*Примечание: 1 – под напряжением, 0 – без напряжения.

Рисунок 3 – Логика работы релейного блока

Список использованной литературы

1. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007. Вып. 8. 854 с.

2. Распределительные электрические сети напряжением 0,4-110 кВ. Требования к технологическому проектированию: СТО 34.01-21.1-001-2017. 2017.

3. Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок: приказ Минтруда России от 15.12.2020 № 903н (ред. от 29.04.2025).

4. Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках: СО153-34.03.603-2003.

5. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок: ПОТ РМ 016-2001/РД 153-34.0-03.150-00.

6. https://korlit.ru/ustrojstvo-indikatsii-s-rele-ins-r

УДК 637.631:620.92

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПЕРЬЕВОЙ МУКИ

Коннов И. О., *магистр, соискатель*
Аникеев С. В., *аспирант*
Богданов С. И., *канд. техн. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследования методов повышения энергоэффективности технологического оборудования при производстве перьевой муки. Проанализированы существующие проблемы энергопотребления, предложены инновационные технические решения и приведены расчёты экономической эффективности их внедрения.

Ключевые слова: *перьевая мука, электрооборудование, гидролиз, сушка, энергосберегающие технологии.*

Введение. Актуальность исследования обусловлена высокой энергоёмкостью традиционных технологий производства перьевой муки и необходимостью оптимизации энергозатрат в условиях роста стоимости энергоресурсов.

Цель исследования – изучение возможностей повышения энергоэффективности электрооборудования, разработка, и обоснование комплекса технических решений для снижения энергопотребления, и повышением эффективности работы оборудования при производстве перьевой муки, а также оценка экономического эффекта от предлагаемых нововведений [5].

Теоретические основы исследования. Перьевая мука является важным продуктом в сельском хозяйстве как источник высокоценного белка. Производство характеризуется значительной энергоемкостью технологических операций, что делает актуальным поиск путей повышения энергоэффективности [1, 6, 7].

Перьевая мука представляет собой ценный белковый продукт с содержанием протеина до 85 %, получаемый из отходов птицеперерабатывающей промышленности. В современных условиях проблема рационального использования энергоресурсов при производстве перьевой муки приобретает особую значимость в связи с постоянным ростом стоимости энергоносителей, высокой энергоёмкостью традиционных технологий производства, необходимостью повышения конкурентоспособности продукции и потребностью в оптимизации производственных процессов.

Отходы пера составляют 8-10 % от массы перерабатываемой птицы. Их утилизация путём производства перьевой муки позволяет решить проблему переработки отходов, получить дополнительный доход, создать ценный кормовой продукт, снизить экологическую нагрузку [2, 3].

Методология исследования. В работе использованы следующие методы:

- теоретический анализ существующих технологий;
- экспериментальные исследования;
- технико-экономические расчёты.

Исследование включает анализ современного состояния проблемы, разработку технических решений, оценку их эффективности и рекомендации по практическому внедрению. Особое внимание уделяется вопросам оптимизации энергопотребления на всех этапах технологического процесса.

Традиционный (стандартный) технологический процесс включает следующие операции:

- приёмка и подготовка сырья;
- измельчение пера;
- гидролиз (термический или ферментативный);
- сушка до 8-10 % влажности;
- финальное измельчение;
- упаковка готовой продукции.

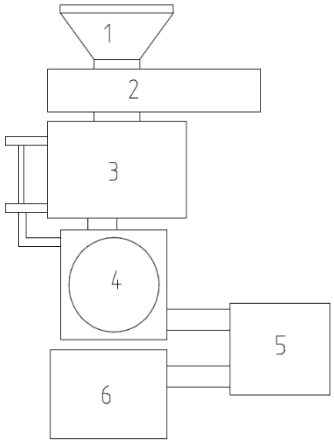
Традиционный технологический процесс характеризуется следующими особенностями [4]:

- высокими энергозатратами на стадии гидролиза (45-55 % от общего потребления);
- значительным расходом энергии при сушке (30-40 %);
- неравномерностью загрузки оборудования;
- отсутствием комплексной автоматизации.

Исследование проводилось на лабораторной установке с имитацией промышленных условий. Схема лабораторной установки предоставлена на рисунок 1.

Гидролиз – варианты обработки:

• Химический гидролиз (120 °C, 0,5 атм., 6 часов) заключается в воздействии сильных минеральных кислот (чаще всего используют серную кислоту H_2SO_4) или щелочей на структуру белка. Эта процедура эффективно разрушает дисульфидные мосты, удерживающие сложную трехмерную структуру кератина, делая белки более доступным для последующего усвоения животными организмами. После подготовки и очистки сырья (перо курицы) произведена процедуру измельчения, позволяющую ускорить реакцию гидролиза. В качестве реагента применялась серная кислота (H_2SO_4). Концентрация раствора кислоты в пределах 1-3 %, в зависимости от желаемой глубины гидролиза и свойств исходного сырья.



1 – бункер приёма и подготовки сырья;
2 – измельчитель пера;
3 – гидролизатор (термический или ферментативный);
4 – промывочный узел;
5 – сушильная камера;
6 – опциональный узел (финальное измельчение и упаковка готовой продукции).

Рисунок 1 – Схема лабораторной установки получения перьевой муки

Подготовленную смесь поместили в специальный резервуар (гидролизатор), куда подается нагретый раствор кислоты. Раствор поддерживается при заданной температуре, обычно 120 °C, под давлением 0,5 атмосферы. Длительность процедуры занимает 6 часов. По окончании гидролиза, полученный продукт нейтрализован растворами кальцинированной соды и известняка, доведен до нейтрального уровня pH ~7. Продукт промыт чистой водой для удаления остатков реагентов и примесей, затем направлен на дальнейшую обработку (сушку и грануляцию).

Особенности этапа химического гидролиза:

- Высокая скорость реакций при использовании кислот.

- Возможность регулировать глубину распада белков за счет выбора концентрации кислоты и времени обработки.

- Потеря некоторых важных аминокислот вследствие жестких условий процесса.

- Образование нежелательных побочных продуктов (например, токсичные соединения).

Хотя химический гидролиз достаточно прост и широко распространен, он обладает рядом недостатков [3]:

- Высокие энергозатраты, обусловленные необходимостью поддержания высоких температур и давлений.
- Частичное разрушение важных аминокислот, необходимых животным.
- Сложность точной регулировки глубины гидролиза.
- Требует дополнительной обработки (промывания и нейтрализации), увеличивающей расходы.

Один из возможных вариантов повышения эффективности – совмещение химического гидролиза с дополнительными физико-химическими воздействиями (микроволновой обработкой, ультразвуковым воздействием), что позволит повысить полноту и качество процесса при уменьшении энергозатрат.

• Термохимический гидролиз (160 °C, 1,5 атм, 1 час) объединяет воздействие повышенных температур и давления совместно с химическими агентами (обычно минеральными кислотами или щелочами). За счет этого достигается глубокое расщепление крупных молекул белка до более мелких фрагментов, повышая их усвояемость и пищевую ценность. По сравнению с обычным химическим гидролизом, темохимический метод отличается гораздо меньшей длительностью 1 час вместо 6 часов, обеспечивая глубокую денатурацию белков даже при небольших количествах реагентов.

Расчет энергозатрат:

$E_{хим}=P_{насоса}\cdot t_{хим}$

$E_{термо}=P_{насоса}\cdot t_{термо}$

При $P_{насоса}=5$ кВт:

• $E_{хим}=5\cdot 6=30$ кВт·ч
• $E_{термо}=5\cdot 1=5$ кВт·ч
• Экономия: $\Delta E=25$ кВт·ч

Варианты сушки:

• Конвективная (80 °C, 6 часов) – важнейший технологический этап в производстве перьевой муки, предназначенный для снижения влажности продукта до допустимого уровня (обычно 8-10 %), необходимого для долгосрочного хранения и предупреждения микробиологических поражений.

Сначала готовый материал после гидролиза равномерно распределяется тонким слоем внутри сушильной камеры или конвейера. Толщина слоя регулируется таким образом, чтобы обеспечить максимальное проникновение горячего воздуха внутрь материала. Камеру подключили к источнику горячего воздуха (электронагреватель). Го-

рячий воздух поступает снизу вверх через тонкий слой продукта, активно взаимодействуя с поверхностью каждой частицы и впитывая влагу.

Важнейшие контролируемые параметры:

- Температура воздуха – 80 °С.
- Скорость воздушного потока (чем выше, тем эффективнее сушка).
- Уровень относительной влажности воздуха (указывает на готовность материала для последующей обработки).

Через каждые 30 минут выполняется отбор проб и определяется процент влажности гигрометром и экспресс-анализатором влажности. Когда достигнут нормативный уровень влажности (8-10 %), подача горячего воздуха прекращается, и продукт готов к упаковке и хранению. В нашем случае процесс занял 6 часов.

Преимущества конвективной сушки: скорость процесса; простота конструкции оборудования; универсальность (может использоваться практически во всех отраслях сельскохозяйственной промышленности).

Недостатки: потребляет много энергии; необходимо постоянное наблюдение и контроль параметров (возможно снижение присутствия человеческого фактора за счет автоматизации), не всегда идеально сохраняет питательные свойства сырья.

- Вакуумная (60 °С, 2 часа) сушка основана на создании вакуума в специальной камере, при котором вода кипит при значительно более низкой температуре, чем в обычных условиях. Поскольку для кипения не требуется достигать высоких температур, сохраняются полезные вещества и уменьшается риск повреждения органической материи. Такой метод предпочтителен, когда важно сохранить максимум полезных свойств продукта, ведь обычная сушка при высоких температурах может приводить к разрушению витаминов, микроэлементов и аминокислот.

Конечный продукт после гидролиза аккуратно укладывается ровным слоем в специальную камеру или контейнер. Важно следить за толщиной слоя, чтобы горячий воздух мог свободно циркулировать вокруг продукта. Специальный вакуум-насос откачивает воздух из камеры, создавая низкое давление. Вода начинает интенсивно испаряться при сравнительно низкой температуре около 60 °С, намного раньше, чем при обычной сушке.

Основными регулируемыми параметрами здесь являются:

- Степень разряжения (давление внутри камеры).
- Скорость воздушного потока (чем выше, тем эффективнее сушка).

• Уровень относительной влажности воздуха (указывает на готовность материала для последующей обработки).

В связи с конструктивными особенностями устройства, для предотвращения разгерметизации камеры, контроль влажности материала осуществлялся датчиком влажности, по аналогии с предыдущим экспериментом – через каждые 30 минут.

Преимущества данного способа: сохранение полезных веществ и биохимических характеристик продукта, низкотемпературные условия уменьшают вероятность повреждений продукта.

Недостатки: достаточно дорогостоящее оборудование и высокие первоначальные инвестиции, ограниченность размеров камер, иногда затрудняет массовую обработку, требует высококвалифицированного персонала для настройки и наблюдения за оборудованием.

Расчет энергозатрат:

$E_{конв}=P_{вентилятора} \cdot t_{конв}$

$E_{вак}=P_{насоса} \cdot t_{вак}$

При $P_{вентилятора}=2$ кВт, $P_{насоса}=1$ кВт:

- $E_{конв}=2 \cdot 6=12$ кВт·ч
- $E_{вак}=1 \cdot 2=2$ кВт·ч
- Экономия: $\Delta E=10$ кВт·ч

Экономический анализ.

Расчет годовой экономии.

При производстве 1000 тонн муки:

- Базовые затраты: $E_{общ}=30+12=42$ кВт·ч/т.
- Годовые затраты: $42 \cdot 1000=42000$ кВт·ч.
- С учетом оптимизации: 7000 кВт·ч.
- Экономия: 35000 кВт·ч.
- При тарифе 5 руб./кВт·ч: 175000 руб./год.

Результаты исследования.

Основные показатели эффективности.

- Снижение энергозатрат на гидролиз: 83 %.
- Снижение энергозатрат на сушку: 83 %.
- Общая экономия энергии: 83 %.
- Годовая финансовая экономия: 175000 руб.

Выводы.

1. Внедрение термохимического гидролиза позволяет сократить энергозатраты в 6 раз.

2. Применение вакуумной сушки снижает энергопотребление в 6 раз.

3. Комплексное внедрение технологий обеспечивает экономию 175 000 руб./год.

4. Предложенные методы улучшают экологические показатели производства.

5. Внедрение технологий повышает конкурентоспособность продукции.

Перспективы развития:

1. Разработка новых методов гидролиза.

2. Внедрение автоматизированных систем управления.

3. Исследование комбинированных методов обработки.

4. Применение энергосберегающих материалов.

Практическая значимость: результаты исследования могут быть использованы при модернизации существующих производств, в процессе проектирования новых линий по производству перьевой муки, для разработки энергосберегающих технологий, в учебном процессе профильных вузов и при подготовке специалистов в области переработки птицеводческих отходов.

Список использованной литературы

1. Бойко И. А. Эффективность скармливания перьевой муки и мясные качества цыплят-бройлеров кросса „ISA-F 15“ // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2010.

2. Мука кормовая животного происхождения. Технические условия: ГОСТ 17536-82.

3. Зиновьев С. Применение гидролизованной перьевой муки в рационах цыплят // Птицеводство. 2010. № 8. С. 26-27.

4. Каланакова Л. Н. Переработка пухо-перьевых отходов птицефабрик. Производство перьевой муки // Юный учёный. 2023. № 3 (66). С. 282-284.

5. Кузнецов Ю. В., Никифоров А. Г. Энергосбережение в агропромышленном комплексе. Лань, 2023. С. 328-330.

6. Салеева И. П. Питательность перьевой муки после экструдирования // Комбикорма. 2006. № 8. С. 70.

7. Эйриян С. Где взять белок // Птицеводство. 2001. № 5. С. 20-21.

УДК 631.223.2:621.311.243:621.352

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СУВЕРЕНИТЕТ МОЛОЧНЫХ ФЕРМ НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНО-АККУМУЛЯТОРНЫХ МИКРОГРИДОВ

Костычев К. В., *старший преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Изучена роль солнечно-аккумуляторных микрогридов в повышении энергетической устойчивости молочно-товарных ферм. Рассмотрено, как интеграция генерации, накопления и интеллектуального управления снижает зависимость производства от ненадежных сетей. Экономический эффект связан не только с экономией энергии, но и с предотвращением ущерба от остановок критического оборудования.

Ключевые слова: *микрогрид, молочно-товарные фермы, солнечная энергетика, накопители энергии, энергетический суверенитет.*

Современное молочное животноводство представляет собой высокотехнологичный процесс, чья непрерывность целиком зависит от надежного энергоснабжения. Однако его развитие сдерживается устаревшей инфраструктурой сельских сетей, где перебои ведут к прямым экономическим потерям. В этом контексте локальный энергокомплекс – микрогрид – перестает быть нишевым решением, становясь стратегическим инструментом для обеспечения устойчивости предприятия [5, 9]. Специфический профиль энергопотребления фермы, сочетающий постоянную базовую нагрузку и технологические пики, делает ее идеальным объектом для внедрения таких систем, открывая возможности для интеллектуального управления энергией [1].

Целью настоящего обзора является не простое перечисление компонентов или технических решений. Его задача состоит в комплексном анализе феномена микрогрида как целостной системы, рождающей синергетический эффект на стыке инженерной мысли, экономической логики и управленческой стратегии. Мы будем рассматривать микрогрид не в узкотехническом ключе, а как инструмент трансформации роли фермы – от пассивного и уязвимого потребителя ресурса к активному, устойчивому и интеллектуальному узлу новой, распределенной энергосистемы сельских территорий [4, 9]. Такой подход позволяет выявить подлинную ценность этой технологии, выходящую далеко за рамки простой экономии на киловатт-часах и заключающуюся в создании нового качества производственной и экономической устойчивости [7].

Энергопотребление современного молочного комплекса представляет собой не статичную сумму мощностей установленного оборудования, а динамическую систему, ритм которой синхронизирован с биологическими циклами животных и технологическими алгоритмами производства. Формирование так называемого энергетического портрета предприятия является первым и фундаментальным шагом, переводящим задачу электроснабжения из сугубо технической плоскости в область стратегического планирования [1, 6]. Этот портрет выявляет не просто количество потребляемых киловатт-часов, а их временное распределение, приоритетность и, что наиболее важно, ценность для непрерывности производственного процесса. С точки зрения временной динамики нагрузку можно охарактеризовать как многослойную. Базовый, почти постоянный слой формируют системы жизнеобеспечения, обеспечивающие микроклимат в корпусах, работу механизмов удаления навоза и, что критично, функционирование хо-

лодильных установок для мгновенного охлаждения и хранения молока. Эта нагрузка определяет минимальный, но абсолютно неотключаемый уровень энергопотребления, нарушение которого ведет к быстрой порче продукции и стрессу у поголовья. Поверх этого базового уровня накладываются ярко выраженные циклические пики, жестко привязанные к распорядку дня: циклы доения, работы кормораздаточных и поилковых линий, освещения. Их предсказуемость во времени, но высокая мощность создают специфический график, который традиционная сетевая инфраструктура зачастую не может обслуживать без перегрузок [3, 8]. Наконец, сезонный слой вносит коррективы, связанные с работой систем активной вентиляции летом и, в ряде регионов, дополнительного обогрева в зимний период. Ключевым выводом из анализа такого графика является необходимость выделения категории критической нагрузки. К ней относятся потребители, отказ которых влечет за собой необратимые финансовые и технологические последствия в течение минут или первых часов. Бесперебойная работа молочных танков-охладителей, систем принудительной вентиляции в герметичных корпусах и автоматизированных линий поения является непременным условием существования всего предприятия. Именно защита этой нагрузки от внешних сбоев становится первостепенной стратегической задачей [2, 4].

Специфический энергетический профиль молочно-товарной фермы перестает быть лишь исходными данными для расчета сечения кабеля или мощности трансформатора. Он трансформируется в основу для выработки энергетической стратегии. Понимание временных паттернов потребления позволяет перейти от реактивной модели – простого обеспечения достаточной мощности – к проактивной, заключающейся в интеллектуальном управлении спросом. Это открывает путь к технологиям смещения пиков, накопления энергии в периоды низкого спроса для покрытия периодов высокой активности, и, в конечном счете, к проектированию такой архитектуры микрогрида, которая не просто дублирует внешнюю сеть, а оптимально взаимодействует с внутренними процессами фермы, превращая особенности ее энергопотребления из проблемы в источник оптимизации и устойчивости [1, 3, 6].

Функциональное ядро автономного микрогрида молочной фермы образует не механическая совокупность генератора и накопителя, а глубоко интегрированный симбиоз двух технологий, обладающих комплементарными характеристиками. Эта синергия преодолевает фундаментальные ограничения каждой из технологий в отдельности, создавая качественно новую среду для обеспечения энергией [1, 4]. Солнечная фотоэлектрическая генерация, демонстрируя предсказуе-

мую суточную и сезонную динамику, тем не менее, остается принципиально интермиттирующим источником, чья максимальная производительность не совпадает с пиками технологических циклов предприятия. Системы накопления энергии, в свою очередь, лишены собственной способности к генерации, но предоставляют уникальную возможность управления энергией во времени. Их объединение формирует единый управляемый энергоактив, где свойства одного компонента нивелируют недостатки другого [6, 9].

Фотоэлектрические панели перестают быть лишь средством генерации, превращаясь в элемент производственной инфраструктуры. Их размещение выходит за рамки традиционных кровельных решений, интегрируясь в архитектуру фермы в виде навесов над открытыми площадками, парковками или выгульными дворами, что одновременно решает задачи затенения и защиты от осадков. Более того, начинает просматриваться потенциал агровольтаики – совместного использования земельных участков для растениеводства и солнечной генерации, где панели, установленные на высоте, создают микроклимат, способный благоприятно влиять на рост кормовых культур. Однако подлинным «сердцем» системы, обеспечивающим переход от генерации к гарантированному снабжению, выступают современные системы накопления энергии [2, 4]. Их роль многогранна: они аккумулируют излишки дневной генерации для покрытия вечерне-ночного потребления, осуществляют мгновенное сглаживание резких пиков нагрузки, защищая оборудование, и формируют стратегический резерв для питания критической инфраструктуры в период продолжительного отсутствия солнца или сетевого подключения. Выбор между различными электрохимическими технологиями – будь то долговечные литий-ионные батареи на основе фосфата железа, отличающиеся высокой плотностью энергии и скоростью отклика, или проточные ванадиевые системы, выделяющиеся практически неограниченным ресурсом циклов и безопасностью, – определяется не в абсолютных категориях «лучше-хуже», а через призму оптимизации общих затрат на протяжении жизненного цикла всей системы с учетом конкретных задач: суточного балансирования или сезонного резервирования [5, 7].

Завершает архитектурный триптих резервный источник, эволюционирующий от традиционного дизель-генератора, чья роль сводится к крайней мере в глубоко разряженной системе, к более совершенным решениям. Идеальным, хотя и сложным в реализации, представляется интеграция с биогазовой установкой, перерабатывающей навоз предприятия [4, 9]. Это создает полностью замкнутый метаболический цикл, где отходы жизнедеятельности поголовья трансформируются в надеж-

ный, диспетчеризуемый газ, пригодный для когенерации тепла и электричества, тем самым доводя логику энергетической автономии и цикличности сельского хозяйства до ее логического завершения [3].

Технологическая зрелость компонентов – генерации и накопления – является необходимым, но недостаточным условием для реализации потенциала микрогрида. Подлинная эффективность и надежность рождаются на уровне системы управления, которая выполняет функцию центральной нервной системы, преобразующей сырые энергетические потоки в осмысленное и оптимальное их распределение. Переход от автоматики, реагирующей на текущее состояние, к интеллектуальной системе, основанной на прогнозах и предиктивных алгоритмах, представляет собой качественный скачок, переводящий микрогрид из состояния пассивного набора оборудования в активного участника энергообеспечения предприятия [2, 3, 8].

Современная система управления микрогридом оперирует не только мгновенными значениями напряжения и тока, но и многослойными массивами данных. Она ассимилирует прогнозы метеорологических моделей, предсказывая выработку солнечных панелей на ближайшие часы и сутки. Она обладает точным расписанием технологических операций фермы – циклов доения, кормления, вентиляции – что позволяет с высокой точностью моделировать график будущего потребления [3, 6]. На основании этой информации алгоритмы диспетчеризации принимают стратегические решения: определить оптимальный момент для зарядки аккумуляторов, чтобы использовать излишки солнечной генерации в полдень; решить, когда целесообразно задействовать сеть по ночному тарифу для подзаряда; или, напротив, отдать энергию в сеть при ее избытке и выгодной цене. Таким образом, управление становится предиктивным, упреждающим события, а не реагирующим на них постфактум. Наиболее важным аспектом является глубокая интеграция системы управления микрогрида с цифровыми контурами самой фермы – с автоматизированными системами управления технологическими процессами [1, 7]. Эта интеграция превращает энергоснабжение из внешнего сервиса в управляемый параметр производственного цикла. В диалоге с системами микроклимата микрогрид может временно смещать или сглаживать пики нагрузки, связанные с работой вентиляторов, без ущерба для условий содержания животных. Получая сигнал от АСУ доильного зала о начале сессии, система может заранее подготовить необходимый энергоресурс, обеспечив стабильность напряжения для чувствительного оборудования. Подобная двусторонняя связь позволяет реализовать адаптивное управление спросом, где энергопотребление становится гибким и отзывчивым на доступность генерирующих мощностей [2, 8].

Модели такого управления могут варьироваться от консервативной стратегии полной автономии, направленной на минимизацию любого взаимодействия с ненадежной внешней сетью, до сложных гибридных режимов активного взаимодействия с энергорынком. В последнем случае микрогрид может выступать в роли виртуального аккумулятора для территории, потребляя энергию в периоды низких тарифов и снижая нагрузку на сеть в часы пик, тем самым генерируя дополнительный экономический эффект. Таким образом, интеллект системы трансформирует энергию из стандартизированного товара в гибкий, оптимизируемый ресурс, стоимость и доступность которого находятся под постоянным контролем, а сама система управления становится не затратным элементом, а ключевым источником добавленной стоимости и операционной эффективности [3, 5]. Классическая оценка энергетических проектов, фокусирующаяся на сравнении стоимости единицы произведенной или сохраненной энергии, оказывается методологически недостаточной применительно к микрогридам для критической инфраструктуры, такой как молочное производство. Экономическая целесообразность здесь проистекает не столько из прямой экономии на платежах за сетевой киловатт-час, сколько из фундаментального изменения природы энергоснабжения как фактора риска. Следовательно, необходим переход от анализа затрат к оценке создаваемой ценности, где предотвращение ущерба и обеспечение непрерывности бизнес-процессов занимают центральное место [1, 7]. Первоначальные вложения в микрогрид следует рассматривать не как затраты на энергию, а как инвестиции в страховой капитал предприятия. Прямая экономия за счет снижения сетевых платежей и пиковых нагрузок является лишь частью эффекта. Ключевая ценность заключается в предотвращении ущерба от остановки критического оборудования – порчи сырья, падения надоев и срыва поставок, чьи потенциальные потери многократно превышают годовые затраты на электроэнергию. Микрогрид радикально снижает этот операционный риск [2, 9].

Кроме того, система служит инструментом хеджирования против роста тарифов, фиксируя долю энергозатратов на долгий срок. Это обеспечивает стабильность себестоимости продукции [4]. Дополнительными преимуществами являются повышение капитализации бизнеса, улучшение инвестиционной привлекательности и формирование экологического имиджа. Таким образом, экономика микрогрида укрепляет устойчивость и конкурентоспособность агробизнеса в долгосрочной перспективе [6, 9].

Внедрение интеллектуального микрогрида не просто изменяет способ энергообеспечения отдельного сельскохозяйственного предприятия; оно инициирует фундаментальную трансформацию его роли

в более широкой энергетической и социально-экономической экосистеме [4, 5]. Ферма эволюционирует от периферийного, пассивного и зачастую проблемного потребителя, создающего пиковые нагрузки на уязвимые сети, в активного узла новой, распределенной энергосистемы. Эта новая роль реализуется через две взаимосвязанные концепции: просьюмера и поставщика системных услуг, что выводит хозяйство на качественно иной уровень интеграции. Прежде всего, предприятие становится субъектом, который совмещает функции потребления и производства энергии. Это преодоление традиционной односторонней парадигмы «генератор – сеть – потребитель» [1, 6]. Ферма, обладающая собственной генерирующей и накопительной мощностью, получает возможность не только минимизировать отбор из сети, но и возвращать в нее излишки в периоды высокой собственной выработки и низкого внутреннего спроса. Такое двустороннее взаимодействие требует соответствующей нормативно-правовой и технической инфраструктуры (учет и оплата по «зеленому» тарифу, двунаправленные счетчики, согласование с сетевыми компаниями), но в перспективе превращает энергоактивы фермы из статьи расходов в потенциальный источник дохода [2, 3, 8].

Более масштабная перспектива открывается в рамках концепции агрегации распределенных энергоресурсов и создания виртуальных электростанций. Отдельный микрогрид одной фермы обладает ограниченной мощностью для участия в оптовом рынке электроэнергии или рынке системных услуг [4, 5]. Однако при объединении под единым цифровым управлением множества таких объектов, расположенных на территории района или области, их совокупная мощность становится значимой. Специализированный агрегатор может дистанционно и координированно управлять генерацией, потреблением и запасами энергии в этих распределенных активах, чтобы оказывать услуги по балансировке энергосистемы, покрытию пиковых нагрузок или обеспечению резервной мощности [1, 3]. Таким образом, совокупность агропредприятий начинает функционировать как единая диспетчеризуемая электростанция, повышая общую надежность энергоснабжения региона.

Наконец, это ведет к позиционированию фермы как локального стабилизатора сети. В условиях, когда сельские распределительные сети часто работают на пределе пропускной способности, микрогрид, способный в часы пик снижать отбор мощности из сети или даже выдавать энергию в нее, снижает нагрузку на трансформаторные подстанции и линии электропередачи [1, 5]. Это откладывает необходимость их дорогостоящей модернизации, уменьшает технические поте-

ри и повышает качество электроэнергии для других потребителей, подключенных к той же линии. Ферма перестает быть источником проблем для сетевой компании, становясь партнером по повышению устойчивости инфраструктуры [7, 9].

Трансформация роли является кульминацией технологической и управленческой эволюции. Микрогрид позволяет сельхозпредприятию выйти за рамки узкохозяйственных задач и начать выполнять важную системную функцию [1]. Ферма становится проактивным участником энергетического рынка, элементом интеллектуальной сети и фактором повышения энергетической безопасности территории, что не только меняет ее экономическую модель, но и усиливает ее социальную значимость и интеграцию в процессы цифровой трансформации региона [5, 7].

Проведенный анализ показывает, что внедрение солнечно-аккумуляторных микрогридов в молочном животноводстве – это стратегический переход к новой парадигме управления. Он обеспечивает энергетический суверенитет, технологическую устойчивость и экономическую предсказуемость.

Список использованной литературы

1. Варфоломеев А. Р., Сидоров В. И. Практика построения автономных микрогридов для сельскохозяйственных потребителей // Электроэнергия. Передача и распределение. 2023. № 1 (82). С. 64-71.

2. Гидродинамика и теплообмен в элементах систем накопления энергии на основе проточных редокс-батарей / И. С. Анисимов [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. 2022. № 10-12. С. 88-99.

3. Денисов К. В. Методология адаптивного управления нагрузкой агропромышленного комплекса в составе микрогрида // Автоматизация, IT и энергоэффективность в АПК: материалы VII Международной научно-практической конференции. Москва: РГАУ-МСХА, 2023. С. 112-118.

4. Интеграция систем накопления электроэнергии в микрогриды объектов АПК: обзор технологий и российский опыт / под ред. С. В. Миронова. Москва: НИУ «МЭИ», 2023. 96 с.

5. Концепция развития распределенной энергетики на основе возобновляемых источников в сельских территориях до 2030 года: утв. Минсельхозом России 15.12.2022 № ПП-823. 41 с.

6. Кузнецов Е. В., Петрова И. А. Моделирование суточных графиков нагрузки молочно-товарного комплекса для задач оптимизации энергоснабжения // Агроинженерное обеспечение устойчивого развития АПК: сборник научных трудов. Воронеж: ВГАУ, 2023. С. 45-52.

7. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию проектов микрогридов на объектах АПК / А. Ф. Дьяков [и др.] // Энергобезопасность и энергосбережение. 2022. № 4. С. 18-25.

8. Тарасов А. С. Цифровые двойники в проектировании и эксплуатации энергообъектов распределенной генерации // Инновации в электроэнергетике. 2024. № 1(48). С. 32-40.

9. Устойчивое развитие сельских территорий на основе технологий распределенной энергетики: монография / В. Т. Водянников, Е. Н. Бычков, Д. В. Пацыка. Москва: Русайнс, 2022. 215 с.

УДК 636.085.67:633.1

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ЗЕРНА

Кузнецова Т. А., *старший преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрена проблема микробиологической контаминации зернового сырья и обосновывается необходимость применения физических методов обеззараживания как альтернативы химическому протравливанию. Изучены возможности разработки опытно-промышленной установки для ультрафиолетовой обработки зерна пшеницы и ячменя продовольственного и фуражного назначения.

Ключевые слова: *ультрафиолетовое обеззараживание зерна, зерно пшеницы, зерно ячменя, ртутные лампы низкого давления.*

Микробиологическая контаминация зернового сырья представляет собой одну из значимых проблем современного агропромышленного комплекса. Развитие плесневых грибов родов Fusarium, Aspergillus, Penicillium на поверхности зерна приводит не только к потере технологических свойств, но и к накоплению опасных микотоксинов, делающих продукцию непригодной для продовольственных и кормовых целей. Традиционные методы химического протравливания, обладая достаточной эффективностью, увеличивают пестицидную нагрузку на продукт и окружающую среду, что противоречит задачам экологизации сельскохозяйственного производства.

В глобальном контексте проблема усугубляется климатическими изменениями: аномальные погодные условия в период уборки урожая способствуют интенсивному развитию патогенной микрофлоры. В национальной повестке Российской Федерации задача технологического обеспечения продовольственной безопасности непосредственно связана с разработкой импортозамещающих и экологически безопасных методов послеуборочной обработки зерна. Ультрафиолетовое облучение как физический метод обеззараживания привлекает внимание исследователей благодаря доказанному биоцидному действию и отсутствию остаточных химических веществ в продукте.

Вопросы ультрафиолетовой обработки сельскохозяйственных культур исследовались в ряде работ, посвященных как предпосевной стимуляции семян, так и обеззараживанию зернового сырья. В результате микробиологического анализа проб зерна автором были установлены

оптимальные дозы УФ-облучения 100 кДж/м², обеспечивающие устойчивый эффект обеззараживания. Выявлено инактивирующее воздействие на грибы родов Fusarium и Alternaria ультрафиолетовым облучением дозой от 20 кДж/м². При этом отсутствует негативное воздействие ультрафиолетового излучения максимально достигнутой в эксперименте дозой 120 кДж/м² на биологические свойства зерна [1].

Эффективность УФ-обработки для стерилизации поверхности зерна сталкивает с проблемой неравномерности воздействия из-за рельефности поверхности и трехмерной формы зерновок. Данное обстоятельство определило необходимость разработки установки, обеспечивающей равномерное облучение всей поверхности зерна при сохранении его технологических свойств.

Таким образом, целью работы стала разработка опытно-промышленной установки для ультрафиолетового обеззараживания зерна пшеницы и ячменя. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: обоснование конструктивных параметров установки на основе анализа существующих решений, разработка функциональной схемы и описание принципа работы основных элементов, определение режимов обработки и системы автоматического управления, разработка алгоритма работы контроллера для автоматического регулирования процесса.

Разработанная установка базируется на авторском техническом решении, защищенном патентом РФ № 2778794 [1]. Её функциональная схема представлена на рисунке 1.

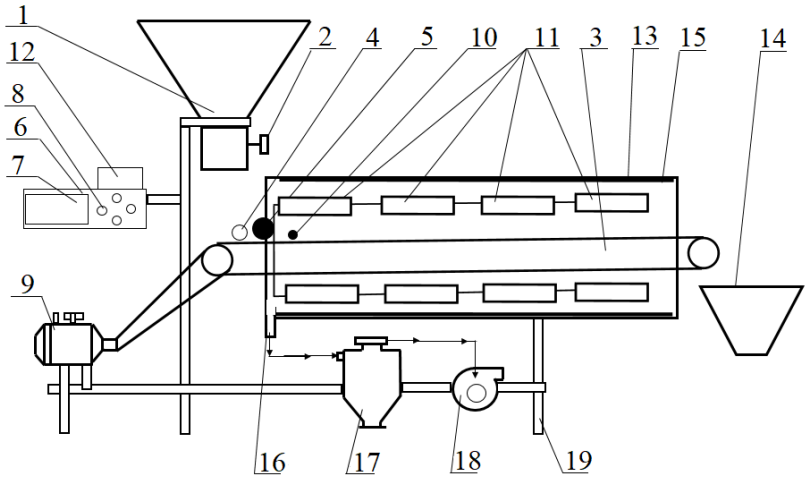


Рисунок 1 – Функциональная схема установки

Установка содержит следующие основные элементы. Узел загрузки 1 с регулируемыми заслонками 2 дозирует поступление зерна на сетчатый конвейер 3, скорость которого регулируется электрическим двигателем 9. На конвейере расположены устройство распреде-

ления зерна в один слой 4 и датчик скопления зерна 5. В камере обработки 13 сверху и снизу от конвейера установлены импульсные газоразрядные лампы 11, подключенные к блоку пускорегулирующей аппаратуры 12. Внутренняя поверхность камеры имеет отражающее покрытие 15 для повышения коэффициента использования УФ-потока. Датчик интенсивности излучения 10, расположенный на конвейере в зоне облучения, соединен с блоком управления 6. Система аспирации включает патрубок 16, циклон 17 и вентилятор 18 для очистки ламп от пыли и загрязнений. Блок управления 6 с экраном 7 и кнопками управления 8 обеспечивает автоматическое регулирование процесса. Узел выгрузки 14 выполнен в виде накопительного бункера. Все элементы закреплены на раме 19.

Установка функционирует следующим образом. Зерно из узла загрузки 1 через открытые заслонки 2 поступает на сетчатый конвейер 3. Устройство распределения 4 формирует равномерный тонкий слой. Датчик скопления зерна 5 контролирует толщину слоя и через блок управления 6 регулирует положение заслонок и скорость конвейера, поддерживая оптимальную загрузку. Конвейер перемещает зерно через камеру обработки 13, где оно облучается импульсными газоразрядными лампами 11 одновременно сверху и снизу. Отражающее покрытие 15 обеспечивает многократное отражение излучения, позволяя облучать зерно со всех сторон и минимизировать затененные участки [1, 4]. Датчик интенсивности излучения 10 измеряет фактическую мощность потока и передает данные в блок управления для корректировки режимов. Система аспирации через патрубок 16 отводит запыленный воздух из камеры в циклон 17 для очистки, предотвращая оседание пыли на лампах и сохраняя стабильность облучения. Обработанное зерно поступает в узел выгрузки 14.

Для обеспечения эффективного обеззараживания при изменяющихся условиях работы (различные партии зерна, колебания напряжения, загрязнение ламп) необходима система автоматического регулирования дозы облучения. Разработанная структурная схема системы управления включает два взаимосвязанных контура регулирования [1, 2, 3, 5, 6].

Анализ технологического процесса показывает, что для поддержания заданной дозы облучения необходимо контролировать три ключевых параметра: скорость поступления зерна на сетчатый конвейер (величину открытия заслонки узла загрузки), скорость движения конвейера, регулируемую электрическим двигателем (должна быть согласована с показаниями датчика скопления зерна и требуемой дозой облучения), а также интенсивность УФ-излучения с помощью датчика интенсивности.



Рисунок 2 – Структурная схема облучательной установки

На основе структурной схемы разработан обобщенный алгоритм работы устройства для обеззараживания зерна (рис. 3), конкретизирующий описанный принцип действия. В качестве основного управляющего устройства выбран программируемый логический контроллер (ПЛК) с необходимым количеством входов/выходов для подключения датчиков, управления двигателем, заслонкой и лампами. Человеко-машинный интерфейс позволяет оператору вводить заданную дозу, контролировать параметры процесса и при необходимости вмешиваться в управление.

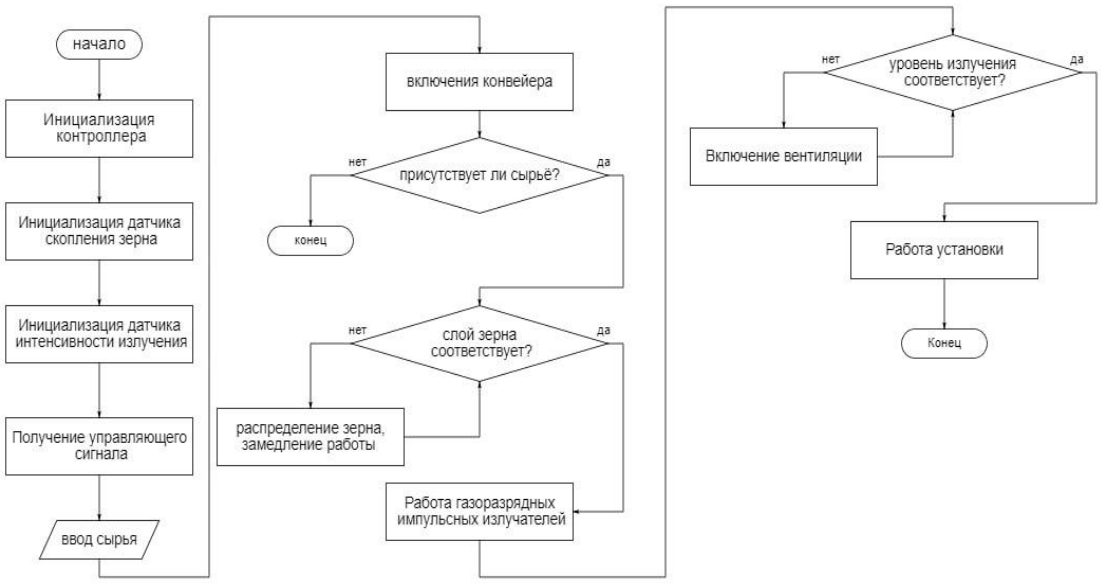


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма работы устройства для обеззараживания зерна

Эффективность разработанной установки подтверждается ранее проведенными исследованиями. При корректном подборе дозы УФ-облучения (в диапазоне 20-120 кДж/м²) всхожесть зерна не ухудшается, а в некоторых случаях может улучшаться за счет подавления патогенной микрофлоры на поверхности семян. Отсутствие негативного воздействия на биологические свойства зерна позволяет использовать установку для обработки как продовольственного, так и фуражного зерна [1, 2, 3, 5, 6].

УФ-обеззараживание может применяться как самостоятельная стадия перед хранением или фасовкой, так и в качестве элемента «барьерной технологии» в сочетании с другими мягкими методами – мягкой сушкой, озонированием, холодной плазмой. Комбинированное воздействие позволяет достигать большей микробиологической стабильности при умеренных дозах каждого фактора.

Современные тенденции развития подобных установок включают автоматизацию дозоконтроля, онлайн-мониторинг микрофлоры, удаленное управление и внедрение «умных» алгоритмов регулирования параметров с учетом свойств конкретной партии зерна. Разработанная установка содержит все необходимые элементы для реализации таких функций: блок управления, датчики интенсивности и скопления, а также интерфейс для настройки режимов.

Разработанная установка для ультрафиолетового обеззараживания зерна позволяет решить проблему неравномерности облучения за счет двухстороннего расположения ламп, отражающего покрытия камеры и автоматического регулирования параметров процесса. Применение системы аспирации обеспечивает стабильность работы ламп. Предложенные структурная схема управления и алгоритм работы контроллера позволяют поддерживать заданную дозу облучения в реальном времени с учетом изменений толщины слоя и интенсивности излучения. Установка может быть использована на предприятиях АПК для обработки зерна пшеницы и ячменя, снижая микробиологическую обсемененность без применения химических препаратов и сохраняя качество продукции. Дальнейшие исследования будут направлены на экспериментальную валидацию эффективности разработанной конструкции и алгоритмов управления, а также на интеграцию с другими методами обработки.

Список использованной литературы

1. Устройство для обработки зерна и кормов облучением: патент RU № 2778794 C1, МПК A23L 3/54 / Кузнецова Т. А., Ханин Ю. И.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. № 2022103472; заявл. 10.02.2022; опубл. 25.08.2022, Бюл. № 24. 6 с.

2. Евдокимов А. П., Подковыров И. Ю., Кузнецова Т. А. Дозы ультрафиолетового излучения для бактерицидной обработки зерна // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 284-291.

3. Кузнецова Т. А. устройство для асептической обработки зерна // Материалы XXVIII региональной конференции молодых ученых и исследователей Волгоградской области. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2024. С. 124-127.

4. Устройство для обработки зерна и кормов облучением: патент № 2737764 C1 РФ, МПК A23L 3/54. № 2020118963: заявл. 01.06.2020: опубл. 02.12.2020 / А. П. Евдокимов, Т. А. Кузнецова, Ю. И. Ханин; заявитель ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ.

5. Кузнецова Т. А. устройство для асептической обработки зерна // Материалы XXVIII региональной конференции молодых ученых и исследователей Волгоградской области. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2024. С. 124-127.

6. Рябцев, В. Г., Евдокимов А. П., Кузнецова Т. А. Автоматизированный системно-когнитивный анализ степени обеззараживания зерна ультрафиолетовым облучением // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 274-281.

УДК 631.53.027.33:631.432:621.3

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В СИСТЕМЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН И ПОЧВЫ

Мещеряков М. П., *д-р техн. наук, доцент*
Якубов В. В., *канд. техн. наук, доцент*
Наталюткин А. В., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Проведен анализ энергосберегающих электрофизических методов обработки семян и почвы. Обоснован концептуальный переход от энергоемкой механической обработки к дозированному физическому воздействию, активирующему внутренние ресурсы агросистемы. Описаны механизмы влияния электрических и магнитных полей на биологические объекты и почвенные коллоиды. Экспериментально подтверждено, что комплексная технология, включающая импульсную обработку семян и магнитное воздействие на почву, повышает полевую всхожесть на 15-25 % и урожайность на 10-20 %, что определяет высокую практическую значимость метода для ресурсосберегающего земледелия.

Ключевые слова: *энергосбережение, электрофизические методы, предпосевная обработка семян, физическая мелиорация почвы, импульсное электрическое поле, магнитное поле.*

Современное сельскохозяйственное производство стоит перед триадой взаимообусловленных вызовов: необходимостью гарантированного повышения урожайности и качества продукции, жесткими

требованиями по снижению энергоемкости технологических процессов и минимизации антропогенной нагрузки на агроценозы [1, 3]. Традиционная парадигма, основанная на глубокой механической обработке почвы и интенсивном применении химических средств (протравителей, удобрений, пестицидов), в значительной степени исчерпала свой потенциал, упираясь в экономические и экологические ограничения [2, 4, 7]. В этой связи закономерным является смещение научно-технического поиска в область «зеленых» технологий, использующих собственные, заложенные в биологические и почвенные системы резервы [3, 5, 6].

Особый интерес представляют методы, основанные на применении физических факторов, и среди них – электрофизические, как наиболее управляемые, дозируемые и легко автоматизируемые. Их фундаментальное преимущество заключается в возможности направленного, порогового воздействия на структуру и функции биологических объектов и почвенных коллоидов без внесения чужеродных химических агентов [3, 4, 7]. Исторически первые работы в области электростимуляции семян (опыты П. И. Броунова, В. А. Михельсона) и почвы датируются еще началом XX века, однако их практическому внедрению долгое время мешала недостаточная развитость элементной базы силовой электроники и отсутствие детальных знаний о механизмах воздействия [4, 7].

Семя представляет собой сложную гетерогенную систему, находящуюся в состоянии глубокого покоя. Цель предпосевной обработки – вывести его из этого состояния, мобилизовать метаболические процессы, повысив энергию прорастания и всхожесть.

Электрическое поле, в зависимости от его параметров (напряженность E, длительность импульса τ, частота следования f), оказывает многоуровневое воздействие на клеточном и молекулярном уровне, а также на уровне целого семени, где оптимизированный режим обработки (например, импульсы напряженностью 3-7 кВ/см длительностью 100-300 мкс) стимулирует дыхание, активность гидролитических ферментов (α-амилазы, протеаз), ускоряет мобилизацию запасных питательных веществ из эндосперма к зародышу (рис. 1).

Магнитное поле (МП), особенно постоянное или низкочастотное, оказывает влияние преимущественно через парамагнитные и магнитогидродинамические механизмы [3, 7]. Ионы металлов ($K+$, Ca^{2+}, Mg^{2+}), являясь заряженными частицами, движущимися в проводящей среде клеточного сока, испытывают действие силы Лоренца. Это изменяет кинетику их транспорта через мембраны. Кроме того, МП влияет на спиновое состояние электронов в парамагнитных

центрах (например, в молекулах хлорофилла-предшественников, ферродоксИн), что может модулировать будущие фотосинтетические процессы [3, 7]. Плазменная обработка (низкотемпературная плазма атмосферного давления) комбинирует воздействие активных частиц (озон, оксиды азота), УФ-излучения и электрического поля, обеспечивая как стерилизующий эффект на поверхности семян, так и их физико-химическую активацию.

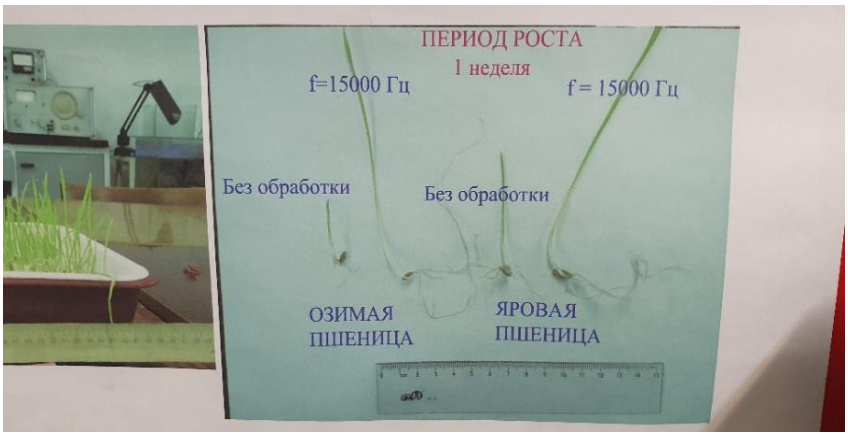


Рисунок 1 – Предпосевная обработка зерна озимой и яровой пшеницы различными биорезонансными частотами

Почва – полидисперсная, многофазная, капиллярно-пористая система. Ее физико-механические и водно-физические свойства во многом определяются состоянием почвенных коллоидов и структурой порового пространства.

При наложении поля на увлажненный почвенный массив возникает направленное движение жидкости (электроосмос) и коллоидных частиц (электрофорез) [3, 4]. Данный эффект может быть использован для локального регулирования влажности в прикорневой зоне: перемещения влаги из более глубоких горизонтов к корням (в режиме осушения – наоборот) [7]. Это классический метод, известный еще в мелиоративной практике, однако современные импульсные режимы позволяют резко снизить энергопотребление процесса.

Данные поля вызывают диэлектрический нагрев объемов почвенной влаги. При импульсном режиме возможен квазиадиабатический нагрев, приводящий к мгновенному парообразованию внутри комков и агрегатов [3]. Создаваемое давление разрушает плотные сложения, обеспечивая рыхление без механического перемешивания горизонтов. Происходит стерилизация почвы от патогенной микрофлоры и семян сорняков. Важнейшее преимущество – селективность: наибольший нагрев происходит в областях с высокой влажностью, то есть там, где расположены комки и уплотнения.

Экспериментальная часть работы выполнялась с использованием специализированного оборудования, позволяющего реализовать весь спектр рассматриваемых электрофизических воздействий [3, 7]. Для обработки семенного материала был задействован комплекс, включающий три типа аппаратуры. Основным инструментом являлся импульсный генератор (рис. 2) разработанный М. П. Мещеряковым и В. В. Якубовым, обеспечивающий регулировку ключевых параметров воздействия: напряженность электрического поля (Е) в диапазоне до 15 кВ/см, длительность импульса (τ) от 50 до 1000 мкс и частоту их-следования (f) от 50 до 65000 Гц, в таблице 1 представлены сводные результаты.

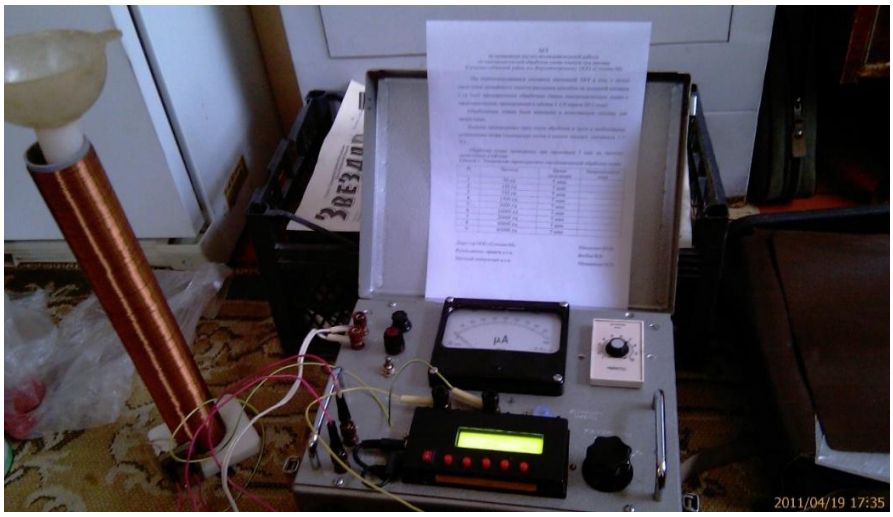


Рисунок 2 – Устройство обработки семян электромагнитным полем

Дополнительно применялся магнитный активатор, сконструированный на базе постоянных неодимовых магнитов, создающий в рабочем зазоре магнитное поле с индукцией 30 мТл. Для решения задач поверхностного обеззараживания использовался плазменный реактор, работающий по принципу барьерного разряда при атмосферном давлении.

Воздействие на почвенную среду осуществлялось с помощью мобильного полевого комплекса. Его основу составлял малоинерционный СВЧ-излучатель, генерирующий электромагнитное излучение частотой 2,45 ГГц с импульсной мощностью до 5 кВт, который был смонтирован на раме культиватора для обеспечения поступательного движения.

Оценка эффективности применяемых методов проводилась по комплексу общепринятых и специализированных показателей. Качество семенного материала и эффективность его обработки контролировались по лабораторной и полевой всхожести, а также по энергии

прорастания в строгом соответствии с требованиями действующих ГОСТ. Для анализа физиолого-биохимического статуса растений применялись методы высокоэффективной жидкостной хроматографии (для количественного определения фитогормонов) и спектрофотометрии (для оценки активности ключевых ферментов). Состояние почвы характеризовалось через определение структурно-агрегатного состава по методу Н. И. Саввинова с последующим рентгеноструктурным анализом почвенных агрегатов. Конечная агрономическая и хозяйственная эффективность устанавливалась путем детального учета урожайности и анализа ее структуры.

Таблица 1 – Сравнительное влияние электромагнитной обработки воды на параметры работы

Показатели	Контроль (традиционная технология)	Опытный вариант (электрофизическая обработка)	Эффект
Лабораторные показатели качества энергия прорастания, % (яровая пшеница)	Условный базовый уровень (100 %)	140-150 % от контроля	+40-50 % к контролю; +15-20 % к хим. протравителю
Полевые показатели всхожесть, % (яровая пшеница)	67-72 %	82-87 %	+15 абс. % (рост на 22-25 % отн.)
Морфометрические параметры в фазу кущения	Базовый уровень Длина колеоптиле, см	-	Увеличение на 25-30 %
	Базовый уровень, масса корневой системы, г/растение	-	Увеличение на 25-30 %
Биохимическая активность	Базовый уровень α-амилазы в проростках	-	Увеличение на 35-40 %

Наибольший агрономический эффект получен при комбинированной схеме: кратковременная (не более 2-3 с) плазменная обработка для обеззараживания поверхности с последующей импульсной электростимуляцией.

Энергозатраты на операцию рыхления на 1 га снизились с 12-15 кг.д.в./га (дискование) до 3-4 кг.д.в./га (СВЧ-рыхление + минимальное механическое воздействие). Наибольший хозяйственно-экономический результат был достигнут при совместном использовании активированных семян и физически обработанной почвы.

Проведенные многолетние исследования убедительно доказывают, что энергоэффективные электрофизические методы обработки семян и почвы представляют собой не отдельные технические приемы, а элементы формирующейся новой технологической платформы в растениеводстве.

Перспективы дальнейших исследований будут направлены на создание унифицированных энергоэффективных модулей на основе силовой импульсной и СВЧ-электроники для оснащения серийной сельскохозяйственной техники, а также в углубленном изучении отдаленных последствий и адаптационных реакций агроценозов на систематическое применение физических полей. Внедрение разработанных технологий является стратегическим направлением для повышения конкурентоспособности и экологической устойчивости отечественного агропромышленного комплекса.

Список использованной литературы

1. Громов В. П., Сидоров А. К. Электрофизика в сельском хозяйстве: теория и практика. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2018. 388 с.

2. Долгов С. И., Мурин И. С. Импульсные электрические поля в биотехнологии и агрономии. СПб.: Наука, 2015. 295 с.

3. Кужель А. А. Современное состояние и развитие ресурсосберегающего орошения в России // Материалы XXVIII региональной конференции молодых ученых и исследователей Волгоградской области. Волгоград, 2024. С. 345-347.

4. Мещеряков М. П., Пазухина А. Ю., Наталюткин А. В. Определение электрофизических свойств природных водоисточников // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2025. С. 167-173.

5. Полевой В. В. Физиология растений. М.: Высшая школа, 2020. 464 с.

6. Стадник В. А., Гонтарь В. И. Воздействие СВЧ-энергии на почвенные структуры // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57. № 4. С. 654-665.

7. Якубов В. В., Мещеряков М. П., Пазухина А. Ю. Водоподготовка оросительной воды методом прямого электролиза // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2024. С. 223-228.

8. Černý J., Pospíšil J., Hlaváčová Z. Plant response to pulsed magnetic field // Environmental and Experimental Botany. 2021. V. 192. Art. 104644.

УДК 621.311.1

ВЛИЯНИЕ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ НА ПОГРЕШНОСТИ СИСТЕМ УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Ханин Ю. И., *канд. техн. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрена проблема влияния гармонических искажений тока и напряжения на точность систем коммерческого учёта электроэнергии. Представлены результаты экспериментальных исследований трансформаторов тока и

электронных счётчиков при работе с нелинейными нагрузками. Показано, что при высоких уровнях гармонических искажений погрешности измерительных трансформаторов могут превышать нормированные значения в 2-3 раза, а погрешности счётчиков достигать 16 % при нелинейной нагрузке.

Ключевые слова: *гармонические искажения, системы учёта электроэнергии, трансформаторы тока, счётчики электроэнергии, качество электроэнергии.*

Актуальность. Одним из ключевых направлений модернизации подстанций является внедрение современных автоматизированных систем коммерческого учёта электроэнергии (АСКУЭ). Переход на новые системы учёта обусловлен необходимостью повышения точности измерений, обеспечения прозрачности коммерческих взаиморасчётов на оптовом и розничном рынках электроэнергии, а также снижения коммерческих и технологических потерь в электрических сетях. Современные требования предусматривают применение многофункциональных электронных счётчиков классов точности 0.2S и 0.5S с возможностью хранения профилей мощности, интеграцию измерительных комплексов в единую информационную систему и обеспечение дистанционного снятия показаний в режиме реального времени.

Параллельно с процессами модернизации энергетической инфраструктуры обостряется проблема качества электрической энергии в сетях всех уровней напряжения. Массовое внедрение энергоэффективных технологий на основе силовой электроники – частотно-регулируемых приводов, источников бесперебойного питания, систем плавного пуска электродвигателей, светодиодного освещения – привело к резкому росту уровня гармонических искажений токов и напряжений. Если в 1980-х годах доля нелинейных нагрузок в промышленных сетях составляла 10-15 %, то в настоящее время она достигает 50-70 %, а в сетях офисных и общественных зданий может превышать 80 %. В сетях 0,4 кВ коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения регулярно превышает нормативные 8 %, достигая 10-12 % в часы максимальных нагрузок [1, 2, 3, 4].

Исследование влияния гармонических искажений на системы учёта электрической энергии приобретает особую актуальность в контексте требований современного рынка электроэнергии. Погрешности измерения, вызванные высшими гармониками, могут достигать 1-3 % при высоких уровнях искажений, что при годовом энергопотреблении крупной подстанции в сотни миллионов кВт·ч приводит к существенным финансовым потерям для одной из сторон коммерческих взаиморасчётов. Трансформаторы тока и напряжения, проектировавшиеся для работы на частоте 50 Гц, демонстрируют частотно-зависимые погрешности, которые возрастают с увеличением номера гармоники [5, 6, 7].

Целью настоящей работы является исследование влияния гармонических составляющих тока и напряжения на погрешности элементов системы учёта электрической энергии – прежде всего электронных счётчиков – в условиях повсеместного роста уровня нелинейных искажений и внедрения современных высокоточных средств измерений.

Материалы и методы. Для оценки влияния гармонических составляющих тока на погрешность счётчиков электрической энергии были проведены опыты с линейной и нелинейной нагрузкой. Исследованию подвергся однофазный счётчик электрической энергии ЦЭ6807П 220 В, 5-60 А, 50 Гц, 3200 имп./кВт·ч класса точности 1. В качестве нелинейной нагрузки использовались светодиодные лампы мощностью 8-10 Вт и нелинейные дроссели, в качестве линейной – лампы накаливания мощностью 100-150 Вт. Были произведены измерения напряжения, тока, активной, реактивной и полной мощностей, напряжения и тока основной и высших гармоник до 11-го порядка. В течение заданного отрезка времени фиксировалось количество интервалов между импульсами светового индикатора счётчика при различном виде нагрузки.

Погрешность работы электросчётчика определялась по формуле:

$$E = (P \times T \times A/3600 - 1) \times 100\ \%, \quad (1)$$

где E – полученная погрешность электросчётчика, %; P – мощность присоединённого энергооборудования, кВт; T – время одного интервала между импульсами светового индикатора электронного счётчика, с; A – передаточное число, имп./кВт·ч.

Спектральный анализ проводился с использованием измерителя параметров электроустановок MI 3155.

Результаты и обсуждение. Результаты исследования однофазного счётчика ЦЭ6807П показали критическое влияние типа нагрузки на точность измерений. При работе с нелинейной нагрузкой (светодиодные лампы) погрешность составила 16,62 %, что в 16 раз превышает класс точности прибора (1 %). Спектральный анализ выявил, что 48,83 % потребляемого тока приходится на высшие гармоники. Наибольший вклад вносит 3-я гармоника, величина которой в процентном соотношении составляет 40,0 % от основной, далее следуют 5-я гармоника – 5,19 %, 7-я – 2,34 %, 9-я – 0,78 %, 11-я – 0,52 %.

При работе с линейной нагрузкой (лампы накаливания) погрешность не превысила 2,04 %, что близко к классу точности прибора. Спектральный анализ показал отсутствие значимых гармонических составляющих в токе нагрузки – основной вклад вносит первая гар-

моника (100 %), седьмая гармоника присутствует в незначительном количестве (1,4 %), что обусловлено переходными процессами при включении ламп накаливания.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при наличии нелинейной нагрузки электронный счётчик работает с существенной погрешностью, выходящей за пределы заявленного класса точности. Это объясняется тем, что счётчики, не рассчитанные на работу с высокими уровнями гармоник, могут некорректно обрабатывать несинусоидальные сигналы. Современные электронные счётчики, использующие метод мгновенных значений для вычисления активной мощности, теоретически должны корректно работать при любой форме кривых тока и напряжения. Однако на практике на точность влияют такие факторы, как частота дискретизации АЦП, разрядность преобразователя и синхронизация измерений по току и напряжению.

Заключение. Исследования однофазного счётчика ЦЭ6807П продемонстрировали критическое влияние типа нагрузки на точность измерений. При работе с нелинейной нагрузкой (светодиодные лампы) погрешность составила 16,62 %, что в 16 раз превышает класс точности прибора. При линейной нагрузке погрешность не превысила 2,04 %. Таким образом, при наличии нелинейной нагрузки около 48,83 % потребляемого тока учитывается с погрешностью, выходящей за пределы нормированных значений.

Для обеспечения требуемой точности коммерческого учёта при высоких уровнях гармоник необходим комплексный подход, включающий: применение счётчиков класса 0.5S или выше с расширенным частотным диапазоном и высокой частотой дискретизации (8 кГц и выше); выбор моделей с возможностью измерения и регистрации параметров качества электроэнергии; правильный выбор измерительных трансформаторов с учётом возможных гармонических искажений; периодический контроль погрешностей с использованием эталонных генераторов несинусоидальных сигналов; мониторинг уровня гармоник в точках учёта для оценки условий работы измерительного оборудования.

Список использованной литературы

1. IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions: IEEE Std 1459-2010.

2. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабежния общего назначения: ГОСТ 32144-2013. М.: Стандартинформ, 2014.

3. Ханин Ю. И., Барыкина Е. Н., Ерпылёва Е. В. Методы определения дополнительных потерь электроэнергии // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2016. Т. 2. 400 с.

4. Ханин Ю. И. Повышение эффективности электропередачи в сельских сетях 0,38 кВ с коммунально-бытовой нагрузкой // Материалы XIX Региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2015. 184 с.

5. Юндин М. А., Ханин Ю. И. Анализ дополнительных нагрузочных потерь электроэнергии от протекания токов высших гармоник в элементах сети 0,38 кВ // Вісник Сумського національного аграрного університету. 2012. № 6 (24). С. 151-154.

6. Юндин М. А., Ханин Ю. И. Дополнительные потери электроэнергии в силовых трансформаторах 10/0,4 кВ // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. Краснодар: КубГАУ, 2014. № 07 (101). http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/04.pdf

7. Юндин М. А., Ханин Ю. И., Шабанов Н. И. О коэффициенте небаланса наиболее значимых высших гармоник токов в сельских коммунально-бытовых сетях 0,38 кВ // Вестник АПК Ставрополья. 2014. № 2 (14). С. 102-105.

УДК 631.51:631.316.2

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ЗАДАННОЙ ГЛУБИНЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Черноусов П. С., *старший преподаватель*
Гапич Д. С., *д-р техн. наук, профессор*
Черноусова М. А., *старший преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Приведена информация о важности контроля глубины предпосевной обработки. Приведены результаты измерений отклонения глубины обработки с помощью методики ГОСТ 26244-84 и предложенной авторами на основании данных угла поворота секции культиватора. Сделано заключение о перспективности использования предложенного способа.

Ключевые слова: *почвообрабатывающие орудия, рабочие органы культиваторов, секции культиваторов, агротехнические требования, посевное ложе.*

Один из известных способов увеличения энергоэффективности процесса культивации это применение упругого крепления секций почвообрабатывающего орудия к раме машинно-тракторного агрегата (МТА). Эффект от применения данной конструкции проявляется в использовании вибрации рабочего органа благодаря чему происходит интенсификация процесса крошения почвы и как следствие снижение тягового сопротивления перемещению почвообрабатывающего орудия [2, 4, 6]. Стоит отметить, что эффективное применение данной технологии, обоснованно только при выполнении агротехнических требований [1]. При этом основным контролируемым параметром требующий пристального внимания, на наш взгляд, является отклонение глубины обработки. Причиной этого является постоянное пере-

мещение носка лапы рабочего органа в рассматриваемой колебательной системе, не зависимо от природы возникновения этих колебаний. Данное перемещение изменяет глубину обработки и может оказывать негативное влияние на формирование посевного ложа и сохранности влаги в почве, чего требует рассматриваемая предпосевная культивация. Под идеальным посевным ложем понимается подповерхностное уплотнение почвы, полученное в процессе почвообработки, препятствующее подъему и испарению влаги из нижнего слоя, а также равномерно разрыхленный верхний слой, сохраняющий тепло и насыщенный воздухом, рисунок 1 [4].

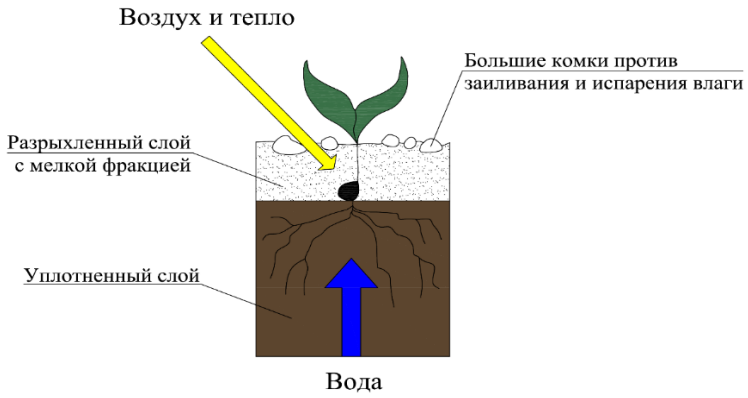


Рисунок 1 – Идеальное посевное ложе

Оптимальный высев семян производится на дно посевного ложа, это необходимо для равномерности всходов, правильного развития культуры, а также снижения вероятности обрыва корней вследствие усадки верхнего слоя (рис. 2). В связи с этим в агротехнических требованиях для предпосевной культивации содержатся жесткие нормы по отклонению глубины обработки, которые составляют ± 10 мм [3].

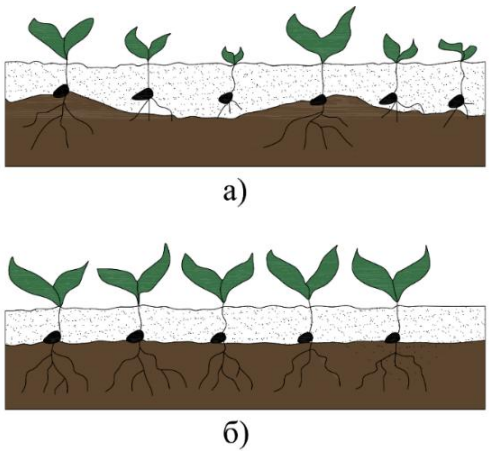


Рисунок 2 – Всхожесть семян при разных видах посевного ложа
а) неправльное ложе; б) правльное ложе

Также в агротехнических требованиях приведена методика измерения отклонения глубины обработки. Согласно которой необходимо выполнить пятнадцать контрольных измерений обработанной площади с помощью метрового рейки, уложенной поперек гребней и линейки с точностью 0,5 мм и найти среднее значение измеряемого параметра.



Рисунок 3 – Измерение отклонения глубины обработки

Согласно проведенным полевым испытаниям культиватора оснащенного автоматической системой контроля и генерации вибрации секций и настроенного на глубину обработки 150мм, выполнен замер отклонения глубины обработки по описанной методике, его результаты приведены в виде графика на рисунке 4. Вычисленное среднее значение – 6,3 мм не превысило нормированное ± 10 мм. Средняя глубина обработки 143,7 мм со стандартным отклонением 1,29 мм.

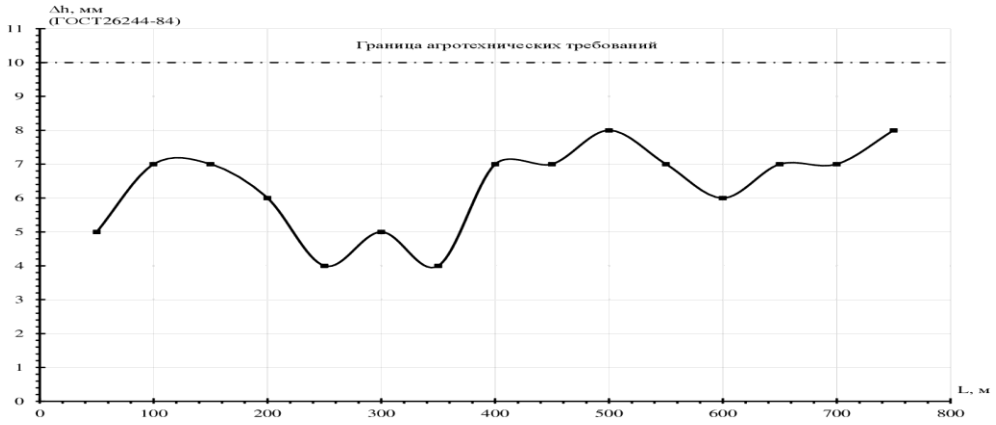


Рисунок 4 – Отклонение от заданной глубины обработки, определённое по методике ГОСТ26244-84

В качестве альтернативной способа измерения представляется возможным использование информации от датчика угла поворота секции культиватора относительно оси вращения. На основании кинематической схемы, приведенной на рисунке 5 было получено выражение (1) для расчета отклонения глубины обработки.

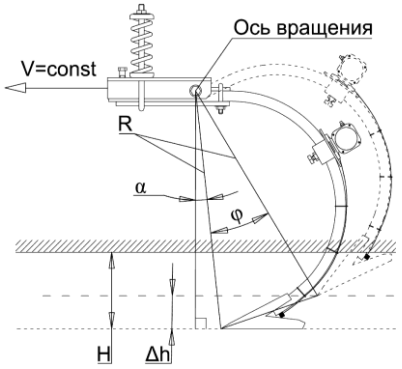


Рисунок 5 – Поворот секции во время почвообработки

$$\Delta h = R(\cos\alpha - \cos(\varphi + \alpha)), \quad (1)$$

где R – радиус поворота; α – начальный угол положения носка лапы относительно перпендикуляра проведенного через ось вращения; φ – угол поворота секции.

Результаты расчета отклонения глубины обработки, по полученному выражению (1), на основании данных угла поворота секции приведены в графическом виде на рисунке 6.

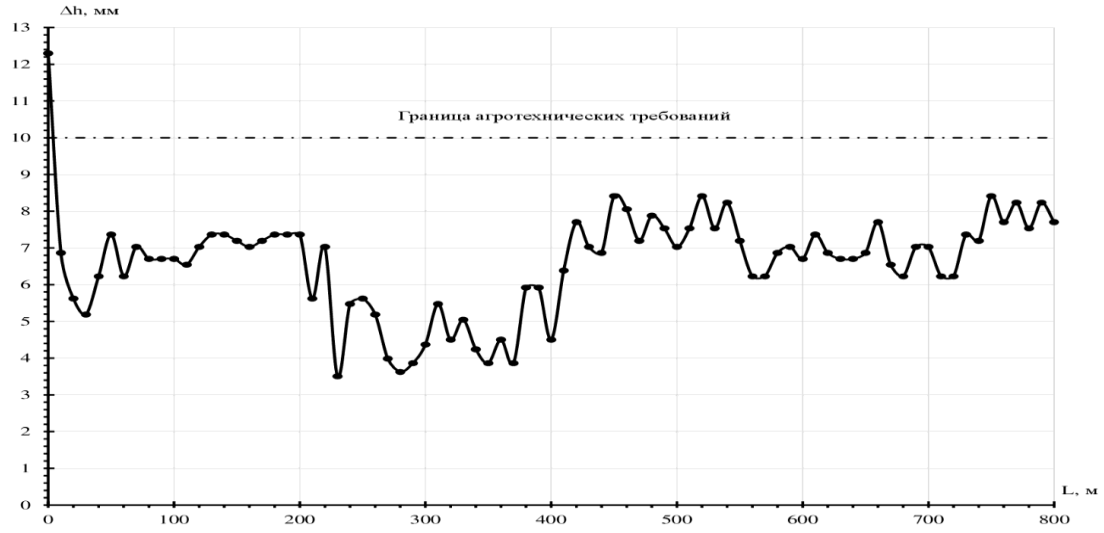


Рисунок 6 – Отклонение от заданной глубины обработки, полученное расчетным путем

Из полученного графика хорошо прослеживается корреляция между углом поворота и отклонением глубины обработки Δh. Среднее значение, полученное при данном способе, составило 6,6 мм, со стандартным отклонением 1,4 мм.

В результате можно отметить, что измерения, выполненные по методике [3] сопоставимы с результатами расчета на по данным угла поворота секции. Предложенный способ измерения отклонения глубины обработки может снизить трудоемкость процесса предпосевной

обработки, повысить точность измерения за счет увеличения количества точек измерения. Также на основании данного способа можно создать систему мониторинга в реальном времени, которая будет контролировать отклонение глубины обработки и своевременно оповещать оператора о необходимости корректировки настроек почвообрабатывающего агрегата.

Список использованной литературы

1. Гапич Д. С., Денисова О. А. Экологические особенности использования резонансных режимов работы рабочих органов культиваторного машинно-тракторного агрегата // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 40-44.

2. Гапич Д. С., Фомин С. Д., Денисова О. А. Энергетические и качественные показатели работы культиваторного МТА в режиме автоколебаний рабочих органов // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2015. Т. 1. № 4 (26). С. 17-20.

3. Обработка почвы предпосевная. Требования к качеству и методы определения: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 июля 1984г. №2688: дата введения 1986 -01-01/ разработан: Министерством сельского хозяйства СССР: ГОСТ 26244-84. М.: Издательство стандартов, 1984. 7 с.

4. Денисова О. А. Повышение эффективности работы культиваторного МТА с упругими связями за счет оптимизации режимов его работы: дис. Волгоград, 2017. 138 с.

5. Дмитриев С. Ю. Разработка автоматического регулятора жесткости упругой стойки культиватора: дис. Чебоксары, 2008. 199 с.

6. Черноусов П. С., Гапич Д. С., Черноусова М. А. Регистрация параметров для системы активации адаптивной секции почвообрабатывающего орудия // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2025. Том I. С. 417-421.

УДК 621.315.54

ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ РАЗБОРНЫХ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СИЛОВЫХ СХЕМАХ

Шанцин В. А., *канд. техн. наук, доцент*
Волобуев С. В., *канд. техн. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Надёжность работы контактных соединений в силовых схемах электропитания контролируют по температуре в месте контактирования, которая зависит от состояния контакта, а значит от его переходного сопротивления, рабочего тока через него и температуры окружающей среды. Повышение температуры контактного соединения является следствием увеличения переходного сопротивления. Необходимо контролировать не следствие повышения температуры, а её причину – увеличение переходного сопротивления контактного соединения, чему и просвещена данная статья.

Ключевые слова: *контактные соединения, надежность контактных соединений, переходное сопротивление, силовые схемы.*

В шинных системах низковольтных комплектных устройств (НКУ) для перераспределения потока энергии в основном применяют разборные, зажимные и штепсельные электрические контактные соединения (ЭКС). Применение этих видов контактных соединений позволяет создавать блочные распределительные системы, которые относительно легко могут быть подключены и отсоединены от магистральных силовых шин и нагрузок. Блоки легко могут модернизироваться, обследоваться и ремонтироваться. Блок силовой схемы представлен на рисунке 1.

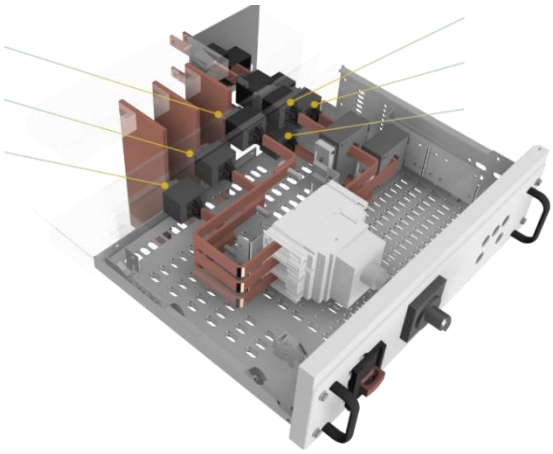


Рисунок 1 – Выдвижной блок автоматического выключателя

При соблюдении правил и норм [1, 2] при сборке НКУ в местах РЭКС создаются оптимально-минимальные значения переходных сопротивлений $R_{пер}$. От величины $R_{пер}$ в месте контактирования разборного соединения шин токопроводов зависит значение падения напряжения $\Delta U_{пер}$ при номинальном значении тока через шину, а, следовательно, и потеря мощности в контактном переходе, которая проявляется в виде тепла, нагревающего контактное соединение. При протекании номинального тока температура нагрева разборных контактных соединений не должна превышать значений, указанных в таблице 1 [1, 2]:

Таблица 1 – Допустимая температура нагрева контактных соединений

Материал шин (вывода)	Наибольшая допустимая температура нагрева в установках, °С	
	до 1000 В	Свыше 1000 В
1. Медь, алюминий и его сплавы без защитных покрытий контактных поверхностей	95	90
2. То же, с защитным покрытием неблагородными металлами	110	105
3. Медь с защитным покрытием серебром	135	120

Для выполнения условий допустимого нагрева разборных контактных соединений необходимо стремиться к получению как можно меньшего сопротивления $R_{пер}$. При этом переходное сопротивление не должно увеличиваться в течении всего периода эксплуатации шин токопровода. Этого добиваются за счёт создания строго регламентируемых усилий в болтовых соединениях шин. Затягивать болты контактных соединений рекомендуется индикаторными ключами с регламентируемым крутящим моментом [2].

В период эксплуатации шинопроводов в энергосистеме кроме номинальных режимов работы возникают и аварийные ситуации, которые создают как дополнительные тепловые перегрузки контактных соединений, так и механические усилия, воздействующие на них. Как бы надежен не был винтовой или болтовой зажим, но в процессе эксплуатации он ослабевает. Причем у алюминиевых контактов этот процесс происходит значительно быстрее, чем у медных. Дополнительные тепловые и механические воздействия на РЭКС при перегрузках шинопроводов приводят к увеличению $R_{пер}$, что в свою очередь приводит к повышению температуры в контактном соединении при номинальной токовой нагрузке в системе.

Одной из важнейших задач эксплуатационников электроэнергетического оборудования является своевременное выявление дефектов контактов и контактных соединений, что позволяет предотвратить технологические нарушения, аварии и возгорания в электроустановках.

Прямой контроль переходного сопротивления регламентируется Руководящим Документом [4], в соответствии с которым «прямой замер переходного контактного сопротивления при эксплуатации электроустановок производится с периодичностью контроля не реже 1 раза в 6 лет».

Текущий контроль состояния контактных соединений осуществляется по этому же документу с применением различных методов и способов измерения их температуры, что закреплено в п.5.4.9: «За температурой контактных соединений шин и РУ должен быть организован контроль по по утверждённому графику»

Как видим, методы определения нормальной работы электрических контактных соединений шин сводятся к контролю температуры мест контактирования [5, 6]. Эти методы осуществляются при протекании рабочего тока по шинам дистанционно с помощью тепловизоров и термоиндикаторов-наклеек, меняющих цвет при достижении определённой температуры. При этом они обладают «ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ» т. е. цвет сработанного индикатора при достижении заданной температуры нагрева не меняется при снижении контролируемой температуры.

Применение термонаклеек позволяет обслуживающему персоналу оперативно контролировать работу контактных соединений при систематическом контроле электрооборудования. Невысокая цена, удобство монтажа и простота их эксплуатации стали предпосылками их массового внедрения в электрохозяйствах предприятий, что показано на рисунке 2.



Рисунок 2 – График роста количества термоиндикаторов в эксплуатации в России

Необходимо отметить, что температура контактного соединения зависит не только от сопротивления контактного перехода, но и от температуры окружающей среды, и от длительно протекающего тока нагрузки через контролируемый контакт. Даже при аварийно ослабленном контактном соединении, но при низкой загруженности силовой шины, питающей нагрузку, температура контактного соединения будет низкой. Аварийный режим присутствует, а индикатор на это не реагирует и обслуживающий персонал об этом не оповещается. Такое обстоятельство повышает вероятность аварии, часто приводящей к пожару.

Это обстоятельство как раз и привело к увеличению количества пожаров из-за ухудшения контактных соединений, которые оказались не выявленными при осмотрах обслуживающим персоналом. Одной из причин возникновения пожаров в электроустановках является развитие дефектов контактных соединений, что показано на рисунке 3.

В соответствии с указом Президента РФ № 2 от 01.01.2018 г (пункт 18Г) «Технологии обнаружения пожаров в начальной фазе их возникновения являются приоритетным направлением в области пожарной безопасности» [7].

СТАТИСТИКА МЧС РОССИИ

по пожарам, источником возникновения которых являлось электрооборудование

52% – доля пожаров от общего числа пожаров в производственных зданиях, складах и зданиях торговых предприятий по электротехническим причинам

Показатели обстановки с пожарами в производственных зданиях, складах и зданиях торговых предприятий по электротехническим причинам

Год	2019	2020	2021	2022	2023
Кол-во пожаров, ед.	3 883	3 850	4 250	3 156	4 125

Рисунок 3 – Статистика МЧС по пожарам, из-за дефектов в работе электрооборудования

Температуру контактных соединений необходимо контролировать непрерывно и получать информацию о её превышении выше допустимой незамедлительно. Превышение температуры выше допустимой контролируют непосредственно в процессе эксплуатации с помощью газогенерирующих термонаклеек – Termosensor.



Рисунок 4 – Функциональная схема работы контроля температуры контактных соединений с помощью газогенерирующих термонаклеек

Наличие газа, выделяемого термонаклейкой при сильном её разогреве, фиксируется рядом установленным датчиком СГД. Сигнал от этого датчика выводится на любой пульт, лампочку, звонок, сигнализацию и т. д.

Наклейки могут содержать термоиндикаторные метки, по которым можно легко определить место перегрева в защищаемом объекте.

Кроме этого метода контроля температуры контактного переходного сопротивления у нас в стране и за рубежом разработаны и внедрены устройства лазерного, пьезотермического и пирометрического принципа действия. Эти устройства позволяют непрерывно мониторить температуру контактных соединений и передавать информацию в диспетчерский центр АСДУ (Автоматической системы дистанционного управления).

Основным недостатком этих устройств является очень высокая стоимость при ограниченном количестве контролируемых точек. Поэтому данные устройства получили ограниченное применение только в очень ответственных схемах силовых цепей.

Как видим представленные способы контроля работы контактных соединений в силовых схемах электроустановок направлены на контроль температуры ЭКС, которая зависит от температуры окружающей среды, величины протекающего тока и переходного сопротивления контактного соединения. Все эти косвенные методы контролируют следствие увеличения переходного сопротивления контакта, которое уже произошло и способствует дальнейшему его возрастанию. Кроме того, не всегда имеется возможность оперативно получить информацию о начале чрезмерного увеличения температуры контактного соединения из-за его удалённости или ограниченной доступности обслуживающему персоналу, что может привести к ускоренному увеличению его меж контактного сопротивления. При низкой загрузке аварийных силовых контактов ($I_{раб} < I_{ном}$) температура их нагрева будет не достаточной, чтобы сработали термодатчики.

Для своевременного определения ухудшения работы РЭКС необходимо контролировать не следствие, но само изменение сопротивления контактного соединения, причём это необходимо делать непрерывно, под постоянно изменяющейся токовой нагрузкой и дистанционно. Учитывая современное развитие микроэлектроники, микропроцессорной техники и средств связи возможно создавать устройства непрерывно мониторящие, сравнивающие с заданным значением и оповещающие о повышении отклонения контролируемого параметра оперативную службу, находящуюся на любом удалении от объекта контроля.

Разрабатываемое устройство должно иметь следующие преимущества перед существующими приборами и системами:

- Контроль состояния сопротивления контактного соединения проводится несколько раз в сутки по настройке оператора, а не несколько раз в году согласно графику ППР.
- Контроль состояния контактного соединения производится дистанционно, без участия обслуживающего персонала.
- Устройство оповещает оператора диспетчерской службы о начале и дальнейшем повышении сопротивления контактного соединения до максимально допустимого значения, задаваемого при начальной настройке оборудования.
- Контроль состояния сопротивления контактного соединения проводится под нагрузкой при протекании рабочего тока величиной $(0,3 \div 1,1)\ I_{ном}$, что позволяет заранее предотвратить аварийную ситуацию.

Как было ранее указано при соблюдении правил и норм [1, 2] при сборке низковольтных комплектных устройств (НКУ) в местах РЭКС создаются оптимально-минимальные значения переходных сопротивлений, что позволяет при максимально допустимом токе нагревать контактное соединение до температуры, считающейся допустимой [6]. Понятно, что величина сопротивления $R_{пер}$ зависит от материала и сечения шин, а также от усилия прижатия контактирующих поверхностей и для каждой конкретной конфигурации РЭКС величина известная и легко определяемая такими приборами как микроомметр или контактомер. По правилам ПУЭ 7 [3] номинальному току:

- 600 А соответствует сопротивление 175 мкОм;
- 1000 А – 120 мкОм;
- 1500 – 2000 А – наибольшее допустимое сопротивление 50 мкОм.

При протекании рабочего тока через РЭКС на нём появляется падение напряжения, которое определяется по закону Ома

$$\Delta U_{\text{конт}} = I_{\text{ш}} \cdot R_{\text{пер}} \quad (1)$$

где $I_{ш}$ – рабочий ток в шине, А.

Для осуществления контроля $R_{пер}$ необходимо измерять падение напряжения на контакте$\Delta U_{\text{конт}}$ и ток в шине $I_{\text{ш}}$, а затем эти два электрических сигнала посылать на блок, осуществляющий операцию деления $\Delta U_{\text{конт}}/I_{\text{ш}}$. Создать такой блок практически невозможно, ввиду достаточно больших значений токов в шинопроводе (сотни ампер).

Для решения этой проблемы необходимо определять не само переходное сопротивление РЭКС, а его эквивалент ($R_Э$), строго пропорциональный $R_{пер}$:

$$R_{\text{Э}} = \frac{\Delta U_{\text{конт}}}{I_{2\ \text{тт}}}, \quad (2)$$

где $I_{\text{ш}}$ – вторичный ток трансформатора тока, эквивалентный току шинопровода.

Тогда электронная схема, осуществляющая операцию деления $\Delta U_{\text{конт}}/I_{2\ \text{тт}}$ (назовём её «Блок Ома») выдаст на выходе напряжение эквивалентное $R_{пер}$. Полученное напряжение на выходе «Блока Ома» можно будет подать на компаратор и сравнивать его с опорным напряжением, эквивалентным максимально – допустимому переходному сопротивлению конкретного РЭКС.

Для доказательства этого предположения была разработана схема экспериментальной установки*, представленная на рисунке 5.

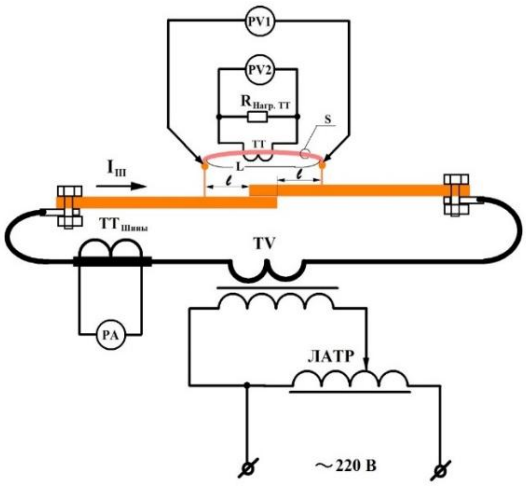


Рисунок 5 – Схема экспериментальной установки

В качестве трансформатора тока хорошо проявил себя датчик тока на преобразователе, использующем эффект Холла. Такие трансформаторы тока выпускает в России Китайская компания Haining Ferriwo Electronics, специализирующейся на проектировании и производстве магнитных материалов из феррита.



Рисунок 6 – Трансформатор тока FERRIWO FWCST010C

Проведённые эксперименты с датчиком тока FWCST010C показали, что при нагрузочном резисторе 10 Ом величина помех от поля, создаваемого током 600 А в шинопроводе менее 10 мкВ при полезном сигнале несколько десятков мВ, поэтому отпадает необходимость экранирования и пространственного ориентирования датчика.
Из проведённых опытов на экспериментальной установке были получены значения $\Delta U_{конт}$ в диапазоне 20-55 mV при изменении рабочего тока в медной шине сечением 200 мм^2 в пределах 300-500А. При этом на нагрузочном переменном резисторе трансформатора тока были получены соизмеримые значения. Это позволило применить схему делителя [8] двух сигналов на инвертирующем операционном усилителе AD711 и четырехквадрантном аналоговом умножителе AD633JN представленную на рисунке 7.

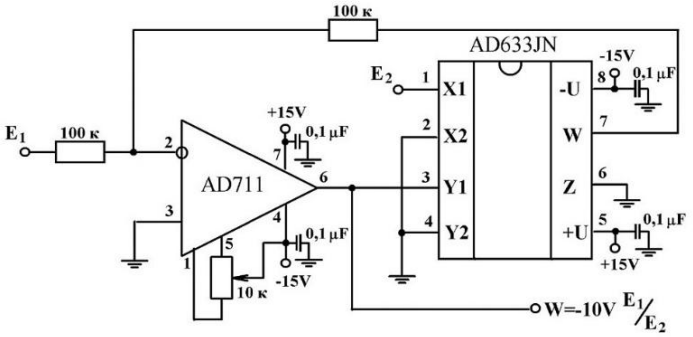


Рисунок 7 – Схема деления напряжений от двух датчиков

$$R_{\text{пер}} = \frac{\Delta U_{\text{пер}}}{U_{\text{т.т.}}} = \frac{\text{E}_1}{\text{E}_2} = W, \qquad (3)$$

где E1 – напряжение, эквивалентное падению напряжения на контактном переходе; E2 – напряжение, эквивалентное рабочему току в шине; W – напряжение на выходе схемы делителя, эквивалентное переходному сопротивлению контактного соединения.

Полученное напряжение W необходимо подать на компаратор, для сравнения с начальным, заданным опорным напряжением. При появлении определённого разбаланса между сравниваемыми напряжениями на выходе компаратора появится сигнал, оповещающий об аварийном возрастании переходного контактного сопротивления, что сразу станет известно оперативному обслуживающему персоналу.

* Непосредственное и активное участие в разработке и испытании схемы принимали участие ст. преп. Черноусов П. С. и асс. Феклистов А. С.

Список использованной литературы

1. Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования: ГОСТ 10434-82.

2. Соединения контактные электрические. Приемка и методы испытаний: ГОСТ 17441-84.

3. Правила устройства электроустановок: все действующие разделы ПУЭ-7. Новосибирск: Норматика, 2017. 464 с.

4. Объём и нормы испытаний электрооборудования: РД 34.45-51.300-97.

5. Основные положения инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ: РД 153-34.0.20-363-99.

6. Методические указания по оценке состояния контактов и контактных соединений электрооборудования с использованием термоиндикаторов: СТО 34.01-12-002-2022.

7. Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года: указ Президента РФ от 01.01.2018 г. № 2.

8. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. М.: Издательство БИНОМ. 2014. 704 с.

УДК 621.7.044.7:621.9.02

МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВЕ ПЛОСКОГО СПИРАЛЬНОГО ИНДУКТОРА

Якубов В. В., *канд. техн. наук, доцент*
Мещеряков М. П., *д-р техн. наук, профессор*
Хавронина В. Н., *канд. техн. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Приведено обоснование наиболее эффективного способа обработки быстрорежущего инструмента для АПК. При традиционном магнитно-импульсном воздействии индуктора на стальные изделия происходит локальное выделение теплоты вследствие протекания индукционных токов, при неравномерности которых могут нарушить мелкодисперсную структуру изделия. Магнитно-импульсная обработка материалов возбуждением внешним сильным импульсным магнитным полем индуктора (плоской катушки) относится к бесконтактному способу. В работе приводятся конструктивные и технические преимущества специализированных индукторов, и графическое распределение поля магнитной индукции (*B*) в импульсном режиме для плоского спирального индуктора в координатах *z-y-x*. Предложен упрощенный теоретический расчет индуктора по типу «Спираль Архимеда».

Ключевые слова: *магнитно-импульсная заточка (МИЗ), индукция магнитного поля, тетрагональность мартенсита, быстрорежущая сталь, спираль Архимеда и Ферма, распределение поля магнитной индукции.*

Магнитно-импульсная заточка (МИЗ) представляет собой инновационный бесконтактный метод упрочнения режущей кромки инструмента, в котором индуктор является ключевым элементом, определяющим эффективность всей технологии.

Изучение и выявление связки: конфигурация индуктора – распределение поля – микроструктура материала ножа – эксплуатационные свойства, представляют собой актуальную научную и практически значимую задачу [1]. Технологическая актуальность обусловлена переходом к прецизионной обработке.

Для современной перерабатывающей промышленности АПК требуется инструмент с повышенными эксплуатационными характеристиками, такими как:

- увеличение стойкости ножей для резки мяса, овощей, кормов в 2-4 раза;

- сохранение геометрии режущей кромки без температурной деформации (в отличие от термообработки);

- возможность локального упрочнения только режущей кромки, что сохраняет вязкость основы инструмента;

- снижение шероховатости обработанной поверхности, что критично для пищевых производств (меньше адгезии остатков) [2, 4].

«Металлорежущий инструмент обрабатывается как постоянным магнитным полем, так и магнитно-импульсным полем напряженностью от 100 до 2000 кА/м, при длительности импульса от 0,1 до 1,5 с. Под действием магнитного поля в металле происходит образование новой структуры, характеристики которой зависят от величины напряженности магнитного поля. Структура упрочненного слоя отличается высокой дисперсностью и улучшенными эксплуатационными характеристиками» [3, 6].

Эффективный индуктор обеспечивает концентрированное воздействие импульсного магнитного поля именно на зону режущей кромки, что невозможно при использовании стандартных индукторов.

Основными направлениями повышения износостойкости инструмента являются применение новых материалов и физические методы, изменяющие физико-механические свойства уже используемых материалов инструмента [5, 6]. Одним из таких методов поверхностного упрочнения металлорежущего инструмента является магнитно-импульсная заточка (МИЗ). Она основана на применении магнитного импульсного поля на поверхность металлорежущего инструмента, что способствует улучшению её механических и физических свойств. Данные рентгеноструктурного и электронной микроскопии показали, что после темперирования в импульсном магнитном поле размер карбидных включений становится более однородным и диффузным, а тетрагональность мартенсита увеличивается [4, 7].

Это связано с тем, что импульсное магнитное поле ускоряет диффузионные процессы, которые вызывают измельчение карбидной фазы и увеличение перераспределения плотности дефектов.

При неоднородности воздействия импульсного магнитного поля на материал образца механическое напряжение возникают в области, прилежащей к индуктору, и экспоненциально уменьшаются в направлении вглубь материала ножа [7]. При этом в плоскости, параллельной индуктору, они обладают аксиальной симметрией, и максимальное механическое напряжение возникает только в центре образца.

В современной металлообработке [4, 6] для заточки ножей разрабатываются индукторы специальной геометрии: плоские спиральные (панкейк) – для длинных прямых ножей; щелевые (канальные) – для дисковых ножей и фрез; сосредоточенные (цилиндрические) – для точечной обработки зубчатых кромок.

Это позволяет получить конструктивные и технические преимущества специализированных индукторов в достижении напряженности магнитного поля до 2000 кА/м в зоне обработки, равномерность обработки по всей длине кромки, минимизировать паразитные потери (КПД системы возрастает с 15-20 % до 30-35 %).

В работе [6] моделирование работы одновиткового осесимметричного индуктора в импульсном режиме (в программе FEMM) показало неравномерность распределения плотности магнитного потока (*B*) и напряженности поля (*H*) по длине ножа марки Cast Alnico 8 (LNGT44), что способствовало к неоднородности структурирования мартенсита и аустенита и нарушению стойкости ножей.

По мнению различных авторов, [2, 4, 6, 7] наибольшее распространение получили различные планарные спирали с круговыми витками, прямоугольной, треугольной формы и более сложной геометрией, которые представлены как совокупность *N* витков с током.

Величина индукции магнитного поля (*B*) спиральных устройств, сформированные ограниченными планарными спиралями в центре кольца рассчитываются, как правило, на основе закона Био-Савара-Лапласа. Аналитическое выражение магнитной индукции [6] можно представить с учетом вписанных колец в конфигурацию спиралей различных форм по формуле:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot I \cdot N}{4\pi R}\left(\cos\pi\frac{N-2}{2N} - \cos\pi\frac{N+2}{2N}\right) = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot I}{2R} \cdot \frac{\sin\frac{\pi}{N}}{\frac{\pi}{N}}, \quad (1)$$

где: *B* – магнитная индукция, Тл; μ_0 = $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная; μ – магнитодиэлектрик (магнитная проницаемость μ >1 – ферромагнетик и парамагнетик, μ <1 – диамагнетик); *I* – сила тока, А; R – радиус окружности вписанной в многоугольник, мм; *N* – число кольцевых витков с током или число сторон многоугольника.

Распределение поля магнитной индукции (*B*) в импульсном режиме плоского спирального индуктора, описанного уравнением (1) можно представить трехмерным графиком (рисунки 1-2) в координатах *Z-Y-X*.

Уравнение (1) в обобщенном виде имеет следующую запись:

$$z(x, y)=((4\cdot pi\cdot 10\text{^-}7\cdot 1\cdot I)/(2\cdot x))\cdot(\sin(pi/y)/(pi/y)), \quad (2)$$

В уравнении (2) *z(x,y)* – является функция (*B*), которая представлена по вертикальной оси аппликат – *OZ*. Значение импульсного тока (I) в спиральной части медного носителя (с учетом плотности тока) принимается в диапазоне 1-100 А. Значение μ=1.

Аргумент (x) в уравнении (2) соответствует оси абсцисс – OX и обозначает числовое значение радиусов (R) вписанных окружностей в форму спирали индуктора (с учетом конструктивных особенностей назначается в диапазоне 10-115 мм); аргумент (y) – соответствует оси ординат OY – количеству спиральных витков индуктора, принимается от 1 до 5.

Спираль в полярной системе координат является уравнением вида $r = \pm a\varphi$ и может быть преобразована, в декартовы координаты (x, y) с помощью стандартных формул преобразования:

$$x = a \cdot r \cos \varphi \text{ и } y = a \cdot r \sin \varphi, \quad (3)$$

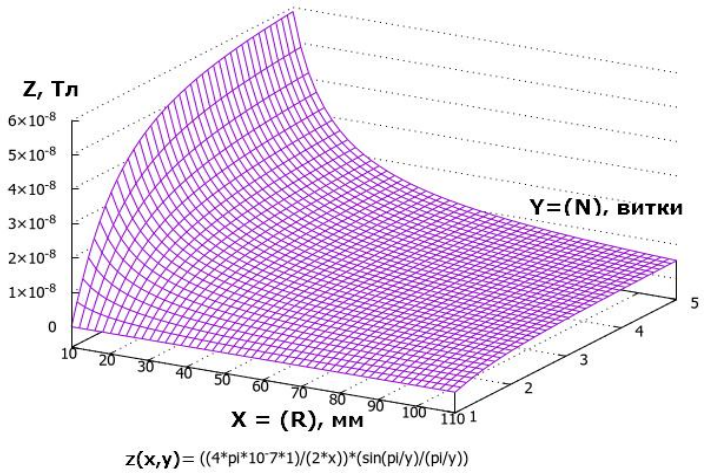


Рисунок 1 – Распределение поля магнитной индукции при минимальном импульсном токе в индукторе I=1А

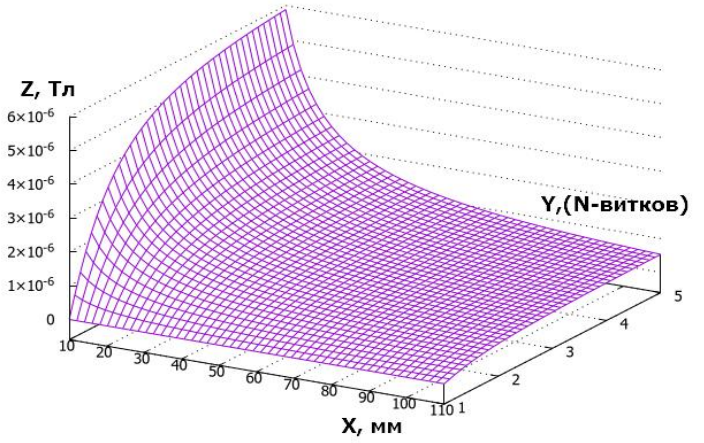


Рисунок 2 – Распределение поля магнитной индукции при максимальном импульсном токе в индукторе I=100А

Для эффективной магнитно-импульсной обработки режущей кромки ножа в индукторе по типу «Спираль Архимеда» предлагается примерный теоретический расчет индуктора при принятых исходных

данных. Материал ножа – быстрорежущая сталь Р6М; требуемая напряженность поля H=1500 кА/м (≈18.8 кЭ); длина обрабатываемой кромки ножа L = 200 мм, толщина 2 мм, ширина 22 мм; энергия разряда W = 5 кДж; напряжение заряда U = 8 кВ; длительность импульса тока τ = 8 мкс.

В результате проведенных расчетов, при полученных значениях, можно сказать, что тепловыделение легко отводится естественной конвекцией. Полученная спираль (рис. 3) для индуктора построена по уравнениям:

$$y(t) = 4 \cdot t \cdot \cos(t); \; x(t) = 4 \cdot t \cdot \sin(t).$$

Переменная t в интервале 1-35.

Для выявления плотности и неравномерности распределения магнитных потоков работы индуктора (по типу спираль Архимеда и Ферма) с одинаковыми габаритными размерами в теле режущего ножа необходимо провести моделирование в программе FEMM 4.2.

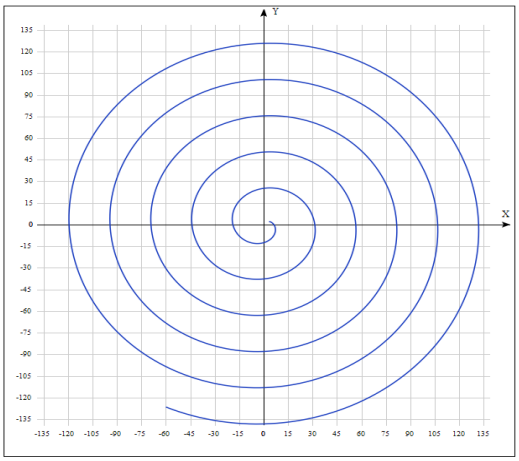


Рисунок 3 – Спираль Архимеда y(t) =4·t·cos(t); x(t) = 4·t·sin(t),
N=5 витков медного провода диаметром 12 мм

Магнитно-импульсная обработка представляет собой экономически целесообразное решение для предприятий перерабатывающей промышленности АПК. Основные экономические выгоды от ее внедрения заключаются в сокращении прямых затрат на приобретение инструмента и снижении простоев оборудования за счет увеличения межоперационных интервалов для замены или заточки (табл. 1).

Таким образом, приведенный теоретический расчет индуктора для магнитно-импульсной заточки ножей подтверждает возможность достижения требуемых параметров магнитного поля для формирования оптимальной геометрии режущей кромки и может служить основой для проектирования промышленных установок.

Таблица 1 – Экономическое обоснование магнитно-импульсной заточки металлорежущего инструмента

<table>
<tr><td>Основные аспекты</td><td colspan="3">Производственный и экономический эффект</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Повышение стойкости инструмента (до заточки)</td><td colspan="3">Увеличение ресурса на 50-80 % для инструмента из быстрорежущей стали, на 20-30 % – из нержавеющей стали [2].
Стойкость некоторых обработанных инструментов повышается в 2-4 раза [4].</td></tr>
<tr><td>Обычный индуктор</td><td>Оптимизированный индуктор</td><td>Экономический эффект</td></tr>
<tr><td>8-12 часов</td><td>20-30 часов</td><td>Увеличение в 2-2,5 раза</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Энергоэффективность и экологичность</td><td colspan="3">Низкая потребляемая мощность установок (от 0.05 кВт до 2 кВт). Отсутствие расходных материалов (абразивные круги) и вредных выбросов (химические реактивы) [4, 6].</td></tr>
<tr><td>Обычный индуктор</td><td>Оптимизированный индуктор</td><td>Экономический эффект</td></tr>
<tr><td>2,0-3,0 кДж</td><td>0,8-1,2 кДж</td><td>Снижение на 50-60 %</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Снижение эксплуатационных затрат</td><td colspan="3">Сокращение расходов на частую закупку нового инструмента. Упрочнение уже заточенного инструмента вместо его утилизации [4]. Изменение скорости обработки инструмента.</td></tr>
<tr><td>Обычный индуктор</td><td>Оптимизированный индуктор</td><td>Экономический эффект</td></tr>
<tr><td>3-4 мин/ед.</td><td>1-1,5 мин/ед.</td><td>Рост производительности в 2-3 раза</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Технологическая гибкость и простота. Универсальность (под разные ножи)</td><td colspan="3">Отсутствие необходимости в предварительной подготовке инструмента или сложных режимах нагрева и охлаждения [4, 7] Возможность встраивания в автоматизированные линии [6]</td></tr>
<tr><td>Обычный индуктор</td><td>Оптимизированный индуктор</td><td>Экономический эффект</td></tr>
<tr><td>Требуется замена индуктора</td><td>Один индуктор для 3-5 типов</td><td>Сокращение парка оснастки</td></tr>
</table>

Внедрение специализированных индукторов для магнитно-импульсной заточки является стратегическим элементом, определяющим конкурентоспособность технологии, поскольку их оптимизация позволяет снизить эксплуатационные затраты перерабатывающих предприятий АПК, повысить качество и безопасность пищевой продукции, реализовать принципы экономики замкнутого цикла за счет многократного восстановления инструмента, а также позволит создать основу для цифровой трансформации процессов его обслуживания.

Список использованной литературы

1. Водин Д. В. Магнитно-импульсная обработка как перспективный метод повышения износостойкости металлорежущего инструмента // Технические науки: проблемы и перспективы: материалы III Междунар. науч. конф. Санкт-Петербург: Свое издательство, 2015. С. 67-70.

2. Глущенко А. А., Глущенко А. Г., Глущенко Е. П. Аналитический расчёт магнитной индукции в центре планарных спиралей // Научное обозрение. Технические науки. 2020. № 1. С. 10-14.

3. Курепин М. О., Козлюк А. Ю., Овчаренко А. Г. Комбинированная магнитно-импульсная обработка режущего инструмента. 2010. № 9. С. 26-29.

4. Кужель А. А. Современное состояние и развитие ресурсосберегающего орошения в России // Материалы XXVIII региональной конференции молодых ученых и исследователей Волгоградской области. Волгоград, 2024. С. 345-347.

5. Матяс А. Н., Горчанин А. И., Милюкова А. М. Исследование влияния магнитно-импульсного воздействия на шероховатость поверхности инструментальной стали // Сборник научн. трудов ФТИ НАН Беларуси, 2019. Минск: ФТИ НАН Беларуси. С. 246-254.

6. Якубов В. В., Мещеряков М. П., Хавронина В. Н. Перспективы применения магнитно-импульсной обработки режущей части инструмента в перерабатывающей технологии АПК // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2024. С. 293-300.

7. Якубов В. В., Мещеряков М. П., Хавронина В. Н., Мещеряков И. М. Магнитно-импульсная обработка режущей части инструмента в кольцевом индукторе // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2025. С. 220-224.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ И ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 614.84

ПРИМЕНЕНИЕ RISKMANAGER ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОЖАРНОГО РИСКА И РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ

Амчеславский. О. В., *канд. техн. наук, доцент*
Миронов А. Ю., *канд. техн. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. RiskManager – программный комплекс для вычисления величины индивидуального пожарного риска для людей, находящихся в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности. Включает в себя модули: Greenline+ – расчет времени эвакуации людей при пожаре и Z-Model – расчет времени блокирования путей эвакуации при пожаре, а также генератор отчетов.

Ключевые слова: *величина индивидуального пожарного риска, расчет времени эвакуации людей, расчет времени блокирования путей эвакуации, пожарные риски, генератор отчетов, расчет ОФП.*

Программный комплекс RiskManager [1, 2] предназначен для:

- вычисления величины индивидуального пожарного риска для людей, находящихся в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности;
- вычисления времени эвакуации людей при пожаре;
- вычисления времени блокирования путей эвакуации при пожаре;
- построения сводного отчета по расчету риска, соответствующего Постановлению Правительства РФ от 22 июля 2020 г. № 1084 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска».

Расчет величин пожарного риска в программе RiskManager [3] возможен, как для общественных, так и для производственных зданий.

Расчет риска производится согласно приказам:

- Приказ МЧС России от 14 ноября 2022 г. № 1140 “Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности” (далее – Приказ № 1140).
- Приказ МЧС России от 26 июня 2024 г. № 533 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (далее – Приказ № 533).

Для расчета времени эвакуации программа реализует следующие модели:

1) Упрощенная аналитическая модель движения людского потока (определение расчетного времени эвакуации людей из помещений и зданий по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей) (*далее – УАМ*).

1.1) Метод расчета для общественных зданий, сооружений и пожарных отсеков описан в приложении № 6 к пункту 19 к приказу МЧС России от 14.11.22 г. № 1140.

1.2) Метод расчета для производственных объектов описан в разделе II приложения № 5 к приказу МЧС России от 26.06.24 г. № 533.

2) Математическая модель индивидуально-поточного движения людей из здания (*далее – ИПМ*).

Метод расчета содержится в методике определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденной приказом МЧС России от 14.11.22 г. № 1140.

Расчет для определения времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара [4] выполняется на основании зонной модели, описанной в приложении № 1 к приказу МЧС России от 14.11.22 г. № 1140.

Расчет выполняется в нескольких случаях, в том числе: при проектировании здания, разработке 9 раздела проекта (МОПБ); при разработке пожарной декларации; при разработке специальных технических условий; при проведении независимой оценки пожарного риска; при наличии нарушений пожарной безопасности, устранить которые затратно или невозможно.

Некоторые нарушения, при которых выполняют расчеты пожарного риска:

1. Объект защиты не обеспечен установкой автоматического пожаротушения.

2. Отсутствует система вытяжной противодымной вентиляции.

3. Эвакуационных выходов меньше, чем должно быть по НПА.

4. Отсутствие (недостаточность) естественного освещения в коридорах и подвалах.

5. Отсутствие второго эвакуационного выхода.

6. Несоответствие ширины лестничных маршей и площадок.

Интерфейс Интерфейс программы представлен на рисунке 1.

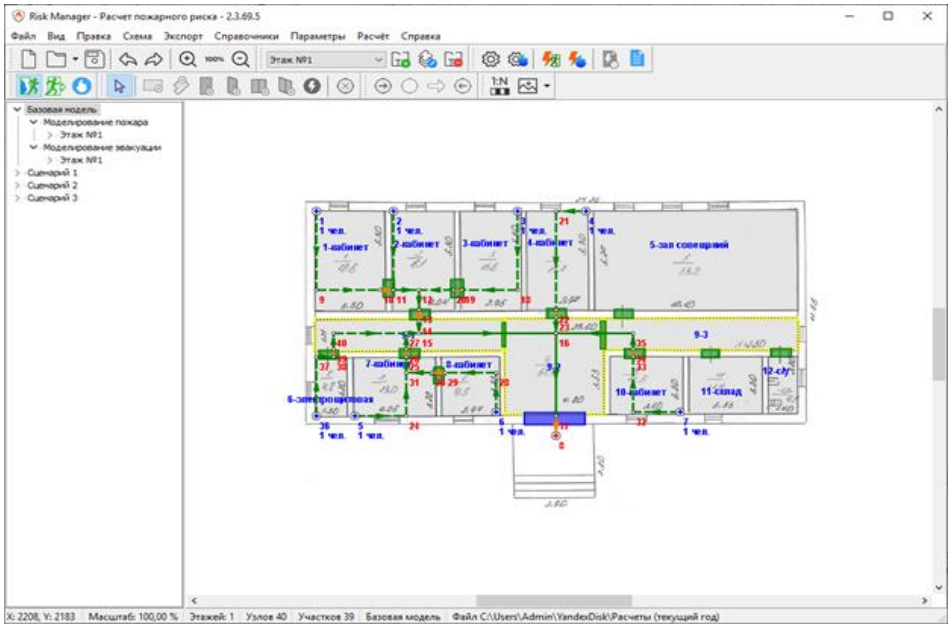


Рисунок 1 – Интерфейс программы

Расчет пожарных рисков может провести любой человек, имеющий представление о выполняемой работе, владеющий навыками работы в программных комплексах, умеющий собирать исходные данные и оформлять результаты своей работы в соответствии с установленными формами и при необходимости разрабатывать комплекс мер по обеспечению пожарной безопасности объекта защиты [5, 7, 8].

Есть немало компаний, специализирующихся на проведении подобных работ, в штате которых работают грамотные специалисты. Они выполнят расчеты в соответствии с методиками расчета пожарного риска, утвержденными МЧС. Процедура позволяет оптимизировать расходы на выполнение требований пожарной безопасности и является одной из самых востребованных.

Проведение работ по расчету пожарного риска включает в себя четыре этапа.

1. Сбор информации об объекте. На этом этапе эксперт изучает план здания и объемно-планировочные решения, а также материалы, из которых сделаны несущие конструкции и ограждающее оборудование. Кроме того, эксперты проверяют, есть ли на объекте противодымная вентиляция, автоматическая пожарная сигнализация, система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.

2. Оценка уровня пожарной опасности здания На основе собранных данных специалисты, которые выполняют расчеты пожарного риска, делают вывод об уровне пожарной опасности здания или сооружения: определяют частоту реализации пожароопасных ситуаций, выбирают один или несколько вероятных сценариев развития пожара.

3. Расчет пожарного риска. На третьем этапе специалисты прорабатывают каждый из выбранных сценариев развития пожара. Для каждого такого сценария производится расчет времени на эвакуацию людей, а также температура и направление движения огня, вычисление величины пожарного риска.

4. Оценка пожарного риска Проанализировав соответствие полученной величины пожарного риска с нормативным значением, эксперты делают выводы о соответствии объекта защиты требованиям пожарной безопасности. На этом этапе оценивается, какими будут последствия пожара в случае его возникновения, могут ли пострадать люди. По итогам этой работы заказчик получает отчет по расчету и список компенсирующих мероприятий по устранению нарушений (при их наличии). Предоставив инспектору МЧС документ о том, что пожарный риск не превышает допустимого, вы обосновываете отступления от требований пожарной безопасности. Расчет риска позволит избежать выполнения дорогостоящих требований нормативных документов. Реальный уровень пожарной безопасности при этом не снижается.

Что современное законодательство в области пожарной безопасности имеет ввиду под понятием «пожарный риск»:

- пожарный риск – мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей;

- допустимый пожарный риск – пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий;

- индивидуальный пожарный риск – пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара;

- социальный пожарный риск – степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара.

Как видно из определений, «пожарный риск» рассматривается как некая величина, которую можно измерить и получить конкретные значения.

Численным выражением индивидуального пожарного риска является частота воздействия опасных факторов пожара на человека, находящегося в здании. При этом она определяется для пожароопасной ситуации, характеризующейся наибольшей опасностью для жизни и здоровья людей, пребывающих в здании.

Если полученное в результате вычислений значение превышает установленный ФЗ № 123 уровень (10-6 в год), то пожарная безопасность объекта не обеспечена и необходимо разрабатывать дополни-

тельные мероприятия по ее повышению. Если вычисленное значение не превышает установленного уровня (10-6 в год), то считается, что пожарная безопасность объекта может быть обеспеченной.

И это главное назначение расчета пожарного риска – возможность обосновать с его помощью обеспечение пожарной безопасности на объекте. Такая возможность предусмотрена пунктом 2 части 1 статьи 6 ФЗ № 123.

Если попытаться объяснить это простыми словами, то допустимый пожарный риск (10-6 в год) означает, что для конкретного объекта вероятность гибели в результате воздействия опасных факторов пожара не должна превышать одного человека из миллиона побывавших на нем в течение года посетителей (работников, клиентов, жильцов, пациентов и т. д.). Именно это значение вычисляется в ходе расчетов пожарного риска.

Необходимость проведения расчета пожарного риска может возникнуть: при оценке соответствия объемно-планировочных решений, размеров и конструктивных особенностей путей эвакуации требованиям нормативных документов по пожарной безопасности; при определении плотности людских потоков; для подтверждения времени, достаточного для эвакуации людей; при необходимости выбора кабельных линий и электропроводки систем противопожарной защиты; для расчета количества средств индивидуальной защиты для людей, находящихся на объекте защиты.

Также в соответствии с действующим законодательством расчеты пожарного риска могут: являться составной частью декларации пожарной безопасности или декларации промышленной безопасности объекта; включаться в состав проектной документации объектов; делаться при обосновании допустимых значений пожарного риска на объектах, для которых законами о технических регламентах и нормативными документами не установлены требования по пожарной безопасности; требоваться для принятия решений по разработке дополнительных мер по обеспечению пожарной безопасности объектов в случае превышения нормативных значений одним или несколькими расчетными значениями пожарных рисков; использоваться для обоснования обеспечения допустимых значений пожарного риска на объектах, для которых не в полном объеме выполнены требования нормативных документов по пожарной безопасности. На последнем пункте остановимся подробнее.

Расчеты пожарного риска позволяют с помощью математических методов обосновать некоторые отступления от требований нормативных документов. Еще раз обращаем внимание именно на этот

момент – расчеты пожарного риска позволяют обойти только некоторые требования нормативных документов [6, 9], в то время как требования Технических регламентов должны быть выполнены безусловно.

Далее перечислим эти «некоторые требования нормативных документов», невыполнение которых можно обосновать расчетами пожарного риска: превышение максимально допустимой площади пожарного отсека; превышение проектной (нормативной) вместимости объекта; уменьшение ширины и увеличение протяженности путей эвакуации (в том числе лестничных клеток) к эвакуационным выходам; уменьшение нормативного количества эвакуационных выходов; уменьшение ширины эвакуационных выходов; не рассредоточенное взаимное расположение эвакуационных выходов; отсутствие систем противодымной защиты; низкий по отношению к нормативному тип системы оповещения людей о пожаре; отсутствие (при определенных условиях) установок автоматического пожаротушения.

Как видно, требования эти не столь уж многочисленны, но их строгое выполнение зачастую невозможно без затрагивания конструктивных элементов зданий. Расчеты позволяют на законном основании избежать устранения имеющихся нарушений, ограничиваясь только выполнением мероприятий, компенсирующих их.

Результаты и выводы, полученные при определении пожарного риска, используются для обоснования параметров и характеристик зданий, которые учитываются методикой их проведения. Как уже указывалось выше, расчеты пожарного риска не позволят избежать выполнения требований Технических регламентов, касающихся, например, отделки помещений и эвакуационных путей или отсутствия эвакуационных выходов, а также мероприятий режимного характера, таких как содержание в надлежащем состоянии эвакуационных путей и выходов, устройств связи и первичных средств пожаротушения, использование исправных электроприборов.

Кроме того, не рекомендуется (хотя это и не сказано прямо в нормативных документах) обосновывать путем проведения расчета пожарного риска отсутствие внутреннего противопожарного водопровода (или нарушения при его устройстве), снижение степени огнестойкости зданий и отсутствие огнезащиты конструкций.

Также однозначно нельзя снимать путем проведения расчета пожарного риска нарушения, касающиеся технических требований устройства систем оповещения людей о пожаре и установок автоматической пожарной сигнализации. Они должны полностью соответствовать требованиям нормативных документов, что заложено в формулы методик вычисления.

Список использованной литературы

1. Официальный сайт NordSoft - RiskManager. https://nordsoftware.ru
2. О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска: постановление Правительства РФ от 22 июля 2020 г. № 1084.
3. Солопова В. А. Моделирование эвакуации и расчет пожарного риска в программе Riskmanager: методические указания. Оренбург, 2024.
4. Беломутенко Д. В., Источкина М. В., Ежов К. В. Особенности использования программных продуктов "СИТИС" при расчете времени эвакуации и динамики развития опасных факторов пожара в культурно - зрелищных учреждениях // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2017. С. 412-417.
5. Горбачев А. Ф., Беломутенко Д. В. Особенности определения предотвращенного экономического ущерба при реализации противопожарных мероприятий // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 33-38.
6. Миронов А. Ю. Оценка точности измерений в сфере пожарной безопасности // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2018. С. 493-499.
7. Мануйленко И. А. Основные мероприятия по обеспечению устойчивости функционирования объектов экономики в ЧС // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2016. С. 39-44.
8. Лигун М. О., Степанова Т. С. Актуальность использования информационных систем и ресурсов сети интернет в структурах МЧС РОССИИ // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 346-352.
9. Мануйленко И. А. Анализ экстремальных ситуаций аварийного и бытового характера в условиях современного мегаполиса // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2017. С. 450-457.

УДК 614.8+621.311

АНАЛИЗ АВАРИЙ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ: ПРИЧИНЫ, ПОСЛЕДСТВИЯ И МЕТОДЫ МИНИМИЗАЦИИ РИСКОВ

Беломутенко С. В., *канд. техн. наук, доцент*
Епифанова Д. Ю., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Представлен комплексный анализ аварий на энергетических станциях на основе актуальных данных 2020-2025 годов. Рассмотрены основные причины технологических нарушений, включая системные недостатки управле-

ния безопасностью, конструктивные ошибки и человеческий фактор. Проанализированы последствия аварий различного масштаба, от локальных инцидентов до катастроф с многомиллиардным ущербом. Особое внимание уделено современным методам минимизации рисков: от совершенствования нормативной базы до внедрения систем раннего предупреждения на основе анализа операционных данных и нейросетевых технологий.

Ключевые слова: *аварии на энергостанциях, причины аварий, человеческий фактор, промышленная безопасность, минимизация рисков, системы раннего предупреждения, надежность энергосистем, управление рисками.*

Энергетические станции являются критически важными объектами инфраструктуры, бесперебойная работа которых определяет экономическую безопасность и качество жизни населения. Однако статистика последних лет свидетельствует о сохранении высокого уровня аварийности. Согласно данным Ростехнадзора, в 2024 году перечень индикаторов риска был расширен: основанием для внеплановой проверки теперь является увеличение количества аварий на 30 % и более по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года.

Аварии на энергообъектах имеют не только экономические последствия, но и создают угрозу жизни людей, приводят к экологическому ущербу и подрывают доверие к отрасли [2, 5]. В этой статье на основе анализа реальных инцидентов и научных исследований рассматриваются ключевые причины аварий, их последствия и современные подходы к повышению безопасности.

Анализ доступных источников позволяет выделить несколько групп причин, которые редко действуют изолированно – как правило, крупная авария становится результатом «конкурентного отказа нескольких независимых средств контроля» [3, 4]

Опыт расследования серьезных инцидентов показывает, что за техническими неполадками часто стоят системные управленческие проблемы. Расследование аварии на энергоблоке Callide C3 в Австралии (апрель 2025 года) выявило, что прогресс во внедрении процессной безопасности был неадекватным. Среди ключевых причин – неэффективное управление рисками, плохое планирование, недостаточная квалификация и нехватка операторов, а также пробелы в их подготовке. Генеральный директор компании признал: «То, что произошло на энергоблоке C3, было недостаточно хорошо» [6, 7].

Российские исследования также подтверждают, что значительная часть аварий на тепловых электростанциях (ТЭС) связана с неправильным обращением с оборудованием и его отказами, при этом специфика пожарной нагрузки и планировки помещений на ТЭЦ усугубляет последствия [9, 10].

Авария на той же Callide C3 выявила «врожденные конструктивные недостатки в логике системы управления», которые задерживали отключение агрегата. Проблемы с управлением клинкером (спекшейся золой), системами защиты котла и качеством угля стали непосредственными техническими причинами инцидента.

Исследование аварийных ситуаций в электрических сетях филиала ПАО «Россети Волга» – «Чувашэнерго» за период 2018-2024 годов показало, что более 90 % всех отключений происходит из-за несоблюдения правил технического обслуживания, что приводит к механическим повреждениям оборудования.

Новый индикатор риска Минэнерго России, вступающий в силу в ноябре 2024 года, прямо указывает на значимость человеческого фактора. В перечень включаются аварийные ситуации, произошедшие вследствие «ошибочных или неправильных действий (или бездействия) персонала, неудовлетворительного качества производственных и должностных инструкций».

Интересно, что то же постановление исключает из статистики для контроля аварии, произошедшие в результате обстоятельств непреодолимой силы либо сверхрасчетных природно-климатических нагрузок. Это подчеркивает, что регулятор отделяет предотвратимые технические нарушения от форс-мажорных обстоятельств, хотя в эпоху климатических изменений грань становится все более тонкой.

Последствия аварий варьируются в колоссальных пределах – от нескольких миллионов до сотен миллиардов долларов.

В марте 2011 года на ветряной электростанции Rugby в Северной Дакоте произошла поломка 80-метровой турбины – разрушился ротор, и лопасти рухнули на землю. Последствия оказались минимальными: никто не пострадал, остальные 70 турбин были остановлены лишь на неделю, а ущерб составил несколько миллионов долларов, что оказалось несущественным для владельца.

Контрастным примером служит авария на АЭС «Фукусима-1», произошедшая практически в то же время. Системы безопасности, которые считались независимыми, отказали одновременно, что привело к расплавлению топлива, водородным взрывам и выбросу радиоактивности. Затраты на ликвидацию исчисляются сотнями миллиардов долларов, последствия для территории будут сохраняться десятилетия, а компания-оператор TEPCO была фактически разрушена.

Промежуточное положение занимают аварии вроде инцидента на Callide C3 в 2021 году, когда полмиллиона потребителей остались без электричества, что стало крупнейшим отключением в Квинсленде за десятилетия. Стоимость ремонта только одного энергоблока в 2025 году составила 5,4 миллиона долларов.

Современные подходы к минимизации рисков включают как совершенствование нормативной базы, так и внедрение передовых технологических решений.

Минэнерго России последовательно ужесточает подходы к надзору. Введение новых индикаторов риска позволяет более точно идентифицировать проблемные объекты, исключая форс-мажорные обстоятельства и фокусируясь на предотвратимых причинах: ошибках персонала, дефектах проекта и монтажа.

Наиболее перспективным направлением является разработка систем раннего предупреждения аварий [8, 10].

Исследование, опубликованное в журнале Sustainability в 2023 году, предлагает метод оценки рисков для распределенных энергетических станций на основе «границ безопасности» и расчета вероятности отказов оборудования в реальном времени.

В журнале «Надежность и безопасность энергетики» (2025, № 2) представлены результаты исследования по применению нейросетевых моделей для анализа эффективности работы паротурбинных установок. Точность модели при валидации достигла 99,5 %, что открывает перспективы для оптимизации режимов работы оборудования в реальном времени.

Обзор технологий для литиевых аккумуляторных станций (2025 год) четко разделяет понятия «раннее предупреждение» (выявление рисков на ранней стадии) и "сигнализация" (срабатывание после наступления необратимых процессов, таких как тепловой разгон). Технологии на основе анализа операционных данных (напряжение, ток, температура) позволяют предотвращать аварии, а не просто констатировать их.

Анализ аварии на Callide C3 показал необходимость системных организационных изменений. CS Energy инициировала «организационную трансформацию с фокусом на лидерство в безопасности, более четкое управление и улучшенный риск-менеджмент». Профсоюзы дополнительно подчеркивают важность увеличения штатной численности и заполнения всех позиций постоянными работниками для сохранения критических навыков.

Один из вопросов, который поднимается в современных дискуссиях о безопасности энергетики, – как структурировать риски. Сравнение аварии на ветряной турбине в Дакоте и Фукусиме показывает два подхода [1].

Первый подход – централизованная генерация с крупными объектами (крупные ТЭС, АЭС). В случае отказа они могут привести к катастрофическим последствиям, а их сложность и медленные циклы обучения делают систему хрупкой.

Второй подход – распределенная генерация с большим количеством мелких, модульных установок. Отказ одной из них локален, некритичен и позволяет быстро учиться на ошибках без катастрофических последствий.

Как отмечается в аналитической статье 2026 года, здоровая экосистема выживает не потому, что избегает потрясений, а потому что способна их поглощать. Избыточность, модульность, разнообразие и постоянная обратная связь – это правила выживания, которые следует применять к энергосистемам.

Заключение. Анализ аварий на энергетических станциях показывает, что их причины носят комплексный характер. Технические неисправности почти всегда являются следствием более глубоких управленческих и организационных проблем: недостаточной квалификации персонала, несовершенства инструкций, экономии на обслуживании.

Последствия варьируются от незначительных до катастрофических, причем масштаб последствий напрямую связан со степенью концентрации генерации. Методы минимизации рисков развиваются по нескольким направлениям: ужесточение регулирования с фокусом на предотвратимые причины, внедрение систем раннего предупреждения на основе нейросетей и анализа больших данных, а также организационная трансформация с развитием культуры безопасности.

Ключевым выводом является необходимость перехода от реактивной модели (расследование уже случившихся аварий) к проактивной (предсказание и предотвращение инцидентов на ранних стадиях). Природа подсказывает нам путь: безопасность обеспечивается не возведением единичных гигантских и сверхзащищенных сооружений, а созданием адаптивных, распределенных систем, способных локализовать и поглощать неизбежные сбои без катастрофических последствий.

Список использованной литературы

1. Варламова Е. А., Лигун М. О., Беломутенко С. В. Инновации и технологические тренды в сфере обеспечения пожарной безопасности // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: Материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2025. С. 14-21.

2 Горбачев А. Ф., Беломутенко Д. В. Особенности определения предотвращенного экономического ущерба при реализации противопожарных мероприятий // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 33-38.

3. Ежов К. В., Беломутенко Д. В. Расчет и оценка пожарных рисков // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2017. Т. 3. С. 197-201.

4. Ежов К. В., Беломутенко Д. В. Расчет пожарных рисков // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. Часть III. С. 197-201.

5. Кардаильский В. А., Беломутенко С. В. Экологическая безопасность и экологические риски // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. 2017. С. 217-219.

6. Кузьмин М. Д., Беломутенко С. В. Характеристики аварийности и травматизма на объекте систем теплоснабжения // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. 2019. С. 218-220.

7. Кузьмин С. Н., Лигун М. О. Особенности развития и тушения пожаров на объектах электроэнергетики // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XVII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. С. 228-229.

8. Никулин А. О., Беломутенко Д. В. Применение информационно аналитических технологий в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. Часть III. С. 243-245.

9. Рожнова Е. А., Беломутенко С. В. Анализ вероятности аварийных ситуаций на ТЭЦ // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. 2018. С. 259-261.

10. Страмоус С. С., Источкина М. В. Проблемы математического моделирования чрезвычайных ситуаций // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2025. С. 273-274.

УДК 614.842:629.4

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ НА СТАНЦИЯХ И В ДЕПО ОАО «РЖД»

Варламова Е. А., *преподаватель*
Лигун М. О., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград. Россия

Аннотация. Выполнен анализ современного состояния системы пожарной профилактики на станциях и в депо ОАО «РЖД», выявлены ключевые причины возникновения пожаров и основные недостатки профилактических мероприятий. На основе проведённого анализа обоснованы приоритетные направления совершенствования системы пожарной профилактики, включающие технические, организационные и кадровые меры.

Ключевые слова: *пожарная безопасность, профилактика пожаров, железнодорожный транспорт, пожарная нагрузка, риски чрезвычайных ситуаций.*

Пожары на объектах железнодорожного транспорта представляют собой серьёзную угрозу устойчивому функционированию транспортной системы и безопасности жизнедеятельности населения.

Нарушение работы станций и депо вследствие пожаров может привести к значительным экономическим потерям, срыву перевозочного процесса и созданию угрозы жизни, и здоровью людей [5].

Железнодорожные станции и депо ОАО «РЖД» относятся к категории объектов с повышенным уровнем пожарного риска. Это обусловлено технологическими особенностями эксплуатации подвижного состава, применением пожароопасных веществ, выполнением огневых и ремонтных работ, а также значительным износом отдельных элементов инфраструктуры. В этих условиях эффективная система пожарной профилактики является ключевым элементом общей системы обеспечения безопасности.

Целью настоящей статьи является разработка научно обоснованных направлений совершенствования системы пожарной профилактики на станциях и в депо ОАО «РЖД» на основе анализа существующего состояния и выявленных проблем.

Пожарная опасность станций и депо определяется совокупностью конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов. К основным из них относятся наличие источников зажигания, горючей среды и условий для быстрого распространения огня [2].

На станциях потенциальную опасность представляют пассажирские здания, служебные помещения, складские зоны и инженерные коммуникации. В депо повышенный риск связан с ремонтными цехами, топливозаправочными пунктами, аккумуляторными и компрессорными отделениями, а также местами хранения горюче-смазочных материалов.

Статистический анализ пожаров на объектах железнодорожного транспорта показывает, что наибольшее число возгораний связано с нарушениями правил эксплуатации электрооборудования, неосторожным обращением с огнём и несоблюдением требований пожарной безопасности при проведении огневых работ. Существенную роль играет и человеческий фактор, проявляющийся в недостаточной дисциплине и формальном подходе к профилактике.

Система пожарной профилактики в ОАО «РЖД» базируется на требованиях федерального законодательства, технических регламентов и ведомственных нормативных документов. Она включает комплекс организационных, технических и режимных мероприятий, направленных на предупреждение пожаров и снижение тяжести их последствий.

К основным элементам системы относятся разработка локальных нормативных актов, обучение и инструктаж персонала, оснащение объектов средствами пожаротушения, эксплуатация автоматических систем пожарной сигнализации и регулярный контроль противопожарного состояния.

Важную роль в обеспечении пожарной безопасности играет ведомственная пожарная охрана ОАО «РЖД», осуществляющая как профилактическую деятельность, так и оперативное реагирование на пожары. Вместе с тем анализ практики показывает, что эффективность системы в ряде случаев снижается из-за устаревания технических средств, недостаточного уровня подготовки персонала и отсутствия системного подхода к управлению пожарными рисками [2].

Одной из наиболее значимых проблем является высокий уровень физического и морального износа зданий, сооружений и инженерных сетей на ряде станций и в депо. Эксплуатация устаревших электрических сетей и оборудования увеличивает вероятность коротких замыканий и возгораний.

Существенным фактором риска остаётся недостаточная вовлечённость персонала в процессы обеспечения пожарной безопасности. Формальный характер инструктажей и тренировок снижает готовность работников к действиям в условиях чрезвычайной ситуации.

Кроме того, в ряде случаев наблюдается недостаточная интеграция систем пожарной безопасности в общую систему управления объектами, что ограничивает возможности мониторинга и оперативного реагирования.

Совершенствование системы пожарной профилактики на станциях и в депо ОАО «РЖД» должно осуществляться на основе комплексного и риск-ориентированного подхода, учитывающего специфику железнодорожных объектов, уровень их пожарной опасности, техническое состояние инфраструктуры и человеческий фактор. Основной целью данных мероприятий является предупреждение возникновения пожаров, снижение вероятности их распространения и минимизация последствий возможных чрезвычайных ситуаций.

Технические мероприятия являются базовым элементом системы пожарной профилактики. В первую очередь необходимо обеспечить поэтапную модернизацию автоматических систем пожарной сигнализации с переходом на адресно-аналоговые системы, позволяющие точно определять место возгорания и оперативно передавать информацию в диспетчерские службы [5].

Перспективным направлением является внедрение систем раннего обнаружения пожара, основанных на анализе параметров дыма, температуры и газовой среды. Для депо и производственных помещений целесообразно применение автоматических установок пожаротушения (водяных, пенных, газовых или порошковых) с учетом характера горючей нагрузки и технологических процессов.

Особое внимание следует уделить техническому состоянию электроустановок. Регулярная диагностика, замена изношенных кабельных линий, применение автоматических устройств защиты от коротких замыканий и перегрузок позволяют существенно снизить риск возникновения пожаров по электротехническим причинам. При реконструкции зданий рекомендуется использование негорючих и трудногорючих строительных материалов.

Организационные меры направлены на повышение эффективности управления пожарной безопасностью. Важным условием является четкое распределение ответственности между руководителями структурных подразделений за состояние пожарной профилактики на подведомственных объектах.

Целесообразно внедрение системы внутреннего аудита пожарной безопасности, включающей регулярные проверки, анализ выявленных нарушений и разработку корректирующих мероприятий. Использование цифровых технологий, электронных журналов учета и чек-листов позволяет повысить прозрачность и оперативность контроля.

Эффективность профилактики также повышается за счет планирования и проведения пожарно-тактических учений с участием персонала и подразделений ведомственной пожарной охраны ОАО «РЖД». Такие мероприятия позволяют отработать взаимодействие, сократить время реагирования и повысить готовность к действиям в условиях пожара [4].

Человеческий фактор остается одной из ключевых причин возникновения пожаров, что определяет необходимость повышения уровня подготовки работников. Обучение персонала требованиям пожарной безопасности должно носить системный и практико-ориентированный характер.

Совершенствование системы пожарной профилактики должно охватывать различные аспекты и включать комплекс взаимосвязанных мероприятий, позволяющих существенно уменьшить вероятность возникновения пожаров и эффективно реагировать на возникающие угрозы. Ключевыми направлениями такого совершенствования являются: модернизация и обновление систем пожарной автоматики. Современные системы пожарной автоматики позволяют своевременно обнаруживать и локализовать пожары, снижая последствия аварии. Важно уделять внимание следующим направлениям:

- замена морально устаревшего оборудования на новые системы пожаротушения и сигнализацию с улучшенными характеристиками чувствительности и надежности;

- использование интеллектуальной аналитики и IoT-технологий, позволяющих удаленно контролировать состояние оборудования и получать оперативную информацию о потенциальных угрозах;

- повышение степени интеграции различных систем безопасности (видеонаблюдение, охранная сигнализация), что обеспечивает целостный контроль над ситуацией на территории.

Укрепление материальной базы и оснащенность специальными средствами. Необходимо создать эффективную инфраструктуру для оперативной борьбы с огнем:

- увеличение количества и улучшение качества стационарных средств пожаротушения, включая дополнительные гидранты, огнетушители, рукавные линии и насосные станции;

- создание специальных складов с запасами расходных материалов и инструмента для экстренного реагирования;

- внедрение передвижных пожарных постов и пунктов оперативного развертывания сил спасения.

Обучение и подготовка персонала. Эффективность любых технологических решений зависит от действий персонала. Предусматривается реализация нескольких уровней профессионального обучения:

- регулярные теоретические занятия и практические тренировки. Все сотрудники должны владеть навыками безопасной эвакуации, уметь пользоваться индивидуальными средствами защиты и грамотно действовать в кризисных ситуациях;

- периодическое тестирование и аттестация сотрудников по знанию правил пожарной безопасности;

- создание системы наставничества, предусматривающей передачу опыта старшими сотрудниками молодым специалистам [3].

Повышение культуры безопасности среди населения и работников. Осведомленность пассажиров и рабочих – важный фактор снижения риска возгорания:

- организация просветительских кампаний и разъяснительных мероприятий;

- информирование пассажиров и сотрудников о правилах безопасного поведения на вокзалах и территориях депо;

- распространение наглядных агитационных материалов (стендов, плакатов, видеороликов).

Оптимизация структуры управления пожарной охраной. Необходимость оптимизации управленческих структур связана с обеспечением координации усилий разных подразделений и четкого распределения обязанностей:

- формирование единых диспетчерских центров, осуществляющих мониторинг обстановки и координацию спасательных операций;

- реорганизация структуры органов внутреннего контроля и аудитов пожарной безопасности;

- принятие регламентированных процедур взаимодействия с внешними органами государственной власти и местного самоуправления.

Правовая база и нормативное регулирование. Важно обновить нормативную базу и привести её в соответствие с современными требованиями пожарной безопасности:

- пересмотр действующего законодательства и ведомственных приказов, устранение пробелов и противоречивых моментов.

Издание новой редакции инструкции по обеспечению пожарной безопасности на объектах железнодорожного транспорта.

Утверждение перечня обязательных сертификационных испытаний оборудования и конструкций на предмет соответствия требованиям пожарной безопасности.

Финансовое обеспечение программы совершенствования. Программа модернизации потребует значительных финансовых вложений, которые целесообразно осуществлять поэтапно:

- выделять целевые ассигнования на закупку современного оборудования и подготовку кадров;

- привлекать внебюджетные источники финансирования, в частности страховые премии и спонсорские взносы;

- использовать механизмы государственно-частного партнерства для привлечения инвестиций в модернизацию инфраструктуры.

Контроль и аудит состояния пожарной безопасности. Регулярный контроль и аудит позволят выявить слабые места и вовремя устранить недостатки:

- создание независимой комиссии по оценке текущего состояния дел в сфере пожарной безопасности;

- проверка наличия необходимого комплекта средств индивидуальной защиты и пожаротушения;

- проведение регулярных проверок готовности эвакуационных маршрутов и схем действий при ЧС [2].

Таким образом, последовательная реализация перечисленных направлений приведет к существенному снижению рисков возникновения пожаров и обеспечит высокий уровень безопасности для пассажиров и работников ОАО «РЖД».

Проведённое исследование показало, что несмотря на наличие развитой системы пожарной профилактики в ОАО «РЖД», сохраняется ряд проблем, снижающих её эффективность. Совершенствование системы пожарной профилактики на станциях и в депо должно носить комплексный характер и включать техническую модернизацию, организационные изменения и повышение уровня подготовки персонала [1].

Реализация предложенных направлений позволит существенно снизить вероятность возникновения пожаров, повысить уровень безопасности работников и пассажиров, а также обеспечить устойчивое функционирование объектов железнодорожной инфраструктуры.

Список использованной литературы

1. Амчеславский О. В., Лигун М. О. Моделирование последствий пожаров и ЧС: методические указания по выполнению практических работ. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2023. 36 с.

2. Колобанова Н. А., Неведров В. В. Особенности пожаров на автотранспорте // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2021. С. 305-310.

3. Ежов К. В., Беломутенко Д. В. Оценка риска для населения от чрезвычайных ситуаций, вызванных авариями на потенциально опасных объектах или стихийными бедствиями // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2018. С. 159-162.

4. Варламова Е. А. Инновации и технологические тренды в сфере обеспечения пожарной безопасности // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. С. 14-21.

5. Степанова Т. С., Беломутенко Д. В. Особенности ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XIV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2020. Т. 2. С. 144-146.

6. Поликанин В. С., Резчиков П. В. Порядок организации тушения пожаров на железных дорогах // Новое поколение выбирает науку: материалы XI Регионального научно-исследовательского конкурса среди старшеклассников и обучающихся профессиональных образовательных организаций Волгоградской области. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2020. С. 134-135.

7. Ахремочкин С. А., Резчиков П. В. Особенности тушения пожаров на железнодорожном транспорте // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2018. Т. 5. С. 532-537.

УДК 614.841.48

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ПОДЗЕМНЫХ АВТОСТОЯНКАХ

Голатов Д. А., *преподаватель*
Резчиков П. В., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Изучены особенности распространения пожара в замкнутом объеме закрытых (подземных) автостоянок. Исследований пожаров автомобилей, распространения пожара между автомобилями было проведено на основе экспериментальных данных.

Ключевые слова: *подземные автостоянки, замкнутый объем помещения, горение автомобилей, технологии пожаротушения.*

Обеспечение пожарной безопасности подземных автостоянок является важной задачей ввиду наличия замкнутого объема помещения, в котором сосредоточено большое количество пожарной нагрузки, а также возможности нахождения большого количества людей.

Настоящая работа преследует цель изучения особенностей распространения пожара в замкнутом объеме закрытых (подземных) автостоянок. Для достижения поставленной цели авторами предстояло решить следующие задачи:

- провести анализ экспериментальных исследований, касающихся изучения условий, способствующих распространению пожара между автомобилями;
- проанализировать материалы автомобилей, способствующие распространению пожара;
- определить наиболее вероятный опасный сценарий развития пожара в закрытой автостоянке;
- разработать условия и провести эксперименты при имитации пожаров автомобилей в подземных автостоянках.

Анализ экспериментальных исследований пожаров автомобилей, распространения пожара между автомобилями был проведен на основе экспериментальных данных, опубликованных английскими специалистами, которые осуществляли исследования по изучению процесса распространения пожара в автостоянках [2].

На основе анализа данных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

- при горении автомобиля сохраняется устойчивость его конструкции, происходит выделение большого количества дыма, что представляет большую опасность жизни человека;
- температура вблизи горящего автомобиля превышает 11000 $^{\circ}$C, а плотность теплового потока над горящим автомобилем превышает 25 кВт/м^2;
- другой технической неисправности, то распространение происходит через окна, разрушенные высокой температурой;
- пожар может распространяться на соседние автомобили и через пустое пространство (одно машиноместо), но время распространения увеличивается;
- важную роль в распространении пожара между автомобилями играют автомобильные покрышки, которые начинают воспламеняться и гореть в первую очередь;

- внутренний интерьер автомобиля воспламеняется от теплового излучения горящего автомобиля, только если окно было частично открыто или через наружные выступы, такие как крыло, зеркала;

- ни в одном из экспериментов не произошло взрыва топливного бака автомобилей на жидком моторном топливе, а также баллонов с газом при горении автомобилей, использующих в качестве топлива СУГ;

- горение двух и более автомобилей значительно уменьшает время распространения пожара на следующую группу автомобилей.

На основе анализа особенностей пожаров в закрытых автостоянках можно сделать вывод, что в основном распространение пожара между автомобилями происходит за счет лучистого теплового потока. Ввиду этого с целью установления наиболее пожароопасного материала автомобиля были изучены экспериментальные данные по исследованию предельных значений тепловых потоков для элементов экстерьера автомобиля [1, 2].

Как следует, автомобили с откидным верхом являются наиболее уязвимыми во время пожара, в связи с тем, что откидная крыша воспламеняется и происходит возгорание внутренних элементов интерьера автомобиля в начальной стадии пожара, что приводит к дальнейшему распространению пожара по его внутренней отделке. Однако автомобилей с откидным верхом значительно меньше, чем с крышей из металла.

Следующее низкое критическое значение плотности теплового потока принадлежит автомобильной покрышке, защите колесных арок и отделке бампера авто.

Таблица 1 – Результаты испытаний, проведенных с помощью конического калориметра

Наименование образца, взятого на испытание	Критическое значение плотности теплового потока, кВт/м^2
Декоративный колпак колеса	17,5
Брызговик	10
Декоративная решетка радиатора	17,5
Топливный бак (полимерный)	16,5
Багажник, устанавливаемый на крыше автомобиля	12,5
Защита колесных арок	12
Бампер	18,5
Декоративная отделка бампера	11,5
Материал откидного верха кузова автомобиля	8
Часть откидного верха из поливинилхлорида	9
Покрышка	11

Таблица 2 – Параметры горения испытуемых образцов при интенсивности теплового излучения 20 кВт/ м^2

Наименование образца взятого на испытание	Интенсивность теплового излучения, кВт/м^2	Время воспламенения, с	Общее количество выделенного тепла, МДж/м^2	Максимальное значение теплового потока, кВт/ м^2	Среднее значение теплового потока, кВт/ м^2
Покрышка	20	240	135,2	300,88	86,68
	20	249	124	302,69	79,91
Топливный бак	20	293	102,2	494,01	177,70
	20	294	91,7	525,34	179,90
Бампер	20	184	94,1	426,94	164,73
	20	209	100,2	459,98	161,71

Анализируя данные таблиц 1 и 2, можно сделать вывод, что наиболее опасной частью автомобиля (без откидного верха) с точки зрения распространения пожара при их стандартном расположении (боковыми частями) является автомобильная покрышка, так как она имеет самое низкое критическое значение теплового потока (11 кВт/м^2) и самое высокое значение общего количества выделенного тепла при горении (135,2 МДж/ м^2). Следующую позицию по пожарной опасности занимает декоративная отделка бампера автомобиля.

По результатам анализа можно выделить следующие особенности распространения пожаров в закрытых автостоянках:

- распространению пожара в закрытых автостоянках способствуют небольшие расстояния между автомобилями (менее 1 м) и наличие большого количества горючих материалов;

- наиболее опасными частями автомобиля с точки зрения распространения пожара являются автомобильные покрышки и декоративная отделка бампера;

- распространение пожара между автомобилями в основном происходит путем воздействия лучистого теплового потока на декоративные элементы отделки кузова автомобиля, шины, а также салон автомобиля после разрушения остекления;

- наиболее быстрое распространение пожара происходит при расположении автомобилей «капот к капоту», также пожар может распространяться на соседние автомобили и через пустое пространство (одно машиноместо), но время распространения увеличивается;

- горение автомобиля в закрытых автостоянках характеризуется выделением большого количества тепла (температура вблизи горящего автомобиля может превышать 11000 $^{\circ}$C, а плотность теплового потока над горящим автомобилем превышать 25 кВт/м^2), в результате воздействия которого могут наблюдаться термические повреждения ограждающих конструкций помещения;

- горение двух и более автомобилей значительно уменьшает время распространения пожара на следующую группу автомобилей, при этом разрушение топливных баков и баллонов с СУГ маловероятно.

- пожар в закрытых автостоянках сопровождается выделением большого количества дыма и как следствие:

- представляет серьезную опасность для людей, находящихся не только в помещении автостоянки, но и в других помещениях здания, в котором она находится;

- увеличивает сумму ущерба ввиду оседания сажи на дорогостоящие элементы отделки помещения и предметы интерьера;

- увеличивает время поиска пожарными подразделениями очага пожара, что увеличивает время его свободного горения и развития.

- ввиду особенностей конструкции автомобилей с наличием горючих материалов в местах, закрытых для доступа огнетушащих веществ, подаваемых установками пожаротушения, работа систем пожаротушения в закрытых автостоянках зачастую позволяют только замедлить распространение пожара, но не обеспечивают его локализации и полной ликвидации.

Из вышеизложенного следует, что наиболее опасным сценарием развития пожара в закрытых (подземных) автостоянках является следующая последовательность событий:

- воспламенение автомобиля или других горючих веществ и материалов, находящихся рядом с автомобилем;

- развитие очага пожара;

- воздействие теплового потока на соседние автомобили и ограждающие конструкции помещения;

- воспламенение шин и декоративной отделки кузова рядом стоящего автомобиля;

- значительное увеличение общего тепловыделения, прогрев ограждающих конструкций до температур, обуславливающих потерю их теплоизолирующей способности;

- распространение пожара на третий и последующий автомобиль со значительным уменьшением времени распространения и т. д.

Такой сценарий является крайне нежелательным, поэтому должны быть разработаны мероприятия, препятствующие развитию указанной выше цепочки событий.

Исследование влияния распыленной воды, подаваемой из оросителей установки пожаротушения на тепловой поток, распространяющийся от горящего автомобиля.

Основным способом предотвращения распространения пожара в закрытых автостоянках является их оборудование системами пожаротушения. Горение автомобиля в закрытых пространствах характеризуется высокими значениями теплового потока, а расстояние между ря-

дом стоящими транспортными средствами зачастую составляют 0,3-0,6 м. В данных условиях действие стандартных систем пожаротушения может быть неэффективно.

Для изучения влияния распыленной воды, подаваемой из оросителей установки пожаротушения на тепловой поток, распространяющийся от горящего автомобиля, были выполнены следующие мероприятия [3]:

- разработаны экспериментальная установка и методика проведения экспериментальных исследований, моделирующих пожар в закрытой автостоянке;

- выбраны оросители и исследованы параметры их работы (расход, интенсивность орошения, диаметр капли);

- изучено влияние распыленной воды, подаваемой из оросителей на тепловой поток, излучаемый модельным очагом пожара.

При проведении первых двух экспериментов было зафиксировано незначительное ослабление теплового потока на 3,04 % и 5,76 % при давлении 0,6 МПа у оросителя А и при 0,4 МПа у оросителя Б соответственно. Кроме этого, при стандартном расположении оросителей наблюдалось попадание через проемы в защитных щитах дополнительного потока воздуха в зону горения бензина и, как следствие, увеличение интенсивности его горения. Данный поток воздуха формировался потоком распыленной воды, подаваемой сверху. Очевидно, что данная ситуация может наблюдаться и при работе систем пожаротушения в условиях пожара на закрытых автостоянках. По результатам первых двух экспериментов можно заключить, что работа системы пожаротушения по ослаблению теплового потока от горящего автомобиля к рядом стоящему транспортному средству является неэффективной.

Существенного снижения интенсивности теплового излучения от очага пожара удалось добиться при работе оросителя Б (полый конус распыла, угол рапыла не более 800), установленного розеткой вверх на уровне пола помещения (эксперимент 3, табл. 3). Было зафиксировано снижение плотности теплового потока на 44,6 % при давлении 0,4 МПа, на 48,4 % при давлении 0,6 Мпа и на 48,5 % при давлении 0,8 МПа.

Выполненный анализ пожаров автомобилей в закрытых (подземных) автостоянках, позволил разработать условия экспериментов при имитации пожаров автомобилей на данных объектах.

Экспериментально установлено, что поток распыленной воды, подаваемой установками пожаротушения при пожаре в закрытых автостоянках, может привести к увеличению интенсивности горения автомобиля и, как следствие, к увеличению теплового потока, воздействующего на рядом стоящие автомобили.

Расположение оросителей на уровне пола и направление потока распыленной воды снизу-вверх является наиболее эффективным способом предотвращения распространения пожара между автомобилями за счет теплового потока в закрытых автостоянках.

Такое расположение оросителей позволяет: на ~50 % снизить воздействие теплового потока от горящего автомобиля на соседние транспортные средства; способствует попаданию большего объема воды непосредственно в салон автомобиля через разрушенное остекление (при стандартном расположении оросителей большая часть воды попадает на кузов автомобиля); снизить интенсивность теплового воздействия, а также воздействие продуктов горения на человека, что увеличивает время безопасной эвакуации людей.

Список использованной литературы

1. Орлов О. И., Вогман Л. П., Горшков В. И., Костерин И. В. Способ ограничения распространения пожара между автомобилями в закрытых автостоянках // Пожарная безопасность. 2013. № 4. С. 54-62.

2. Беломутенко С. В., Ежов К. В. Фторсинтетический пленкообразующий пенообразователь – достоинства и недостатки // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2018. С. 478-482.

3. Гопия О. Г. Актуальные проблемы при ликвидации ЧС // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 157-162.

4. Жукова Т. М., Беломутенко С. В. Анализ аварий на автомобильных газозаправочных станциях и их дальнейшее развитие // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2018. С. 166-168.

5. Крюков П. С., Фомичев В. Т., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Особенности использования бишофита как антипирена // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2016. Том 4. С. 3-7.

6. Ежов К. В., Беломутенко С. В. Особенности тушения пожаров на территории Волгоградской области // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2016. С. 12-17.

7. Фомичев, Е. С., Беломутенко Д. В. Огнезащитные покрытия для повышения огнестойкости строительных элементов и конструкций // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2025. С. 292-293.

8. Голатов Д. А., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Анализ эффективности подачи огнетушащих составов распыленным, тонкораспыленным и компрессионным способом // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2024. С. 365-370.

9. Гопия О. Г., Медведев В. Н., Беломутенко Д. В. Оптимизация насосно-силового оборудования в системах пожаротушения в жилых многоэтажных домах // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2019. Т. 1. С. 159-160.

УДК 614.842.83+159.923

ОСОБЕННОСТИ КОММУНИКАТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА СОТРУДНИКОВ МЧС В УСЛОВИЯХ СТРЕССА

Гончарова А. Р., *преподаватель*
Гопия О. Г., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследования коммуникативного потенциала сотрудников МЧС в условиях профессионального стресса. Выявлены особенности проявления коммуникативных способностей специалистов экстремального профиля, определены факторы, влияющие на эффективность профессионального взаимодействия в стрессовых ситуациях. Разработаны рекомендации по развитию коммуникативных навыков и повышению стрессоустойчивости сотрудников МЧС.

Ключевые слова: *стрессы сотрудников МЧС, адаптация сотрудников МЧС, профессиональные стрессы, специалисты экстремального профиля.*

Актуальность исследования определяется растущей значимостью коммуникативных компетенций сотрудников МЧС в условиях профессионального стресса, Специалисты экстремального профиля должны обладать не только профессиональной подготовкой, но и развитыми навыками взаимодействия в стрессовых ситуациях. Цель исследования – изучение особенностей коммуникативного потенциала сотрудников МЧС при стрессовых воздействиях и выявление факторов, влияющих на его эффективность [1].

Коммуникативные способности сотрудников МЧС имеют специфическую структуру, обусловленную особенностями профессиональной деятельности. Ключевыми характеристиками выступают способность к быстрому установлению контакта в стрессовых ситуациях, умение сохранять профессиональный такт при эмоциональном напряжении, навыки эффективной коммуникации в условиях дефицита времени, способность к четкой передаче информации в экстремальных условиях и умение работать в команде при высоком уровне стресса [3].

В современной психологии выделяют несколько теоретических подходов к изучению коммуникативного потенциала. Системный подход рассматривает коммуникативный потенциал как целостную систему.

Профессиональная деятельность сотрудников МЧС характеризуется высокой степенью экстремальности и непредсказуемости. Специалисты работают в условиях постоянного дефицита времени, взаимодействуют с пострадавшими людьми, координируют действия различных служб и несут ответственность за жизни людей [5].

Стрессовые факторы в работе спасателей можно разделить на объективные (экстремальные условия окружающей среды, физические нагрузки, неблагоприятные погодные условия), субъективные (психологическое напряжение, эмоциональная перегрузка, страх за жизнь пострадавших) и организационные (нехватка ресурсов, сложность координаций действий, административная нагрузка).

Стресс оказывает комплексное воздействие на коммуникативные способности специалистов. Происходят изменения характера общения, снижается эффективность передачи информации, нарушаются коммуникативные паттерны и меняется эмоциональный фон общения [2].

Понимание механизмов влияния стресса на коммуникативный потенциал позволяет разработать эффективные методы психологической поддержки и развития коммуникативных навыков специалистов, что особенно важно для обеспечения эффективности их профессиональной деятельности. Выявлено, что в стрессовых условиях происходит активизация защитных механизмов в коммуникативной сфере, проявляющаяся в сдержанности эмоциональных проявлений, лаконичности общения и повышении значимости вербальной коммуникации. При этом наблюдается тенденция к экономии эмоциональных ресурсов при сохранении эффективности профессионального взаимодействия [6].

Исследование показало, что опытные сотрудники МЧС демонстрируют более высокий уровень адаптивности коммуникативного поведения в стрессовых ситуациях. Они способны: поддерживать профессиональный контакт даже при высоком эмоциональном напряжении, сохранять четкость передачи информации, эффективно координировать действия команды, поддерживать морально-психологический климат в коллективе.

Выявлены специфические паттерны коммуникативного поведения в экстремальных условиях: усиление директивности в общении, повышение структурированности коммуникативных актов, сокращение избыточной информации, увеличение роли невербальных компонентов коммуникаций.

При этом отмечается тенденция к формированию устойчивых коммуникативных стереотипов, которые позволяют оптимизировать взаимодействие в условиях дефицита времени и информации.

Анализ данных показал, что эффективность коммуникативного потенциала в стрессовых условиях определяется уровнем профессиональной подготовки, опытом работы в экстремальных ситуациях и индивидуальными особенностями стрессоустойчивости личности.

Исследование позволило выявить факторы, способствующие сохранению эффективности коммуникативного потенциала в стрессовых условиях: развитая система профессиональных коммуникативных навыков, высокий уровень эмоционального интеллекта, способность к быстрой адаптации к изменяющим условиям, сформированная установка на командное взаимодействие.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что коммуникативный потенциал сотрудников МЧС обладает значительным адаптивным ресурсом, позволяющим сохранять эффективность профессионального взаимодействия даже в условиях высокого стресса.

На основе результатов исследования разработаны комплексные рекомендации по развитию коммуникативного потенциала специалистов МЧС в условиях профессионального стресса.

Программа развития включает следующие направления работы:

- психологическая подготовка, она направлена на формирование стрессоустойчивости и включает: тренировки по развитию эмоционального интеллекта, упражнения на управление эмоциональным состоянием, техники быстрого восстановления после стрессовых ситуаций, методы когнитивной регуляции [4].

- коммуникативная подготовка, которая предусматривает: отработку навыков четкой передачи информации, тренировку эффективного взаимодействия в команде, развитие умений ведения переговоров в экстремальных условиях, совершенствование навыков невербальной коммуникации;

- профилактические мероприятия включающие в себя: регулярный мониторинг коммуникативной компетентности, проведение тренингов по развитию коммуникативных навыков, организацию супервизии профессиональной деятельности.

Рассмотрим методы повышения эффективности коммуникации в стрессовых условиях: использование стандартизированных коммуникативных протоколов, применение четких алгоритмов взаимодействия, отработка типовых коммуникативных ситуаций, развитие навыков быстрого принятия решений.

Система оценки эффективности предложенных рекомендаций включает: регулярную диагностику уровня коммуникативной компетентности, анализ успешности профессионального взаимодействия, оценку адаптации к стрессовым условиям, мониторинг психологического состояния специалистов.

Реализация предложенных рекомендаций позволит повысить эффективность коммуникативного потенциала сотрудников МЧС, улучшить качество профессионального взаимодействия в экстремальных условиях и обеспечить более высокую стрессоустойчивость специалистов при выполнении служебных задач.

Особое внимание следует уделить индивидуальному подходу к развитию коммуникативных навыков с учетом личностных особенностей и профессионального опыта каждого сотрудника.

В ходе проведенного исследования были достигнуты поставленные цели и решены все задачи.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

Коммуникативные потенциал сотрудника МЧС представляет собой сложную систему взаимосвязанных качеств, обеспечивающих эффективное взаимодействия в экстремальных условиях. В стрессовых ситуациях наблюдаются трансформация коммуникативного поведения специалистов, которая проявляется в рационализации общения и усиления функционально-ролевых компонентов.

Стрессовые факторы профессиональной деятельности оказывают существенное влияние на коммуникативную сферу личности сотрудников МЧС. При этом опытные специалисты демонстрируют более высокий уровень адаптации коммуникативного поведения и способность сохранять эффективность профессионального взаимодействия даже при высоком эмоциональном напряжении.

Исследования показало, что эффективность коммуникативного потенциала в условиях стресса определяется уровнем профессиональной подготовки, опытом работы в экстремальных ситуациях и индивидуальными особенностями стрессоустойчивости личности. Выявлены специфические паттерны коммуникативного поведения, позволяющие оптимизировать взаимодействие в условиях дефицита времени и информации.

Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендации по развитию коммуникативного потенциала сотрудников МЧС. Предложенные программы психологического и коммуникативной подготовки, профилактические мероприятия и методы повышения эффективности коммуникации способствуют совершенствованию профессионального взаимодействия в экстремальных условиях [1].

Перспективы дальнейших исследований связаны с углубленным изучением механизмов адаптации коммуникативного потенциала сотрудников МЧС к стрессовым условиям, разработкой новых методов оценки коммуникативной компетентности и совершенствованием программ психологической подготовки специалистов экстремального

профиля. Результаты исследования подтверждают выдвинутую гипотезу о специфической структуре коммуникативного потенциала сотрудников МЧС и его особой роли в обеспечении эффективности профессиональной деятельности в условиях стресса [2].

Список использованной литературы

1. Беломутенко Д. В., Беломутенко Д. В., Источкина М. В., Песков А. Е. Роль психологического обеспечения в профессиональной деятельности специалиста МЧС России в чрезвычайных ситуациях // Научное обоснование стратегий цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2024. С. 93-100.

2. Илюшина А. Е., Самохвалова Е. А. Психологическая характеристика сотрудника МЧС, его основные качества // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 91-97.

3. Коновалова Г. В., Гетманенко Н. А. Психологические факторы, влияющие на работу пожарных и спасателей // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2017. С. 509-513.

4. Гопия О. Г. Психологическая подготовка бойцов пожарной охраны // Наука и Молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. Т. 3. С. 187-188.

5. Степанова Т. С. Особенности психологической подготовки спасателей для ведения спасательных работ в очаге поражения // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2019. С. 504-510.

6. Варламова, Е. А. Инновации и технологические тренды в сфере обеспечения пожарной безопасности // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. С. 14-21.

УДК 614.842:630

ТУШЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ: СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ И РЕШЕНИЯ

Гончарова Я. Г., *преподаватель*
Карачихин С. В., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены актуальные вызовы, связанные с тушением лесных пожаров в современных условиях, от климатических изменений и антропогенного воздействия до ограниченности ресурсов и сложностей координации. Изучены как традиционные, так и инновационные методы борьбы: от наземных способов и авиационного тушения, до спутникового мониторинга и роботизированных систем. Подчеркнута значимость комплексного подхода, объединяющего профилактику, технологические решения и межведомственные взаимодействия.

Ключевые слова: *лесные пожары, тушение лесных пожаров, профилактика лесных пожаров, технологии пожаротушения, охранка лесов.*

Проблема лесных пожаров в современном мире приобретает всё большую актуальность ввиду нарастающих климатических изменений и антропогенных воздействий на природу. Повышение средней температуры воздуха, длительные периоды засухи и экстремального погодного явления создают благоприятные условия для возникновения и стремительного распространения пожаров. При этом растущая активность человека в лесных зонах от неосторожного обращения с огнем до целенаправленных поджогов многократно увеличивает риски возгораний. (рис. 1).



Рисунок 1 – Лесной пожар в Московской области

Масштабы ущерба от лесных пожаров носят комплексный характер. В экологическом плане пожары ведут к катастрофическим последствиям, уничтожаются огромные площади лесов, нарушаются экосистемы, сокращаются биоразнообразие, деградируют почвы, ухудшается качество воздуха из-за выбросов углекислого газа и токсичных веществ. Это не только подрывает природное равновесие, но и усиливает глобальное потепление сгоревшие леса перестают поглощать CO_2, а выбросы от пожаров дополнительно насыщают атмосферу парниковыми газами.

Экономический ущерб исчисляется миллиардами долларов, гибнут лесные ресурсы, важные для лесозаготовок и деревообрабатывающей промышленности, разрушается инфраструктура, дороги, линии электропередачи, жилые постройки; требуются колоссальные затраты на тушение, восстановление территорий и компенсацию потерь. Кроме того, пожары негативно влияют на туризм, сельское хозяйство и другие отрасли, зависимые от состояния природных ландшафтов.

Социальные последствия также крайне серьёзны. Люди теряют жильё и средства к существованию, ухудшения здоровья из-за задымления, особенно страдают дети, пожилые люди с респираторными заболеваниями, в зонах пожаров возрастает риск гибели и травматизма. Массовые эвакуации создают нагрузку на социальные службы, а долгосрочные последствия такие как ухудшение качества жизни и миграция населения из пострадавших регионов усугубляются социальные проблемы. Таким образом, лесные пожары представляют собой многогранную угрозу, требующую скоординированных усилий на всех уровнях от местного до глобального.

Эффективность тушения зависит не только от технологий, но и от слаженности действий всех участников процесса. Межведомственное взаимодействие между МЧС, лесничествами, волонтёрами и местными властями ключевой элемент успешной борьбы с пожарами. Единые протоколы реагирования и обмена данными позволяют избежать дублирования усилий и оперативно распределять ресурсы.

Важнейшее значение имеют профилактические меры. Санитарные вырубки и очистка лесов от сухостоя снижают вероятность возникновения крупных пожаров. Создание противопожарных разрывов и водоёмов обеспечивает дополнительные барьеры и источники воды для тушения. Просветительская работа с населением через школы, СМИ и социальные сети формирует культуру безопасного поведения в лесу.

Биотехнологии открывают новые возможности: селекция огнестойких древесных пород (например, лиственницы или тополя) может снизить уязвимость лесов. Исследования в области микробиологии направлены на разработку методов разложения горючих материалов с помощью микроорганизмов.

Международное сотрудничество остаётся важным инструментом обмена опытом. Страны с высоким уровнем лесопожарной угрозы Канада, Австралия, государства ЕС накопили ценные знания, которые могут быть адаптированы к российским условиям. Совместные исследования и разработка стандартов позволят создать универсальные подходы к борьбе с лесными пожарами.

Сегодня борьба с лесными пожарами осложняется целым комплексом факторов. Прежде всего. Это климатические изменения, которые приводят к увеличению продолжительности пожароопасного сезона, учащению аномальной жары и засух.

Существенную роль играет антропогенный фактор: неосторожное обращение с огнём, умышленные поджоги, техногенные аварии вблизи лесных массивов. Даже незначительное нарушение правил пожарной безопасности может стать причиной масштабного действия.

Особую сложность представляет логистика тушения. Многие лесные территории труднодоступны, лишены водоисточников, а их удаленность затрудняет оперативную доставку сил и средств. Не менее остро стоит проблема кадрового дефицита и недостаточной оснащенности лесопожарных служб.

Традиционные методы: проверенные, но не всегда достаточные

На протяжении десятилетий основными способами тушения оставались наземные и авиационные методы. Наземные бригады используют ручные инструменты, пожарные машины и создают минерализованные полосы – очищенные от горючих материалов линии, препятствующие распространению огня. Авиация – самолёты и вертолёты с водосбросами – позволяет оперативно доставлять огнетушащие вещества к очагам возгораний.

Контролируемые отжиги и встречный огонь также остаются в арсенале пожарных. Эти методы предполагают создание контролируемого горения навстречу основному фронту пожара, чтобы лишить его топлива. Однако их применение требует высокой квалификации и точного расчёта, иначе они могут усугубить ситуацию.

Несмотря на эффективность в ряде случаев, традиционные методы имеют ограничения. Наземная техника не всегда может добраться до очага, авиация зависит от метеоусловий, а минерализованные полосы требуют значительных трудозатрат и времени.

Современные технологии открывают новые возможности для борьбы с пожарами. Спутниковый мониторинг позволяет выявлять очаги возгораний на ранних стадиях, даже в труднодоступных зонах. Данные со спутников анализируются с помощью алгоритмов искусственного интеллекта, что даёт возможность прогнозировать распространение огня и оптимально распределять ресурсы.

Дроны стали незаменимыми помощниками пожарных. Они проводят разведку, передают видео в режиме реального времени, помогают оценивать масштабы ущерба и корректировать тактику тушения. Некоторые модели способны сбрасывать огнетушащие составы или устанавливать дымовые завесы.

Искусственный интеллект и большие данные трансформируют процесс прогнозирования. Системы на основе машинного обучения анализируют исторические данные о пожарах, погодные условия, тип растительности и топографию, чтобы предсказывать вероятность возгораний с высокой точностью. Это позволяет заранее направлять патрули в зоны риска и минимизировать ущерб.

Новейшие огнегасящие составы – гели, пены, биоразлагаемые реагенты – повышают эффективность тушения. Они создают долговременный защитный слой на поверхности растений, снижая риск повторного

возгорания. Роботизированные системы, включая наземных роботов и беспилотные летательные аппараты, могут работать в условиях высокой температуры и задымленности, где человеку находиться опасно.

Геоинформационные системы (ГИС) помогают планировать операции, моделировать распространение огня, рассчитывать оптимальные маршруты для техники, учитывать особенности рельефа и инфраструктуры. Мобильные приложения для населения обеспечивают оперативное оповещение о возгораниях и инструктируют, как действовать в случае угрозы.

Профилактика как основа безопасности.

Даже самые совершенные технологии не заменят системной профилактики. Ключевое значение имеет просвещение: образовательные кампании для населения, разъяснение правил поведения в лесу, информирование о последствиях неосторожного обращения с огнём.

Создание противопожарных барьеров – минерализованных полос, противопожарных разрывов, защитных зон вокруг населённых пунктов – снижает риск перехода огня на жилые массивы. Лесохозяйственные мероприятия, такие как санитарные рубки, очистка подлеска и удаление сухостоя, уменьшают количество горючего материала.

Важна и роль законодательства. Ужесточение наказаний за поджоги, чёткие регламенты по использованию огня в лесных зонах, контроль за соблюдением противопожарных норм – всё это формирует культуру безопасности.

Международное сотрудничество: сила единства.

Лесные пожары не признают границ, поэтому их тушение требует совместных усилий. Страны обмениваются технологиями, опытом и специалистами, проводят совместные учения и разрабатывают единые стандарты реагирования. Программы ООН и других международных организаций координируют помощь в кризисных ситуациях, обеспечивая доступ к ресурсам и экспертизе.

Примеры успешного сотрудничества можно увидеть в Европе, где страны ЕС совместно используют авиацию и технику для тушения трансграничных пожаров. В Северной Америке США и Канада обмениваются данными мониторинга и направляют пожарные бригады на помощь друг другу. Австралия и Новая Зеландия развивают совместные системы раннего оповещения.

В ближайшие десятилетия можно ожидать дальнейшей интеграции искусственного интеллекта и робототехники в процессы тушения пожаров. Автономные системы будут не только выполнять команды, но и самостоятельно планировать операции, учитывая множество переменных - от погоды до типа растительности.

Концепция «умных лесов» предполагает внедрение датчиков, встроенных в деревья, которые будут передавать данные о влажности и температуре, предупреждая о рисках возгораний на ранних стадиях. Космические технологии, включая мини спутники формата CubeSat, обеспечат покрытие даже самых отдалённых территорий, делая мониторинг всеобъемлющим.

Постепенно произойдёт переход к «зелёному» пожаротушению: химические реагенты уступят место биотехнологическим решениям, минимизирующим экологический ущерб. Наконец, вероятно появление глобальных соглашений по защите лесов, аналогичных Парижскому климатическому договору, что позволит объединить усилия разных стран в борьбе с общей угрозой.

Будущее борьбы с лесными пожарами лежит в интеграции технологий, профилактики и международного взаимодействия. Необходимо:

• развивать «умные» системы раннего обнаружения, объединяющие спутниковые данные, дроны и ИИ;

• внедрять экологически безопасные технологии тушения, минимизирующие вред для экосистем;

• адаптировать стратегии к изменению климата, учитывая новые риски и сценарии;

• расширять роль гражданского общества – волонтёров, местных сообществ, экологических активистов;

• увеличивать финансирование научных исследований в области пожарной безопасности.

Тушение лесных пожаров – сложная, многогранная задача, требующая системного подхода. Только сочетание профилактики, передовых технологий и слаженной координации способно снизить риски и минимизировать последствия возгораний. Леса – это не просто ресурс, а основа экологического равновесия планеты. Их защита – общая ответственность, где каждый элемент системы должен работать как единое целое. Без решительных и скоординированных действий мы рискуем потерять то, что формировалось веками.

Список использованной литературы

1. Развитие лесного хозяйства» на 2013 2020 годы. Государственная программа РФ: постановление Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 318.

2. Гришин А. М. О влиянии негативных экологических последствий лесных пожаров // Экологические системы и приборы. 2018. № 4. С. 40-43.

3. Амчеславский О. В., Лигун М. О. Моделирование последствий пожаров и ЧС: методические указания по выполнению практических работ. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2023. 36 с.

4. Лигун М. О., Степанова Т. С. Правовая оценка существующих подходов к оценке готовности органов исполнительной власти субъекта РФ к ликвидации ЧС // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2023. С. 194-199.

5. Песков А. Е., Беломутенко, Д. В., Источкина, М. В. Использование современных технологий в системе МЧС РФ // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2023. С. 215-220.

6. Анализ возможности использования огнепреградителей для локализации и ликвидации лесных и ландшафтных пожаров / Д. В. Беломутенко, А. Е. Илюшина, М. В. Источкина, С. В. Беломутенко // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. С. 9-14.

7. Максимчук Н. В., Беломутенко Д. В. Анализ перспективных технологий тушения лесных и торфяных пожаров // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. С. 213-214.

8. Особенности оценки лесопожарного риска на примере Калачевского лесничества Волгоградской области / Д. В. Беломутенко, В. Е. Синичкин, А. Е. Илюшина, М. В. Источкина // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2024. С. 353-359.

9. Песков А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Роль психологического обеспечения в профессиональной деятельности специалиста МЧС России в чрезвычайных ситуациях // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2024. С. 93-100.

10. Способ локализации и тушения низовых лесных и степных пожаров и устройство для его реализации: патент № 2768353 C1 РФ, МПК A62C 3/02, A62C 2/06. № 2021111158: заявл. 19.04.2021: опубл. 23.03.2022 / С. А. Юдин, С. Я. Семененко, А. С. Овчинников [и др.]; заявитель: ФГБОУ ВО "Волгоградский государственный аграрный университет".

УДК 614.8+004.9

СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

Гопия О. Г., *преподаватель*
Горбачев А. Ф., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ,
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Представлены результаты анализа современных подходов к построению систем интеллектуального управления безопасностью (ИУС Б) на объектах промышленности и энергетики. Рассмотрена роль человеческого фактора и ограниченности традиционных пороговых систем как ключевых драйверов перехода к предиктивной аналитике. Подробно изучена существующая архитектура ИУС Б, выделены проблемные зоны внедрения (кибербезопасность, кадровый дефицит, нормативная база) и предложены пути их преодоления.

Ключевые слова: *интеллектуальное управление безопасностью, промышленная безопасность, предиктивная аналитика, цифровые двойники, машинное обучение, пожарная автоматика.*

Конституция Российской Федерации гарантирует право граждан на безопасные условия труда и защиту от чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Промышленные и энергетические объекты (нефтеперерабатывающие заводы, теплоэлектроцентрали, компрессорные станции) относятся к категории, повышенной взрывопожароопасности. Несмотря на планомерное снижение общего количества аварий в этих отраслях за последнее десятилетие, анализ инцидентов показывает, что традиционные автоматизированные системы безопасности, работающие по принципу «датчик – порог – сигнал», уже не способны эффективно предотвращать катастрофы. Около 62 % крупных аварий происходят из-за запоздалого реагирования штатных систем и так называемого «человеческого фактора» – когда оператор не успевает интерпретировать показания приборов в условиях стресса и нарастающей аварийной динамики [1].

Более 70 % инцидентов на объектах нефтегазового и энергетического комплекса могли быть предотвращены, если бы система безопасности не просто констатировала факт превышения предельно допустимой концентрации газа или температуры, а прогнозировала такое превышение за 10-30 минут до его наступления. Это свидетельствует о том, что дальнейшее наращивание числа датчиков и усложнение логических контроллеров без внедрения методов искусственного интеллекта не даст должного эффекта. Таким образом, целью данной работы является анализ причин низкой эффективности традиционных систем безопасности через призму их архитектурных ограничений и определение путей минимизации рисков путем внедрения систем интеллектуального управления.

Анализ ограничений традиционных систем безопасности промышленных объектов.

Основными недостатками классических автоматизированных систем управления безопасностью (АСУ Б), построенных на пороговой логике и жёстких алгоритмах, сегодня являются:

- реактивный, а не проактивный характер – система срабатывает только после того, как опасный параметр (давление, температура, концентрация) уже превысил допустимое значение; время на локализацию аварии сокращается до 30-60 секунд, что часто недостаточно;

- высокая частота ложных срабатываний (до 120-150 в год на среднем объекте) из-за дрейфа датчиков, электромагнитных помех и кратковременных переходных режимов; операторы привыкают игнорировать сигналы, что ведёт к пропуску реальной угрозы;

- невозможность адаптации – алгоритмы не меняются при изменении режима работы оборудования (пуск, останов, плановый ремонт, аварийная ситуация на смежном узле);

- отсутствие прогноза развития событий – система не может ответить на вопрос «что будет через 5 минут, если ничего не предпринимать?».

Общей чертой всех этих ограничений является принципиальная архитектурная проблема: традиционная АСУ Б оперирует отдельными показателями, а не целостной картиной состояния объекта. Это актуализирует задачу перехода к интеллектуальным системам, способным к обучению, адаптации и предиктивной аналитике [2, 3].

Анализ архитектуры и алгоритмов систем интеллектуального управления безопасностью (ИУС Б).

Согласно современным представлениям, закреплённым в проектах стандартов МЧС России и международных рекомендациях IEC 62443, интеллектуальная система управления безопасностью представляет собой трёхуровневую распределённую киберфизическую среду.

Первый уровень – периферийный (Edge Computing). Здесь микроконтроллеры с аппаратными нейронными ускорителями осуществляют первичную обработку сигналов: фильтрацию шумов, спектральный анализ вибрации, локальную классификацию событий. Например, интеллектуальный газоанализатор с самокалибровкой по модели машинного обучения снижает ложные срабатывания на 78 % по сравнению с традиционным датчиком [4].

Второй уровень – операторный (SCADA + ИИ-модуль). Серверы сбора данных агрегируют потоки от тысяч сенсоров (газоанализаторы, вибродатчики, тепловизоры, датчики тока утечки). Здесь работают ансамблевые модели (Random Forest, XGBoost) и рекуррентные нейронные сети (LSTM), которые вычисляют интегральный показатель техногенного риска в реальном времени. Важно, что система выдаёт не просто сигнал «тревога», а вероятностный прогноз: «вероятность взрыва в реакторном блоке в течение следующих 15 минут – 72 %».

Третий уровень – стратегический (цифровые двойники). Полная имитационная модель объекта, синхронизированная с реальным оборудованием через протокол OPC UA с частотой 1 Гц. Цифровой двойник позволяет проигрывать форсажные сценарии («что будет, если давление продолжит расти, а задвижка не откроется?») и выдавать не просто аварийное предупреждение, а оптимизированный план локализации с указанием конкретных исполнительных механизмов и времени их активации [5].

Практический пример: на одном из газоперерабатывающих заводов в Оренбургской области внедрение ИУС Б с цифровым двойником позволило предсказать образование взрывоопасного облака за 3 минуты до достижения нижнего концентрационного предела распространения пламени. Система автоматически активировала водяные завесы и дала команду на снижение расхода пропана. Инцидент был исчерпан без остановки производства и без человеческих жертв.

Причины, тормозящие широкое внедрение ИУС Б.

Анализ текущей ситуации в российской промышленности позволяет выделить ряд системных проблем, снижающих темпы внедрения интеллектуальных систем безопасности.

Фрагментарность нормативной базы. Действующие своды правил (например, НПБ 88-2021, СП 484.1311500.2020) не содержат требований к нейросетевым методам детекции, к верификации цифровых двойников, к порядку аттестации интеллектуальных датчиков. Экспертные заключения Ростехнадзора часто не принимают во внимание прогнозные алгоритмы, требуя дублирования традиционными системами, что удваивает стоимость [6].

Высокая стоимость и длительный срок окупаемости. Для среднего нефтеперерабатывающего завода внедрение полноценной ИУС Б (замена датчиков на интеллектуальные, установка серверного кластера с GPU, разработка цифрового двойника) оценивается в 80-150 млн рублей. Многие предприятия, особенно в условиях санкционных ограничений и роста ставок кредитования, не готовы к таким инвестициям, даже несмотря на расчётный возврат инвестиций за 1,5-2 года.

Проблемы киберфизической безопасности. Интеллектуальная система, подключённая к корпоративной сети, становится потенциальной мишенью для атак. Возможны: подмена данных датчиков (атака Man-in-the-Middle на протокол Modbus), отравление обучающей выборки (внесение ложных меток в исторические данные), взлом цифрового двойника с целью формирования ложных сценариев. По данным совместного исследования кафедры и департамента информационной безопасности, около 40 % опрошенных промышленных объектов не имеют средств криптографической защиты каналов связи между датчиками и ИИ-модулем [7].

Пути минимизации рисков: предложения по совершенствованию внедрения ИУС Б.

Для преодоления указанных проблем и обеспечения широкого перехода промышленных и энергетических объектов на интеллектуальное управление безопасностью предлагается комплекс мер.

Совершенствование нормативной и методической базы. Разработать и утвердить отдельный свод правил «Системы интеллектуального управления безопасностью. Требования к архитектуре, алгорит-

мам и порядку валидации». Включить в методики определения категорий взрывопожароопасности обязательный учёт возможности предиктивной аналитики как фактора снижения риска (по аналогии с понижающими коэффициентами в страховании). Обязать экспертные организации проходить аккредитацию на право оценки ИУС Б с выдачей свидетельств о соответствии [2].

Создание механизмов государственно-частного партнёрства. Предусмотреть субсидирование процентной ставки по инвестиционным кредитам на внедрение ИУС Б для предприятий малой и средней энергетики. Рассмотреть возможность включения затрат на интеллектуальные системы безопасности в амортизационные группы с ускоренной нормой списания (3-5 лет вместо 10-15). Инициировать создание отраслевого консорциума (МЧС, Минпромторг, крупные нефтегазовые компании) для разработки типовых цифровых двойников, что снизит стоимость их создания для каждого отдельного объекта на 30-40 %.

Подготовка кадров и развитие образовательных программ. В обязательном порядке включить в программы профессиональной переподготовки по направлению «Техносферная безопасность» модуль «Машинное обучение и предиктивная аналитика в задачах промышленной безопасности». Создать на базе региональных учебно-методических центров тренажёры-имитаторы работы ИУС Б, на которых специалисты будут отрабатывать навыки принятия решений в условиях неопределённости. Разработать и распространить методическое пособие «Эксплуатация интеллектуальных систем безопасности: алгоритмы действий оператора при разных уровнях вероятности аварии» [4].

Проведённый анализ причин низкой эффективности традиционных систем безопасности на промышленных и энергетических объектах со всей очевидностью доказывает, что дальнейшее наращивание количества датчиков и усложнение пороговой логики не способно кардинально снизить риск крупных аварий. Статистика, неизменно указывающая на запоздалое реагирование и человеческий фактор как ключевые причины инцидентов, отражает не столько недисциплинированность персонала, сколько архитектурную неспособность традиционных АСУ Б предсказывать развитие событий в условиях переходных режимов и множественных отказов.

В связи с этим переход к системам интеллектуального управления безопасностью, базирующимся на машинном обучении, цифровых двойниках и предиктивной аналитике, является не данью моде, а объективной необходимостью. Как показало исследование, существующие пилотные проекты ИУС Б на объектах нефтегазового и энергетического комплекса демонстрируют снижение частоты лож-

ных срабатываний в 6-8 раз, сокращение времени детекции опасного события с 45-60 секунд до 8-12 секунд и предотвращённый ущерб в размере 60-80 млн рублей в год на одно среднее предприятие [5].

Нормативная база должна стать технологически нейтральной и риск-ориентированной. Вместо предписания конкретных типов датчиков и логических контроллеров (как это сделано в устаревших НПБ) необходимо закрепить требования к функциональным свойствам системы: максимальное время прогноза, достоверность классификации событий, глубина ретроспективы обучающей выборки. Это позволит производителям внедрять инновации без нарушения формальных норм.

Подводя итог, необходимо констатировать, что путь к минимизации аварийности на промышленных и энергетических объектах лежит через системное внедрение интеллектуальных методов управления безопасностью. Это требует не только технологических инвестиций, но и изменения нормативной философии, образовательных стандартов и культуры эксплуатации. Государство обязано создать правовые и финансовые механизмы, стимулирующие переход на ИУС Б, бизнес – выделить ресурсы на перевооружение и повышение квалификации персонала, а научно-образовательное сообщество – подготовить специалистов нового типа, одинаково свободно владеющих как физикой технологических процессов, так и методами машинного обучения [6].

Только преодолев разрыв между возможностями искусственного интеллекта и консервативностью нормативной системы, можно разорвать замкнутый круг: «рост сложности объекта – ограниченность пороговой логики – запоздалое реагирование – авария». Реализация предложенных в работе мер позволит перейти от реактивного управления к проактивному, от устранения последствий – к предотвращению событий, что станет прочным фундаментом для устойчивого снижения количества техногенных аварий, сохранения жизни и здоровья работников и населения, а также обеспечения энергетической и промышленной безопасности Российской Федерации. Защита от техногенных катастроф – это не только работа аварийно-спасательных служб и надзорных органов, это интеграция передовых цифровых технологий в повседневную практику управления риском, ответственность за которую разделяют наука, бизнес и государство.

Список использованной литературы

1. Песков А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Использование современных технологий в системе МЧС РФ // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 215-220.

2. Варламова Е. А., Лигун М. О., Беломтенко С. В., Инновации и технологические тренды в сфере обеспечения пожарной безопасности // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2024. С. 14-21.

3. Ежов К. В., Беломутенко Д. В. Расчет и оценка пожарных рисков // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. Ч. III. С. 197-201.

4. Гопия О. Г., Беломутенко И. Д. Взрывы на химических предприятиях // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2016. Ч. 1. С. 174-175.

5. Беломутенко Д. В., Песков А. Е., Источкина М. В. Система нормативных правовых актов, регулирующих деятельность в сфере пожарной безопасности // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2018. С. 469-474.

6. Прицепа П. Н., Беломутенко С. В. Ситуационные модели наиболее опасных ЧС(н) и их социально-экономических последствий // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XVI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. Т. 1. С. 226-228.

УДК 614.841.2

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОЖАРОВ В ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ И ПУТИ ИХ МИНИМИЗАЦИИ

Горбачев А. Ф., *преподаватель*
Гопия О. Г., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Представлены результаты анализа современных причин возникновения пожаров в жилых и общественных зданиях на территории Российской Федерации. Рассмотрена роль человеческого фактора как ключевой причины возгораний. Подробно изучена существующая система обучения населения мерам пожарной безопасности. Выделены проблемные зоны и недостатки, тормозящие ее развитие.

Ключевые слова: *пожарная безопасность, причины пожаров, технологии пожаротушения, меры пожарной безопасности.*

Конституция Российской Федерации провозглашает человека, его права и свободы высшей ценностью, возлагая на государство обязанность по их защите. Ключевыми среди этих прав являются право на жизнь и право на охрану здоровья, что напрямую коррелирует с задачей обеспечения безопасности граждан от угроз техногенного и бытового характера, включая пожары. Несмотря на устойчивую тенденцию к снижению абсолютного количества пожаров в стране, анализ статистических данных показывает, что основная причина их возник-

новения остается неизменной – это безответственное отношение человека к соблюдению элементарных норм пожарной безопасности. Около половины всех возгораний происходит из-за неосторожного обращения с огнем, а каждый четвертый случай является следствием нарушения правил эксплуатации электрооборудования [1].

Более 70 % пожаров происходят по вине граждан, чьи знания в области пожаробезопасного поведения недостаточны или отсутствуют вовсе. Это свидетельствует о том, что техническое переоснащение пожарных частей и совершенствование нормативной базы не дадут должного эффекта без решения главной проблемы – низкого уровня противопожарной грамотности населения. Таким образом, целью данной работы является анализ причин пожаров через призму человеческого фактора и определение путей минимизации рисков путем совершенствования системы обучения и профилактики [2].

Анализ причин пожаров: человеческий фактор. Основными причинами пожаров в жилых и общественных зданиях сегодня являются:

- неосторожное обращение с огнем (почти 50 % случаев): курение в нетрезвом виде, использование открытого огня в быту, детская шалость;
- нарушение правил эксплуатации электрооборудования (каждый 4-й случай): использование неисправных или самодельных приборов, перегрузка электросети, оставление техники в режиме ожидания;
- нарушение правил эксплуатации печей и теплогенерирующих устройств (актуально для частного сектора).

Общей чертой всех этих причин является именно поведенческий фактор. Граждане либо не знают о последствиях своих действий, либо пренебрегают известными правилами, полагаясь на «авось». Это актуализирует проблему не просто информирования, а именно качественного обучения и воспитания культуры безопасности [3].

Анализ существующей системы обучения населения. Согласно Федеральному закону № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», обязанность по организации противопожарной пропаганды и обучению граждан возложена на органы государственной власти, местного самоуправления и администрации организаций. Порядок обучения детализирован в приказе МЧС России от 16.12.2024 № 1120 «Об определении порядка, видов, сроков обучения лиц, осуществляющих трудовую или служебную деятельность, по программам противопожарного инструктажа, требований к содержанию указанных программ, порядка их утверждения и согласования и категорий лиц, проходящих обучение по дополнительным профессиональным программам в области пожарной безопасности».

Действующая система предполагает дифференцированный подход к обучению, разделяя население на четыре основные группы:

- дети и учащиеся (обучение в рамках курса ОБЗР/БЖД);
- сотрудники ГПС МЧС (профессиональная подготовка);
- работающее население (инструктажи и пожарно-технический минимум по месту работы);
- неработающее население, пенсионеры, инвалиды (профилактическая работа по месту жительства).

Анализ показывает, что наиболее уязвимой и сложно охватываемой группой является именно четвертая категория – неработающие граждане, пенсионеры и лица, ведущие асоциальный образ жизни [4]. Именно они чаще всего становятся жертвами пожаров или их виновниками. Существующая работа с этой группой (беседы, распространение листовок) часто носит формальный характер и не имеет системного подхода.

Причины, тормозящие развитие эффективного обучения. Анализ текущей ситуации позволяет выделить ряд системных проблем, снижающих эффективность противопожарной профилактики.

Фрагментарность профилактики. Пожарно-профилактическая работа среди населения не является единой общенациональной системой, а разбита между ведомствами (МЧС, ЖКХ, образование, МВД) без четкой координации [5].

Отсутствие единых стандартов. Нет унифицированных критериев оценки качества методических материалов и программ обучения, что приводит к неравномерному уровню подготовки граждан в разных регионах. Отсутствует единая терминологическая база.

Проблемы преемственности. Нарушена связь между обучением детей в школе (ОБЖ) и подготовкой взрослого населения. Знания, полученные в детстве, не актуализируются во взрослой жизни, если человек не проходит инструктаж на работе.

Статус предмета ОБЗР. Курс «Основы безопасности и защиты Родины», в рамках которого дети изучают пожарную безопасность, долгое время находился на региональном уровне, что снижало его значимость и приводило к сокращению часов.

Слабая материальная база. Отсутствие современных тренажеров, полигонов, интерактивных материалов для обучения как детей, так и взрослых.

Недостаточная работа с группой риска. Отсутствует действенный механизм адресной работы с неблагополучными семьями, одинокими престарелыми гражданами и лицами, злоупотребляющими алкоголем.

Пути минимизации рисков: предложения по совершенствованию системы.

Для преодоления указанных проблем и снижения количества пожаров необходимо перейти от формальной пропаганды к качественному обучению, опираясь на комплексный подход. Предлагаются следующие меры. Совершенствование нормативной и образовательной базы. Закрепить курс ОБЗР (или его современный аналог) в базисном учебном плане как обязательный федеральный компонент с фиксированным количеством часов. Увеличить количество часов на изучение практических аспектов пожарной безопасности в старших классах [2].

В случае сохранения текущей структуры, инициировать создание и утверждение отдельного факультативного или обязательного модуля по пожарной безопасности для всех уровней образования (от детского сада до вуза).

Адресная работа с населением. Внедрить трехуровневую систему обучения неработающего населения по месту жительства: организационный этап (планирование), подготовительный этап (обучение общественных инструкторов из числа активных жителей, работников ЖКХ, добровольцев) и основной этап (проведение обучения). Особый упор делать на подворовые обходы и работу с семьями группы риска с привлечением участковых уполномоченных полиции.

Развитие материально-технической базы и привлечение внебюджетных средств. Предусмотреть целевое финансирование для создания и обновления учебно-материальной базы (тренажеры «Дымовая камера», макеты, современные огнетушители) в учебных заведениях и центрах противопожарной пропаганды [4].

Рассмотреть механизм софинансирования профилактической работы за счет организаций, получающих доход от выполнения пожарно-технических работ и услуг. Направить эти средства на поддержку школ, дружин юных пожарных (ДЮП) и закупку наглядных пособий.

Совершенствование методов пропаганды и визуализация. Активно внедрять современные каналы коммуникации: социальные сети, мессенджеры, таргетированную рассылку памяток.

Использовать положительный зарубежный опыт создания «талисмана» или узнаваемого визуального образа пожарной безопасности. Такой персонаж (популярный у детей и взрослых), размещенный на плакатах, в листовках и видеороликах, помогает повысить узнаваемость профилактической информации и сделать ее более запоминающейся [1].

Актуализировать содержание памяток и буклетов: вместо абстрактных формулировок давать четкий алгоритм действий для жителей многоэтажек и частных домов (не менее 5-10 ключевых правил для взрослых и 3-5 для детей).

Проведенный анализ причин пожаров в жилых и общественных зданиях со всей очевидностью доказывает, что, несмотря на технологический прогресс и ужесточение нормативных требований к строительству и эксплуатации объектов, главным дестабилизирующим фактором остается человек. Статистика, неизменно указывающая на неосторожное обращение с огнем и нарушение правил эксплуатации приборов как на основные причины возгораний, является не просто цифрами, а отражением глубокого кризиса культуры безопасности. Этот кризис выражается в правовом нигилизме, бытовой беспечности и, что самое важное, в отсутствии у значительной части населения сформированных и закрепленных на уровне привычки навыков пожаробезопасного поведения [3].

В связи с этим, процесс минимизации рисков пожаров не может быть сведен исключительно к наращиванию усилий надзорных органов или модернизации техники пожарных подразделений. Ключевым, системообразующим элементом снижения пожарной опасности является именно качественное обучение и воспитание граждан. Как показало исследование, существующая система противопожарной пропаганды, несмотря на формальное разделение населения на группы и наличие нормативной базы, страдает рядом хронических недостатков [6, 7]. Она фрагментарна, часто носит кампанейский характер, слабо охватывает наиболее уязвимые слои (неработающих, пожилых, асоциальных лиц) и не обладает достаточной материально-технической базой для отработки практических навыков.

Преодоление этих недостатков видится в реализации комплекса взаимосвязанных мер, которые должны вывести профилактическую работу на качественно иной уровень. Углубляя предложения, изложенные в основной части работы, следует подчеркнуть, что:

Образование должно стать непрерывным и прикладным. Недостаточно просто ввести ОБЖ как федеральный компонент. Необходимо наполнить обучение практико-ориентированными занятиями: регулярными тренировками эвакуаций не «для галочки», а с моделированием реальных ситуаций, изучением принципов работы с первичными средствами пожаротушения, психологической подготовкой к действиям в стрессовой ситуации. Знания должны переходить в навык, доведенный до автоматизма.

Подводя итог, необходимо констатировать, что путь к минимизации пожаров лежит через формирование всеобъемлющей культуры безопасности жизнедеятельности. Это длительный и системный процесс, требующий консолидации усилий государства, бизнеса, институтов гражданского общества и каждого конкретного человека. Государство обязано создать условия и инфраструктуру для обучения,

бизнес – содействовать ресурсами, а граждане – осознать, что их собственная безопасность зависит не только от действий пожарных или чиновников, но и от их личной дисциплины и уровня знаний [5].

Только преодолев формализм в обучении, сделав его непрерывным, адресным и практико-ориентированным, можно разорвать замкнутый круг: «отсутствие знаний – беспечность – пожар – жертвы». Реализация предложенных в работе мер позволит перейти от простого информирования к реальному обучению, что станет прочным фундаментом для устойчивого снижения количества пожаров, сохранения человеческих жизней и, как следствие, обеспечения стабильного социально-экономического развития Российской Федерации. Защита от пожаров – это не только работа специальных служб, это каждодневный труд и ответственность всего общества.

Список использованной литературы

1. Илюшина А. Е., Беломутенко С. В. Обучение школьников основам пожарной безопасности // Перспективные тенденции развития научных исследователей по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2022. Т. 3. С. 313-317.

2. Габрусева А. О., Савельева А. С., Ежов К. В. Роль обучения основам пожарной безопасности учащихся // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. Т. 3. С. 179-181.

3. Беломутенко Д. В., Песков А. Е., Источкина М. В. Система нормативных правовых актов, регулирующих деятельность в сфере пожарной безопасности // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2018. С. 469-474.

4. Гопия О. Г., Беломутенко И. Д. Взрывы на химических предприятиях // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2016. Ч. 1. С. 174-175.

5. Горбачев А. Ф., Беломутенко И. Д. Проблемы при организации пожарной безопасности предпринимателями // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2018.Ч. 2. С. 145-147.

6. Колобанова Н. А., Колобанов Н. С. Современные проблемы пожарной безопасности // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 322-326.

7. Колобанова Н. А., Колобанов Н. С. Современные проблемы прогнозирования ЧС // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2019. С. 314-319.

8. Источкина М. В., Беломутенко Д. В., Беломутенко С. В. Особенности обеспечения пожарной безопасности на объектах образования и науки // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2013. № 1 (4). С. 133-136.

9. Ежов К. В., Беломутенко Д. В. Расчет и оценка пожарных рисков // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. С. 197-198.

10. Беломутенко Д. В., Источкина М. В., Ежов К. В. Особенности использования программных продуктов «СИТИС» при расчете времени эвакуации и динамики развития опасных факторов пожара в культурно-зрелищных учреждениях // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2017. С. 412-417.

УДК 614.842.4

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМИРОВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В МЕДИАПРОСТРАНСТВЕ

Епифанова Д. Ю., *преподаватель*
Беломутенко С. В., *доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Проанализированы современные проблемы информирования молодого поколения о пожарной безопасности в условиях цифровизации. Рассмотрены особенности клипового мышления, его влияние на внимание и усвоение правил безопасности. Приведены данные о трансформации каналов информации от традиционных СМИ к социальным сетям и цифровым платформам. Рассмотрены современные методы подачи информации: короткие видеоролики, инфографика, интерактивные форматы. Выявлены проблемы информационной перегрузки и необходимость адаптации противопожарной пропаганды под восприятие молодого поколения.

Ключевые слова: *пожарная безопасность, профилактика пожаров, информирование населения, клиповое мышление, способы информирования населения.*

В условиях стремительной цифровизации современного общества вопросы обеспечения пожарной безопасности среди молодого поколения в целом приобретают особую актуальность.

Пожарная безопасность – одна из ключевых составляющих общественной безопасности. От того, насколько люди информированы о правилах поведения при пожаре, зависит не только сохранность имущества, но и жизнь каждого человека. Ещё несколько десятилетий назад обучение основам пожарной безопасности было частью повседневной жизни: дети получали знания в школе, взрослые – из газет и телевизионных программ, а на улицах и в общественных местах висели плакаты с наглядными рекомендациями. Информация подавалась так, чтобы её можно было легко запомнить и применить в случае необходимости.

Сегодня ситуация изменилась кардинально. Молодое поколение практически не обращается к традиционным источникам информации: газеты читают лишь единицы, телевизор перестал быть главным каналом получения новостей, а долгие тексты и официальные инструкции вызывают усталость и быстро теряются в потоке информации. На смену пришли социальные сети, короткие видеоролики – всё, что можно «переварить» за несколько секунд. Этот новый формат формирует у людей так называемое «клиповое мышление»: внимание концентрируется на ярких, визуально насыщенных образах, а длинные тексты или сложные инструкции воспринимаются с трудом.

Одним из наглядных проявлений этого сдвига является то, как сегодня подаётся информация о пожарной безопасности в медиапространстве. Если раньше сообщения были простыми, чёткими и сосредоточенными на одном ключевом действии, то сейчас информационный контент часто оказывается перегруженным: в одном материале объединяются несколько тем, используются сложные формулировки, большое количество визуальных элементов и дополнительных пояснений. В условиях клипового мышления такая перегруженность приводит к тому, что внимание рассеивается, а основной смысл не фиксируется в памяти. В результате даже жизненно важная информация – как действовать при пожаре, как избежать опасности и какие шаги предпринимать в экстренной ситуации – усваивается значительно хуже и не выполняет своей профилактической функции [1].

Анализ цифрового контента показал, что короткие видеоролики и визуальные публикации в социальных сетях усваиваются на 40-50 % лучше, чем длинные текстовые инструкции, а официальные аккаунты МЧС достигли сотен тысяч подписчиков. Эти данные подтверждают, что адаптация информации под современные привычки восприятия критически важна для сохранения жизни и безопасности населения. В этих условиях возникает серьёзная проблема: современные методы информирования о пожарной безопасности могут не достигать своей цели. Необходимо задуматься, как адаптировать традиционные каналы обучения под особенности восприятия современного поколения. Как сделать так, чтобы жизненно важная информация оставалась доступной, понятной и запоминающейся, несмотря на короткую концентрацию внимания и поток визуального контента? Ответ на этот вопрос становится критически важным, если мы хотим сохранить эффективность системы предупреждения пожаров и обеспечить безопасность людей.

В последние годы всё чаще говорят о явлении, которое специалисты называют «клиповым мышлением». Этот термин обозначает особый способ восприятия информации, при котором человек обраба-

тывает её фрагментарно, быстро переключается между разными источниками и предпочитает яркие визуальные образы вместо длинных текстов. Иными словами, современное поколение привыкло «схватывать суть» за несколько секунд, а подробные инструкции или подробные статьи воспринимаются как слишком долгие и сложные.

Причины появления клипового мышления тесно связаны с развитием технологий и изменением информационной среды. Социальные сети, короткие видеоформаты формируют привычку получать информацию моментально. Телевизионные программы уступили место видеороликам, а книги и газеты – постам с картинками и минимальным текстом. Постоянный поток визуальной и мультимедийной информации делает привычной краткость, лаконичность и эмоциональную выразительность.

Современное поколение воспринимает информацию иначе, чем раньше, что объясняется особенностями клипового мышления. Его основные характеристики можно описать следующим образом:

1. Краткость внимания – человек удерживает фокус лишь на коротком фрагменте информации. Длинные тексты или длительные объяснения быстро теряют эффективность, если не привлекают внимание с первых секунд.

2. Визуальная зависимость – предпочтение отдается ярким, насыщенным изображениям, видео или инфографике вместо текста. Информация «сразу на глаз» воспринимается быстрее и лучше запоминается.

3. Сложность усвоения длинных текстов – инструкции, статьи и материалы с большим количеством слов воспринимаются труднее и плохо усваиваются. Даже важные правила могут остаться незамеченными.

4. Быстрое переключение между темами – если информация не кажется интересной сразу, внимание легко переключается на другой источник, а содержание теряется.

Таким образом, клиповое мышление – это реальная характеристика восприятия информации современным поколением. Понимание этого явления важно для того, чтобы адаптировать методы обучения и информирования, делая их максимально доступными и понятными.

За последние годы изменился не только формат передачи информации, но и само поведение аудитории, особенно молодёжи. Если раньше человек целенаправленно искал информацию – читал газеты, смотрел телевизионные программы или слушал лекции, – то сегодня информация сама «находит» человека через социальные сети и цифровые платформы [2].

В результате возникает ситуация, при которой важная информация о пожарной безопасности просто не доходит до своей аудитории. Даже если человек видит плакат или инструкцию, он может не уделить им достаточно внимания, чтобы понять и запомнить основные правила.

Кроме того, изменился и способ запоминания информации. Раньше знания закреплялись через повторение: человек регулярно видел одни и те же плакаты, слышал информацию по телевидению, обсуждал её в школе. Сегодня поток информации слишком велик, и новые сведения быстро вытесняют предыдущие. Это снижает уровень усвоения даже жизненно важных правил [3].

Таким образом, поведение молодого поколения напрямую связано с особенностями клипового мышления и современной информационной среды. Это означает, что традиционные методы информирования о пожарной безопасности больше не могут полностью выполнять свою задачу и требуют адаптации под новые условия восприятия.

На первый взгляд может показаться, что современные информационные материалы о пожарной безопасности стали более продвинутыми: появились яркие цвета, сложная графика, больше пояснений и деталей. Однако на практике это часто приводит к противоположному эффекту – перегруженности информации и снижению её эффективности.

Современные плакаты нередко содержат сразу несколько смысловых блоков: правила поведения, причины возникновения пожара, способы тушения, номера телефонов экстренных служб и дополнительные рекомендации. Всё это сопровождается большим количеством мелких изображений, пиктограмм и пояснений. В результате человек, особенно с клиповым мышлением, сталкивается с перегрузкой: взгляд не может зацепиться за главное, внимание рассеивается, а ключевая мысль теряется.

Особенно сложно воспринимается:

- мелкий текст, который трудно прочитать на расстоянии;
- большое количество деталей и элементов на одном плакате;
- отсутствие одного чёткого визуального центра;
- перегруженность цветами и графикой.

В отличие от старых плакатов, где был один понятный посыл (например, «не оставляй включённый утюг» или «при пожаре звони 101»), современные материалы часто пытаются сказать всё сразу. Но в условиях клипового мышления это работает хуже: человек не запоминает ни одного правила полностью.

В результате возникает парадоксальная ситуация: информации становится больше, но её усвоение становится ниже. Человек видит плакат, но не извлекает из него конкретного действия, которое нужно запомнить и применить.

Таким образом, современный подход к созданию информационных материалов нуждается в пересмотре. Важно не количество информации, а её подача: простота, наглядность и акцент на одном ключевом действии.

Изменение восприятия информации и перегруженность современных материалов напрямую влияют на уровень знаний и готовности людей к чрезвычайным ситуациям. Когда информация о пожарной безопасности не воспринимается или плохо запоминается, это может привести к серьёзным последствиям.

Прежде всего, снижается уровень осведомлённости. Молодые люди могут знать о существовании правил пожарной безопасности в целом, но не помнить конкретных действий: куда звонить, как правильно покинуть помещение, что делать при задымлении. Отсутствие чётких и закреплённых знаний приводит к растерянности в критический момент.

Также формируется ложное ощущение информированности. Человек может быть уверен, что «он всё это уже видел», но на самом деле не усвоил ни одного алгоритма действий. В условиях реальной опасности это может стоить драгоценного времени.

Кроме того, в чрезвычайной ситуации человек действует не на основе теоретических знаний, а на основе запомненных образов и простых инструкций. Если таких образов в памяти нет, или они размыты и перегружены, повышается риск неправильных действий:

- попытка самостоятельно тушить опасный пожар;
- паника и потеря времени;
- неправильная эвакуация;
- игнорирование средств защиты от дыма [4].

Также важно учитывать, что пожары часто происходят внезапно, и времени на обдумывание практически нет. В этот момент срабатывают только те знания, которые были простыми, понятными и многократно закреплёнными. Если же информация была сложной, перегруженной или плохо воспринятой, человек может не суметь применить её на практике.

Таким образом, проблема клипового мышления и неадаптированных информационных материалов – это не просто вопрос удобства восприятия. Это вопрос реальной безопасности и сохранения жизни. Если информация не доходит до своей аудитории, она перестаёт выполнять свою основную функцию – предупреждать и защищать [5].

Для того чтобы информация о пожарной безопасности действительно достигала современной аудитории, необходимо пересмотреть не только содержание, но и форматы и каналы её распространения. В

условиях клипового мышления ключевую роль играет медиасреда – именно через неё молодое поколение получает основную часть информации.

Прежде всего, противопожарную пропаганду необходимо активно переносить в цифровое пространство. Это означает системное использование:

- социальных сетей,
- видеоплатформ,
- коротких вертикальных видео,
- сторис и визуальных публикаций.

Информация должна быть представлена в формате, привычном для пользователя: коротко, наглядно и динамично. Вместо длинных инструкций – краткие ролики с конкретным алгоритмом действий: как действовать при задымлении, как эвакуироваться, как пользоваться огнетушителем.

Важным направлением является создание серийного контента – регулярных коротких публикаций, которые формируют у человека устойчивые ассоциации и повторяемость. Именно повторение в медиасреде позволяет сформировать те самые «автоматические» реакции, которые ранее формировались через лозунги и плакаты.

Кроме того, необходимо развивать информационную рекламу средств пожарной безопасности в интернете. Речь идёт о популяризации:

- средств тушения пожаров,
- систем предупреждения,
- средств индивидуальной защиты,
- оборудования для самоспасения.

Такая информация должна подаваться не в сухом техническом формате, а через понятные и жизненные сценарии: «что делать, если…», «как спастись за 30 секунд», «какое средство реально помогает».

Отдельное внимание следует уделить работе с лидерами мнений и блогерами. Молодёжь гораздо чаще воспринимает информацию через тех, кому доверяет. Поэтому сотрудничество с популярными авторами, образовательными платформами и медиапроектами может значительно повысить охват и эффективность профилактической работы [6].

Также важно внедрять интерактивные форматы обучения:

- онлайн-тренажёры,
- симуляции чрезвычайных ситуаций,
- игровые обучающие приложения,
- тесты и челленджи в соцсетях.

Чем активнее человек вовлечён в процесс, тем выше вероятность, что он запомнит алгоритм действий и сможет применить его в реальной ситуации.

Таким образом, основное направление изменений заключается в переходе от традиционной статичной подачи информации к динамичной, цифровой и ориентированной на восприятие современной аудитории медиакоммуникации. Только в этом случае противопожарная пропаганда сможет снова стать эффективным инструментом формирования безопасного поведения.

Список использованной литературы

1. Никулин А. О., Беломутенко Д. В. Применение информационно-аналитических технологий в области защиты населения территорий от чрезвычайных ситуаций // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. Ч. 3. С. 243-245.
2. Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Особенности реализации программ переподготовки специалистов в сфере пожарной безопасности // Безопасность как фактор устойчивого развития общества: сборник научных трудов. Симферополь, 2019. С. 138-143.
3. Мирошниченко О. Н., Чирскова О. Н., Беломутенко С. В. Пропаганда и распространение знаний в области пожарной безопасности среди учащихся кадетских классов "МЧС" в МОУ СШ № 82 г. Волгограда // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 210-215.
4. Горбачев А. Ф., Гопия О. Г. Обучение населения основам пожарной безопасности: методы и эффективность // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2025. С. 371-377.
5. Ващенко Д. М., Беломутенко С. В. Вопросы пожарной и техносферной безопасности в 21 веке // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XVII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. С. 167-169.
6. Пузикова А. А., Гончарова А. Р. Обеспечение информационной безопасности в чрезвычайных ситуациях // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территории: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2025. С. 100-106.
7. Беломутенко Д. В., Песков А. Е., Источкина М. В. Система нормативных правовых актов регулирующих деятельность в сфере пожарной безопасности // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2018. С. 462-468.
8. Ежов К. В., Беломутенко Д. В. Оценка риска для населения от чрезвычайных ситуаций, вызванных авариями на потенциально опасных объектах или стихийными бедствиями // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2018. С. 159-162.
9. Источкина М. В., Беломутенко Д. В., Беломутенко С. В. Особенности обеспечения пожарной безопасности на объектах образования и науки // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2013. № 1 (4). С. 133-136.
10. Belomutenko D. V., Istochkina M. V. Legal basis for the activities of rescuers // Applied and Fundamental Studies Proceedings of the 14th International Academic Conference. 2018. Pp. 160-163.

УДК 614.84:630+528.852

КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАК СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Карачихин С. В., *преподаватель*
Гончарова Я. Г., *преподаватель*
Гончарова А. Р., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены классификация лесных пожаров и методы их контроля. Изучены вопросы космического мониторинга Земли. Представлены требования к системе мониторинга для успешного выявления лесных пожаров. Рассмотрены технические возможности используемых для мониторинга спутников. Отражены особенности сбора, хранения и передачи информации. Отражена система обработки полученных данных.

Ключевые слова: *космический мониторинг, дистанционное зондирование Земли, авиалесохрана, пожароопасность, геоинформационные системы.*

Каждый год в России регистрируется до 35 тысяч лесных пожаров площадью до 2,5 млн га. За время пожароопасного периода, который длится 150-180 дней, каждый день приходится отслеживать около 1000 лесных пожаров [1].

Все лесные пожары чрезвычайно опасны в силу того, что к началу их локализации они успевают охватить большую площадь, из-за чего приходится привлекать большое количество техники. Также возникает угроза уничтожения близко расположенных населённых пунктов и объектов народного хозяйства. Помимо этого, возникает большое задымление и загазованность, которые могут перемещаться на значительные расстояния [1].

В качестве основных причин лесных пожаров можно назвать: деятельность человека, грозовые разряды, самовозгорание торфяной крошки. В большинстве случаев пожары в лесных массивах происходят по вине человека [1].

По площади все лесные пожары можно разделить на шесть классов: загорание (0,2-1 га);

- малый пожар (0,2-2,0 га);
- небольшой пожар (2,1-20 га);
- средний пожар (21-200 га);
- крупный пожар (201-2000 га);
- катастрофический пожар (более 2000 га).

Поэтому своевременное выявление очагов лесных пожаров критически важно. На данный момент существует большое количество средств обнаружения пожаров. Патрулирование может осуществляться как при помощи вездеходов, так и с помощью беспилотных лета-

тельных аппаратов. Однако данные средства имеют ряд недостатков, в частности авиапатрулирование не может осуществляться при плохих метеоусловиях, а возможности перемещения по земле ограничиваются внедорожными возможностями техники. Поэтому для мониторинга больших площадей целесообразно использовать искусственные спутники земли или космовизуальное наблюдение [7].

Охрана с помощью космических спутников направлена на решение следующих задач:

- Своевременное обнаружение очагов лесных пожаров с определением их координат и площади и последующей передачей данных потребителям.

- Мониторинг динамики развития ранее обнаруженных лесных пожаров для их полной ликвидации, наблюдение за направлением перемещения и скоростью движения пожара.

- Энергетическая диагностика кромки лесного пожара и оценка интенсивности тепловыделения.

- Наблюдение и последующее определение метеорологических параметров атмосферы.

- Оценка степени пожароопасности прилегающих к лесному массиву территорий.

- Получение данных о дымовых шлейфах и конвекционных колонках, образующихся при крупных лесных пожарах; определение степени и масштабов задымленности территории в районах лесных пожаров [7].

На всех спутниках есть инфракрасные сенсоры и в инфракрасном диапазоне хорошо видно открытый огонь, который светится в этом диапазоне яркой точкой. Таким образом, с помощью спутникового мониторинга можно определить некую аномалию, которая, с большой вероятностью может оказаться очагом пожара. К сожалению, если пожар маленький, то по спутниковым снимкам определить его размеры невозможно. В настоящее время используются системы, позволяющие проводить дешифровку данных о земной поверхности с различным разрешением. Чем выше разрешение, тем больше подробностей можно увидеть, и тем больше времени на дешифровку необходимо затратить. Среднее разрешение требует на дешифровку от часа до суток, высокое – от нескольких часов до месяца, а наиболее высокое – нескольких месяцев. Поэтому обычно используют наиболее оперативные данные, оставляя в резерве возможность при необходимости уточнить [7].

Обнаружение лесных пожаров должно осуществляться по всей площади лесного массива страны, ограниченной 45-72 градусами северной широты и 20-170 градусами восточной долготы общей площа-

дью 1180 млн га. Особое внимание необходимо уделять на территории, ограниченные 50-70 градусами северной широты и 30-70 градусами восточной долготы. Периодичность мониторинга лесного массива в пожароопасный период должна составлять не менее 1 часа в дневное время и не менее 2-3 часов в ночное время. Сведения о задымлённости исследуемой территории должна поступать не менее двух раз в сутки, информация о грозовой деятельности должна поставляться не менее трёх раз в сутки. Периодичность получения данных о районах с различными уровнями пожарной опасности составляет не менее одного раза в сутки. С такой же периодичностью должны изложены сведения о влажности лесного горючего материала. Вышеизложенные данные передаются на Землю посредством космического спутника. На данный момент на территории Российской Федерации функционирует космический аппарат «Канопус-В-ИК». Благодаря работе этого спутник обеспечиваются:

– наблюдение земной поверхности на обеих сторонах орбиты;

– обнаружение малоразмерных очагов пожара площадью 25 м^2;

– выявление подземных пожаров.

Аппарат имеет следующие технические особенности, выгодно отличающие его от других средств контроля:

– широкая полоса захвата, которая составляет 2000 км;

– круглосуточная работа – радиометр, применяемый в данном спутнике, осуществляет наблюдение за земной поверхностью на обеих сторонах орбиты, независимо от солнечной освещённости;

– фиксация фактического фронта пожара, что позволяет наиболее полно оценить пожарную обстановку;

– имеет два спектральных канала в тепловой области – средней и дальней, что с учётом чувствительности прибора позволяет круглосуточно наблюдать и обнаруживать даже небольшие тепловые очаги и аномалии.

Аппарат оснащён многоканальным радиометром среднего и дальнего инфракрасных диапазонов (МСУ-ИК-СРМ). Характеристики МСУ-ИК-СРМ:

– спектральные диапазоны: 3,5-4,1 мкм, 8,4-9,4 мкм;

– пространственное разрешение – 200 м;

– полоса захвата – 2000 км;

– эквивалентная шуму разность измеряемых температур в одном канале – менее 0,5 °К, во втором – менее 0,2 °К.

Данный спектрометр создаёт тепловые изображения поверхности Земли в спектральных каналах среднего и дальнего ИК-диапазонов [3].

Важно отметить, что для обнаружения малоразмерных лесных пожаров и при проведении оперативного мониторинга предъявляются высокие требования к периодичности зондирования Земли. Для этого необходима система из как минимум пяти спутников [3].

Подход к постановке задачи детектирования лесных пожаров должен выглядеть как классическая задача обнаружения объекта на местности.

Полученная информация, дополненная данными наземных и самолётных наблюдений, служит основой содержательной части геоинформационной системы. Геоинформационная система мониторинга лесных пожаров – компьютеризированная система сбора, хранения и передачи данных о состоянии пожарной обстановки в лесном массиве. Данная система позволяет анализировать полученные данные для эффективного применения в части управленческих, организационных и научных задач, связанной с лесной охраной [4].

Важнейшая задача геоинформационной системы – информационная поддержка процессов принятия решений в области охраны леса, направленная на развитие полученных знаний для последующей борьбы с пожарами, снижение материального ущерба.

Основой для работы ГИС является картографическая база данных, созданная в ходе космического наблюдения. Все эти данные используются для оценки пространственного распределения степени пожарной опасности на заданной территории. Существует также и дополнительная стационарная информация, к которой относятся координаты реперных точек или линий объектов. Полученные сведения используются системой для уточнения географической привязки спутниковых изображений [5].

Основой для обработки полученной информации служит прибор МСУ-МР (многозональное сканирующее устройство малого разрешения), используемый в спектральном диапазоне 3,929-3,989 мкм, получаемый в каналах 21 и 22. Детектированием пожаров занимается алгоритм MOD 14, определяющий на анализируемых спутниковых изображениях горячих точек в виде пикселей. Тут следует отметить, что в работе алгоритма могут возникать ошибки. Для решения данной проблемы сначала фильтруются гарантированно ошибочные значения, затем выделяются пиксели, которые покрывают водную поверхность и облачность. Оставшиеся пиксели и есть потенциальные горячие точки [6].

Для каждого пикселя осуществляется расчёт характеристик окружающего фона. Сперва из фона исключаются все пиксели, которые программа выделила как водные или облачные, затем из остав-

шихся точек создаётся высокотемпературная часть фона. После чего к выбранным точкам применяется ряд тестов. Успешное прохождение теста пикселем отмечается как горячая точка.

На последнем этапе каждая прошедшая тестирование точка проверяется на ложное срабатывание, которое может возникнуть вследствие высокой температуры подстилающей поверхности, бликов солнца и т. д.

После обработки данные о полученных точках возможных пожаров передаётся в Авиалесохрану, где информация проверяется дополнительно и в случае необходимости происходит организация тушения пожара.

ГИС «Авиалесохрана» максимально автоматизирована в части процессов обработки, хранения и передачи информации. Для приёма информации существуют два центра: ИСЗФ СО РАН и ИКИ РАН в г. Пушкино и г. Иркутске соответственно. Каждый центр может выступать как дублирующий в случае сбоев в передаче информации. Месторасположение данных неслучайно: в поле их видимости попадает практически вся территория Российской Федерации.

Обработка первичных данных осуществляется непосредственно в центрах. Данный способ позволяет избежать передачи информации между удалёнными пользователями. В случае необходимости возможно осуществление специализированной обработки для получения фрагментов по интересующим регионам.

Вся полученная информация передаётся на центральный сервер, располагающийся в г. Пушкино. Там полученные сведения становятся доступными для анализа. Диспетчер может управлять процессами обработки данных, определяя, по каким регионам нужно обработать и передать данные.

Организация приёма данных выглядит следующим образом. Первоначально полученные данные проходят входной контроль, а дальше распределяется по архивам:

Архив TLE архив предикт-телеграмм. Используется для расчета расписаний приема данных и для географической привязки спутниковых данных.

Архив телеметрии (АТ) архив исходной телеметрии, поступающей со спутников (первичные данные). В архиве телеметрии данные хранятся двое суток, после чего переносятся для долговременного хранения на магнитные ленты.

Данные для склеек облачности (ДС) архив данных, необходимых для построения карт облачности над всей территорией России. В архив поступают данные по зоне видимости станции приема, установ-

ленной в ИСЗФ. Данные поступают уже переведенные в картографическую проекцию в формате GIF. В архиве хранятся несколько последних поступивших данных.

Временный архив наблюдений (АН) архив данных наблюдений, которые поступают раз в сутки из Авиалесоохраны в виде текстовых файлов (список крупных лесных пожаров с их географическими координатами). Данные используются для наложения на результаты обработки спутниковых данных.

Подытоживая, стоит отметить, что контроль с помощью космического наблюдения очень эффективный способ предупреждения лесных пожаров. Дистанционное зондирование охватывает широкий спектр контроля: с помощью спутника достигается наблюдение практически всего лесного массива Российской Федерации, выявление даже малых очагов пожара, оценка степени пожароопасности.

Список использованной литературы

1. Гонгальский К. Б. Лесные пожары и почвенная фауна: научно-популярное издание. М: КМК, 2014. 173 с.

2. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в России. Итоги. Проблемы. Перспективы: аналит. обзор. Новосибирск, 2003. 135 с.

3. Коморовский В. С. Модели организации и управления при борьбе с лесными пожарами: монография. М: НИЦ Инфра-М, 2012. 120 с.

4. Пожарная безопасность: справочник / под ред. д-ра техн. наук проф. С. В. Собуря. Москва: ПожКнига, 2025. 308 с.

5. Собурь С. В. Пожарная безопасность объектов защиты класса Ф5: учебно-справочное пособие. Москва: ПожКнига, 2026. 472 с.

6. Евстафьев В. А. Конструирование космических аппаратов: учебное пособие. СПб., 2018. Ч. 1. 99 с.

7. Гущин В. Н. Основы устройства космических аппаратов: учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2003. 373 с.

8. Никулин А. О., Беломутенко Д. В. Применение информационно-аналитических технологий в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. Часть III. С. 243-245.

9. Чельдинова С. В., Источкина М. В. Использование спутникового мониторинга для оценки пожароопасной обстановки // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. С. 265-266.

10. Юдин А. С., Источкина М. В. Особенности использования беспилотных аппаратов при мониторинге ЧС на объектах транспортировки нефти и газа // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2020. С. 171-173.

УДК 614.84:911.375

АНАЛИЗ ОБСТАНОВКИ С ПОЖАРАМИ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯМИ В ГОРОДСКИХ ПОСЕЛЕНИЯХ

Колобанова Н. А., *канд. техн. наук, доцент*
Мануйленко И. А., *канд. с.-х. наук, доцент*
Селиверстов И. В., *старший преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Изучены сравнительные данные по числу пожаров, причинам их и обстоятельствам, последствиям различного характера за 2024-2025 гг., которые в перспективе могут учитываться в предложении профилактических мероприятий по снижению числа пожаров как техногенного, так и антропогенного характера.

Ключевые слова: *пожарная безопасность, профилактика пожаров, статистика пожаров, причины пожаров.*

Требования пожарной безопасности в Российской Федерации установлены законодательством, нормативными документами или уполномоченными государственными органами. Эти требования представляют собой особые социальные и/или технические условия, направленные на обеспечение пожарной безопасности.

Ключевыми проблемами пожарной безопасности являются:

- неосторожное обращение с огнем;
- непринятие мер предосторожности для предотвращения возгорания сухой травы и деревьев, а иногда граждане намеренно поджигают мусор и траву;
- недостаточная защита населения, общин и социальных институтов;
- отсутствие своевременного контакта с огнем (воспламенение).

МЧС России опубликовало анализ пожарной обстановки за 2025 год.

Количество пожаров: зафиксировано снижение на 8,7 %. Всего в России произошло 317 311 пожаров (в 2024 году – 347 442).

Гибель людей: показатель сократился на 13,9 %. Жертвами огня стал 6 521 человек (в 2024 году – 7 575).

Травматизм: количество травмированных уменьшилось на 4,5 %. Получили травмы 7 966 человек (в 2024 году – 8 345).

Спасено 22 691 человек, эвакуировано 183 088 человек (-8,2 % и -8,8 % соответственно).

Однако на фоне позитивной социальной статистики наблюдается негативный экономический тренд. Зарегистрированный прямой материальный ущерб вырос на 15,2 %, составив 22,8 млрд рублей (против 19,8 млрд руб. в 2024 году). Таким образом, средняя «стоимость» одного пожара для экономики страны возросла.

Отдельного внимания заслуживает статистика по несовершеннолетним. В отчете зафиксировано значительное снижение смертности детей на пожарах – на 22,4 %.

В абсолютных цифрах потери сократились с 380 (в 2024 году) до 295 детей в 2025 году. Положительная динамика в данной возрастной группе оказалась наиболее выраженной и существенно опережает темпы снижения общей смертности.

Структурный анализ мест возникновения пожаров показывает, что по количеству инцидентов лидируют открытые территории (горение травы, мусора) – 59,4 % от всех случаев. Однако основная гибель людей происходит в зданиях и сооружениях (40,6 % случаев).

Жилой сектор остается зоной основного риска. Здесь произошло 99 128 пожаров.

- Наибольшее число жертв (3 257 человек) зафиксировано в одноквартирных жилых домах.

- В многоквартирных домах погибло 1 914 человек.

Департамент приводит разбивку погибших по социальному статусу, которая позволяет определить наиболее уязвимые группы населения.

- Пенсионеры составляют 35,5 % от общего числа погибших (2 318 человек).

- Лица без определенного рода занятий 20,3 % (1 326 человек).

- Рабочие составляют 432 человека в структуре погибших [3].

Основные выводы: большинство пожаров произошло в выходные дни (суббота, воскресенье); основные причины: неосторожное обращение с огнём и аварии в электросетях; самые опасные часы – с 20:00 до 6:00 (почти половина всех погибших). Особое внимание – жилому сектору: на него приходится более 90 % всех смертей на пожарах [2].

Основными факторами гибели людей на пожарах в России являются состояние алкогольного (наркотического) опьянения и неосторожность при курении, несмотря на значительное снижение числа погибших в последние годы от данных факторов. Получение человеком вреда здоровью от пожара было связано с травмой или отравлением. Людские жертвы на пожаре являются его главными тяжкими последствиями. Уместно заметить, что основными причинами гибели людей при пожарах являются отравление токсичными продуктами горения (около 70 %) и воздействие высокой температуры при пожаре (около 5 %).

Основными причинами пожаров и смертельных исходов часто являются неосторожное обращение с огнем, несоблюдение правил пожарной безопасности при использовании электроприборов и непра-

вильное освещение кухонной утвари. Для решения этой проблемы городским администрациям следует принять противопожарные меры для стабилизации ситуации:

- Просмотр правил пожарной безопасности, инструкций и проектной документации.

- Справочные материалы постоянно доступны на стойке информации.

- Комитет по пожарной безопасности и чрезвычайным ситуациям организует обсуждения и встречи по вопросам пожарной безопасности с директорами школ и сотрудниками пожарной охраны.

- Регулярные инспекции и оценки рисков уделяют особое внимание соответствующим жилым зданиям. В ходе регулярных проверок особое внимание будет уделяться домам, находящимся в плохом состоянии, и домам, принадлежащим социально незащищенным группам населения [1].

В городской местности зарегистрировано 165 459 пожаров (АППГ – 187 721, – 11,9 %), на которых погиб 3 331 человек (АППГ – 3 792, – 12,2 %), в том числе 152 несовершеннолетних (АППГ – 150, 1,3 %), получили травмы 5 172 человека (АППГ – 5 486, – 5,7 %). Статистика пожаров и пострадавших в городской местности в 2024-2025 гг. представлена на рисунке 1. Обстановка с пожарами по группам объектов в городской местности представлена на рисунке 2.



Рисунок 1 – Статистика пожаров и пострадавших в городской местности в 2024-2025 гг.

Основными причинами пожаров в городской местности являются [4]:

1. Неосторожное обращение с огнем – 103 914 пожаров (АППГ – 123 703, – 16,0 %), в том числе:

- неосторожное обращение с огнем при курении – 31 373 (АППГ – 40 814, – 23,1 %);

- детская шалость – 905 (АППГ – 1 088, – 16,8 %).

2. Аварийный режим работы электрических сетей и оборудования – 32 268(АППГ – 33 921, – 4,9 %).

3. Нарушение правил устройства и эксплуатации печного оборудования – 7 649 (АППГ – 8 355, – 8,5 %).

4. Поджог – 8 124 (АППГ – 8 624, – 5,8 %).

5. Нарушение правил устройства и эксплуатации транспортных средств – 5 604 (АППГ – 5 930, – 5,5 %).

6. Иные причины – 7 900 (АППГ – 7 188, – 9,9 %).

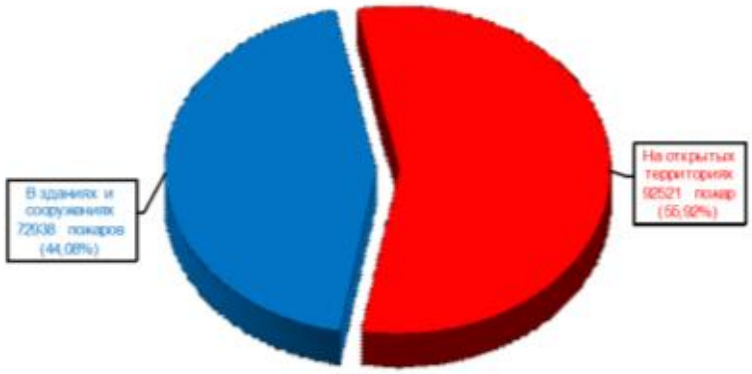


Рисунок 2 – Обстановка с пожарами по группам объектов в городской местности

Городские пожары, в отличие от лесных, куда более опасны по своей природе. Проблема в том, что здесь речь идет не только о растительности, но и о зданиях, которые становятся топливом для огня. Когда одна постройка вспыхивает, она служит источником радиационного тепла, способного зажигать соседние дома, а их архитектура и плотность застройки лишь ускоряют этот процесс. Таким образом, огонь, который был локализован на одном объекте, легко распространяется по соседним зданиям, словно эффект домино.

Один из ключевых факторов – это плотность застройки. Чем более сжата застройка, тем быстрее пожар может захватить несколько домов подряд. Здесь работает принцип радиационного нагрева: высокая температура от горящего здания «передаёт» тепло соседним зданиям. Например, в тестах, проведённых Институтом страхования для бизнеса и домовладельцев в Тэмпе, было показано, что достаточно пары метров между строениями, чтобы огонь мог легко «перепрыгнуть» с одного объекта на другой.

Другим важным фактором является архитектура зданий. В большинстве современных домов и районов активно используются такие материалы, как пластик, композиты, синтетические покрытия и даже открытые деревянные элементы [4]. Все эти материалы значи-

тельно ускоряют процесс горения, особенно если не принимаются дополнительные меры по защите конструкций от огня. К тому же в условиях высокой плотности застройки, даже наличие одного легковоспламеняющегося объекта может повлечь за собой цепочку событий, в ходе которых огонь переходит от здания к зданию.

Однако тут также важно учитывать еще один аспект – поведение огня в городе. В отличие от открытого пространства, где огонь контролируется ветром и природными барьерами, в городах пламя может зажигать новые очаги гораздо быстрее, поскольку отсутствуют такие препятствия, как густая растительность или перепады ландшафта. Если рассматривать, например, тот же Лос-Анджелес, то уязвимость района заключается в том, что дома стоят на крутых склонах, где даже небольшие пожары способны катастрофически быстро охватить территорию.

Безусловно, решение проблемы невозможно без комплексного подхода. И здесь речь не только о защите отдельных домов, но и обо всей инфраструктуре на стыке «город-природа».

Для решения проблемы городских пожарных бурь необходимо не просто принять отдельные меры, а разработать целый комплекс стратегий, охватывающих не только строительные технологии, но и социальные, экономические и экологические аспекты. Этот процесс требует вовлеченности разных специалистов, а также готовности к изменениям на уровне городского управления и государственной политики.

Рассмотрим несколько направлений, способных помочь минимизировать риски и сдержать катастрофы такого масштаба.

1. Пересмотр градостроительных норм и стандартов.

В первую очередь необходимо учитывать, что без изменения самих принципов застройки в зонах повышенного риска городские пожары будут лишь возрастать. Учитывая климатические изменения, многие города в мире, особенно в таких регионах, как Южная Калифорния или даже Краснодарский край в России, могут столкнуться с подобными проблемами в будущем. Застройка на границе лесов и полей – это всегда зона повышенного риска. Мы уже видим, как в этих районах разрушительные пожары поглощают целые кварталы.

Разработка новых градостроительных стандартов, где будут чётко разграничены зоны для строительства, особенно в местах, где природная флора может легко воспламеняться. Стоит увеличить минимальное расстояние между зданиями, а также между жилыми и хозяйственными постройками. Это снизит возможность «цепной реакции» в случае возгорания.

Развитие концепции устойчивого города. Существуют принципы, при которых города проектируются с учётом экосистемных рисков. Например, использовать природные барьеры, такие как зоны зелёных насаждений, не только для эстетики, но и как защиту от распространения огня. Зеленые полосы, в которых растительность подбирается по принципу «огнестойкости», могут играть роль буферных зон.

Строительные материалы. Принудительное использование огнеупорных материалов, как для внешних фасадов, так и для кровли. Например, многоквартирные дома должны иметь огнеупорные покрытия, а в частных домах должны применяться огнестойкие окна и двери. Это требует новых строительных стандартов и обязательного контроля за их соблюдением [9].

2. Инфраструктура защиты и раннего предупреждения.

Для предотвращения катастрофических последствий важнейшую роль сыграет создание систем раннего предупреждения и развёртывание активных систем защиты. Они должны работать в тандеме с муниципальными и государственными органами, а также с пожарными службами.

Создание систем раннего предупреждения и мониторинга. Для эффективного предупреждения возгораний в зонах с высоким риском необходимо внедрять новые технологии мониторинга. Это могут быть системы, отслеживающие уровень влажности, скорости ветра и другие факторы, способствующие распространению огня. Вдобавок, важно развертывание спутниковых технологий для мониторинга состояния растительности.

Автоматизированные системы тушения. В идеале, должны появиться системы активного тушения огня на уровне микрорайонов. Например, установки, которые смогут орошать здания в случае возникновения угрозы. Это могут быть даже небольшие автономные устройства, установленные на крыше, которые могут распылять воду или специальные огнезащитные вещества в случае попадания искры или повышенной температуры.

Системы оповещения населения, которые будут не только информировать жителей о возможной угрозе, но и организовывать безопасные маршруты эвакуации. Информация о чрезвычайной ситуации должна поступать не только через телевидение или интернет, но и через мобильные приложения, создавая возможность для быстрого реагирования в экстренных ситуациях [7].

3. Пожарная безопасность на уровне каждого дома и квартала.

Одним из самых эффективных способов уменьшить ущерб от таких катастроф будет внедрение индивидуальных стандартов безопасности. Это в первую очередь касается частных домов и многоэтажных зданий. Зачастую профилактика значительно снижает вероятность того, что огонь распространится на весь квартал.

В частных домах должны быть обязательными системы раннего обнаружения огня и автоматического тушения. Для многоэтажных домов – спринклерные системы, а также усиленная огнезащита конструкций, включая дверные и оконные проёмы. Современные технологии позволяют сделать это доступным и относительно недорогим.

Важнейший элемент – это создание «пожарной безопасности» вокруг зданий. Речь идет о том, чтобы в радиусе определённого расстояния от дома не было высоких деревьев или других легко воспламеняющихся объектов. Это может быть реализовано через обязательное уничтожение сухостойных деревьев и травы, а также установку огнестойких заборов.

4. Социальные аспекты: образование и подготовка.

Конечно, ни одна техника не спасёт, если люди не будут понимать риски, связанные с городскими пожарами, и не будут готовы к действию в случае чрезвычайной ситуации. Важнейшая роль в решении проблемы – это образование и подготовка местных жителей [8].

В школах и вузах необходимо внедрять образовательные программы по безопасному поведению в условиях чрезвычайных ситуаций. Жители должны понимать, как действовать, если пожар начнётся в их районе. Знания о том, как правильно эвакуироваться, как заранее подготовить дом к возможному возгоранию, и какие действия предпринимать в условиях огня, могут сыграть решающую роль.

Важно, чтобы городские власти поддерживали местные инициативы, которые помогают повысить общую осведомленность. Соседские объединения могут стать важным звеном в создании системы готовности и защиты. Программы, ориентированные на профилактику и совместные усилия по защите своей территории, способны повысить общую эффективность системы.

5. Инвестиции в научные исследования и разработки.

Технический прогресс и научные исследования должны играть ключевую роль в решении проблемы городских пожаров. Необходимо инвестировать в разработку новых материалов, технологий защиты зданий, а также в модели, которые помогут предсказать распространение огня в условиях урбанизированной среды.

Разработка новых огнестойких материалов, более эффективных систем мониторинга и тушения – это задачи, которые должны быть профинансированы на государственном уровне. Важно внедрять практики строительства, которые не только учитывают угрозу огня, но и изменяющийся климат.

Для прогнозирования распространения огня в урбанистических районах необходимы сложные компьютерные модели, которые могут смоделировать поведение огня с учётом плотности застройки, материалов, погоды и других факторов. Эти данные могут быть использованы для создания более точных планов эвакуации и защиты.

Решение проблемы городских пожарных бурь требует комплексного подхода и работы на нескольких уровнях: от изменений в градостроительных нормах до внедрения новых технологий и социальных инициатив. Безусловно, необходимы значительные вложения и время, чтобы адаптировать города к новым климатическим условиям и сделать их устойчивыми к таким катастрофам. Но если этого не сделать, то подобные трагедии будут происходить всё чаще, а масштабы разрушений станут катастрофическими [5].

Для решения проблем обеспечения пожарной безопасности необходимы более активная профилактическая деятельность органов Государственного пожарного надзора, создание оперативных зон, обслуживаемых добровольными пожарно-спасательными формированиями, а также формирование у населения активной жизненной позиции и культуры пожарной безопасности [6].

Список использованной литературы

1. Аксенов С. Г. К вопросу о пожарной безопасности сельских поселений // Научный аспект. 2024. № 5. https://na-journal.ru/5-2024-tekhnosfernaya-bezopasnost/13166-k-voprosu-o-pojarnoi-bezopasnosti-selskih-poselenii

2. Анализ обстановки с пожарами и последствиями на территории РФ за 2025 год. https://propb.ru/news/analiz-obstanovki-s-pozharami-i-ikh-posledstviyami-na-territorii-rf-za-2025-god

3. Итоги 2025 года: пожаров стало меньше, а ущерб вырос. Детальный разбор статистик. https://dzen.ru/a/aYeekGDA6Q2dM40S

4. Колобанова Н. А., Колобанов Н. С. Современные проблемы пожарной безопасности // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 322-326.

5. Почему пожары быстро распространяются в современных городах и как этому противостоять. https://www.ixbt.com/live/flora_and_fauna/pochemu-pozhary-bystro-rasprostranyayutsya-v-sovremennyh-gorodah-i-kak-etomu-protivostoyat.html

6. Евдокимов В. И., Сибирко В. И., Мухина Н. А., Фархатдинов Р. А. Риски гибели и вреда здоровью городского и сельского населения России при пожарах (1996–2015 гг.) // Мед.-биол. и соц.-психол. проблемы безопасности в чрезв. ситуациях. 2016. № 4. С. 5-20.

7. Песков А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Правовые аспекты деятельности аварийно-спасательных формирований и органов местного самоуправления по защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 276-282.

8. Гончарова А. Р., Пузикова А. А., Илюшина А. Е. Анализ эффективности системы оповещения при пожарах // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2025. С. 27-32.

9. Амчеславский О. В., Никулин А. О. Поведение строительных материалов в условиях пожара // Наука и молодежь: Новые идеи и решения: материалы XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2019. С. 237-239.

10. Песков А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Использование современных технологий в системе МЧС РФ // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2023. С. 215-220.

УДК 614.8+502.17

ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ С ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОЗИЦИЙ

Колобанова Н. А., *канд. техн. наук, доцент*
Мануйленко И. А., *канд. с.-х. наук, доцент*
Селиверстов И. В., *старший преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены вопросы антропогенного воздействия на окружающую среду. Определены виды и категории загрязнений и количественные показатели. Рассмотрены термохимические процессы в биосфере и их последствия. Определено влияние химизации техносферы на геохимический облик всей экосферы, предложены мероприятия по снижению катастрофических последствий экологического кризиса.

Ключевые слова: *техносфера, техногенез, загрязнения окружающей среды, химизация атмосферы, техногенные эмиссии, экологическая опасность.*

Современная биосфера находится под массированным антропогенным воздействием. Это воздействие осуществлялось на протяжении значительной части человеческой истории, но в течение последних двух столетий (эпоха индустриальной цивилизации) многократно усилилось и привело к существенным количественным и качественным изменениям биосферы. Человеческая цивилизация обусловила появление на планете новой глобальной материальной системы в виде многослойной насыщенной сферы искусственно созданных объектов. Люди активно расширяют свою экологическую нишу, создавая техносферу – глобальную совокупность продуктов технической цивилизации.

В 1922 г. академик А. Е. Ферсман назвал техногенезом процессы изменений поверхности Земли под влиянием производственной деятельности людей. Позднее Р. К. Баландин (1982) расширил понятие техногенеза и его производное обозначил как техносферу [1].

Техносфера – это планетарное пространство, находящееся под воздействием инструментальной и технической производственной деятельности людей и занятое продуктами этой деятельности.

Техносфера сформировалась в процессе нескольких тысячелетий техногенеза. К ней в равной мере относятся и первый костер, зажженный человеком, и Чернобыль, дротик первобытного охотника и баллистические ракеты, египетские пирамиды и небоскребы Манхэттена, оросительные каналы шумеров и Асуанская плотина, идолы острова Пасхи и статуя Свободы в Нью-Йорке.

Техносфера представляет собой совокупность искусственных объектов, которые созданы целенаправленной деятельностью человека, и природных объектов, измененных этой деятельностью.

Совокупность инженерно-технических процессов в земной коре, гидросфере, атмосфере и ближнем Космосе, научных и технических достижений, позволяющих человеку использовать природные ресурсы и изменять состояние среды жизни, а также перестройка биосферы и создание новой планетной оболочки (техносферы), где господствует человечество как геологическая сила, т. е. все, что связано с производственной деятельностью человека, называют техногенезом. Созданные в процессе техногенеза или возникшие как его побочный результат искусственные (техногенные) вещества, включая вышедшую из строя технику, оказывающие определенные воздействия на среду обитания организмов, называют техногенной продукцией.

Техногенез выступает как материальное слагаемое истории человечества. С экологической точки зрения это последний по времени этап эволюции, обусловленный деятельностью человека и вносящий в природу Земли вещества, силы и процессы, которые, в конечном счете, изменяют и нарушают равновесное функционирование биосферы и замкнутость биотического круговорота.

В «Экологическом энциклопедическом словаре» техносфера определена как часть биосферы, разрушенная и коренным образом преобразованная людьми с помощью прямого или косвенного воздействия технических и техногенных объектов (здания, дороги, механизмы, предприятия и т. п.) в целях наилучшего соответствия социально-экономическим (но не экологическим) потребностям человечества [10].

Однако называть техносферу частью биосферы можно только в ограниченном смысле. Действительно, техносферу создал человек – порождение биосферы. Техносферой занято значительное пространство, принадлежавшее ранее биоте биосферы. Человек взял под контроль и, по существу, включил в состав техносферы несколько сотен видов растений и животных. Однако значительная часть современной

техносферы – это совершенно новое неприродное образование, генетически не связанное с законами биосферы. В целом техносфера – грандиозный артефакт.

Бондарев подразделяет техносферу на несколько подсистем – субсфер [6, 7]:

•субсфера «А» (артефакты) – все продукты и производные человеческого труда;

•субсфера «Т-1» – все виды топлива;

•субсфера «Т-2» (технолиты) – элементы техногенного рельефа: карьеры, шахты, каналы, насыпи, плотины и т. п.;

•субсфера «П» – пища, в том числе непосредственно контролируемые и используемые человеком растения и животные;

•субсфера «О» – отходы.

Кроме такого деления в веществе техносферы можно выделить техническое вещество – активно функционирующую часть средств производства, т. е. совокупность действующих инструментов, станков, машин, механизмов, аппаратов, топок, реакторов и т. п. А всю остальную, неактивную массу техносферы – здания, сооружения, коммуникации, скопления извлеченных пород и отходов производства и потребления, техногенные эмиссии и т. д. – можно обозначить как техногенное вещество. Масса техногенного вещества к настоящему времени достигла колоссальной величины – $8{,}5 \cdot 10^{12}$т, что почти в 1,5 раза больше массы биоты биосферы. Хотя техносфера, несомненно, планетарное явление, техномасса распределена крайне неравномерно. Почти 90 % ее сосредоточено в районах селитебного и горнопромышленного освоения, занимающих более 7 млн км^2 (5 % площади суши). Однако техногенными влияниями – эмиссиями и потоками веществ, энергии и информации – охвачено практически все пространство планеты. Наиболее серьезные проблемы связаны с потреблением биоресурсов, энергетикой и промышленным производством.

Ежегодное изъятие около 10 Гт сухого вещества биомассы в виде сельхозпродукции, древесины и морепродуктов составляет почти 5 % продукции фотосинтеза на суше. Но, кроме этого, за счет антропогенного уменьшения биомассы и продуктивности естественных экосистем, замещения их агроценозами, вырубки лесов, опустынивания, техногенной деградации и т.п. человек косвенно переводит в антропогенный канал еще 7-10 % первичной продукции экосистем суши, в целом снижая продуктивность земной биосферы примерно на 10-12 %. Именно это расценивается как основное вмешательство человека в природные процессы [2].

Общая масса отходов современного человеческого хозяйства и продуктов техносферы (за исключением простых газообразных веществ, участвующих в обмене кислорода, азота и паров воды) составляет не менее 140 Гт в год. Это количество распределяется между водоемами, воздухом и поверхностью земли приблизительно в соотношении 1:2:6.

Все отрасли техносферы потребляют огромное количество воды – около 5000 км^3/год. Оно соответствует почти 1/5 объема влаги, вводимой в планетарный круговорот транспирацией всех растений суши. Скорость оборота воды в техносфере во много раз больше, чем в биосфере [7].

С учетом потребляемого воздуха и добываемого природного газа техносферный газообмен составляет более 150 тыс. км^3/год, что превышает 1/4 биосферного газообмена. Почти такое же соотношение существует между выделением техногенной теплоты и годовым протоком энергии фотосинтеза. Таким образом, к концу XX столетия человечество на 20-25 % увеличило обмен веществ и энергии на планете.

Очень серьезно вмешательство техногенеза в биосферный обмен органических веществ. По закону распределения деструкции вновь образованного органического вещества между разными группами гетеротрофных организмов для крупных консументов допустимо изъятие не более 1 % ежегодной продукции биосферы («правило одного процента»). Человек, ставший самым мощным в природе конечным консументом, во много раз, почти на порядок, превысил естественный норматив [9].

Наиболее ощутимым в смысле воздействия на среду обитания человека и достаточно хорошо изученным можно считать загрязнение окружающей среды. Оно непосредственно связано с научно-техническим прогрессом и отражает негативные для природы аспекты этого прогресса, последствия антропогенной деятельности.

Существенная опасность антропогенного фактора нашего времени – внесение в круговорот веществ, несвойственных природе, разрывающих замкнутый цикл или искажающих процесс круговорота веществ. Вредные воздействия могут происходить не только от введения в круговорот чуждых природе веществ (яды, убивающие редуценты, вредное воздействие на развитие продуцентов, разрыв в цепи консументов и т. д.), но и введение в круговорот энергий, количественно несвойственных природе в целом или конкретному сезону.

Загрязнение окружающей среды – это любое внесение в ту или иную экологическую систему не свойственных ей живых или неживых компонентов, физических или структурных изменений, прерыва-

ющих или нарушающих процессы круговорота и обмена веществ, потоки энергии и информации с непременными последствиями в форме снижения продуктивности или разрушения данной экосистемы.

Загрязнение можно рассматривать как более или менее обратимое изъятие какой-либо части окружающей среды (чистой воды, чистого воздуха, возделанной земли, продуктов питания, полноценных биологических сообществ) и, в связи с этим лишения какой-то части здоровья и благополучия людей.

Академик А. В. Сидоренко указывает три основные причины загрязнения и разрушения окружающей среды и истощения природных ресурсов в результате антропогенной деятельности: 1) из-за простого нарушения количественного равновесия между потребностью в природных ресурсах и фактическим их изъятием из естественного круговорота; 2) из-за чрезмерного техногенного воздействия на природную среду, превышающего критические пороги антропогенной нагрузки на данный природный комплекс; 3) из-за игнорирования или нарушения экологических принципов в извлечении и воспроизводстве природных ресурсов [5].

Разнообразные виды вмешательства человека в естественные процессы в биосфере можно сгруппировать по следующим категориям загрязнений:

- ингредиентное загрязнение, или внесение химических веществ, которые количественно или качественно чужды естественным системам;
- параметрическое (физическое) загрязнение, связанное с изменением качественных параметров окружающей среды (к нему относят тепловое, звуковое, шумовое, радиационное, световое, электромагнитное);
- биоценотическое загрязнение, которое заключается в воздействии на состав и структуру популяций живых организмов, населяющих экосистему;
- стациально-деструкционное загрязнение, представляющее собой изменение ландшафтов и экологических систем в процессе природопользования, обусловленном интересами человека.

Выбросы в окружающую среду классифицируются по агрегатному состоянию и по массовому выбросу. По агрегатному состоянию различают газо- и парообразные, жидкие, твердые и смешанные выбросы, По массовому выбросу выделяют шесть групп: менее 0,01; 0,01-0,1; 0,1-1,0; 1,0-10; 10-100; свыше 100 т/сутки.

По своему происхождению промышленные загрязнения могут быть механическими, химическими, физическими и биологическими [3].

Механические – пыль в воздухе, твердые частицы и разнообразные предметы в воде и почве.

Химические – всевозможные газообразные, жидкие и твердые химические соединения и элементы, попадающие в атмосферу и гидросферу и вступающие во взаимодействие с окружающей средой.

Биологические – это виды организмов, появившиеся при участии человека и наносящие вред ему или живой природе.

Источники загрязнений окружающей среды подразделяются на сосредоточенные (точечные) и рассредоточенные. К точечным относятся дымовые и вентиляционные трубы, шахты и т. п., к рассредоточенным – фонари цехов, ряды близко расположенных труб, открытые склады и т. п. Источники загрязнения могут быть также непрерывного и периодического действия.

Отрицательно влияя на окружающую среду, загрязнения, в свою очередь, могут подвергаться определенному воздействию окружающей среды. По этому важному с экологической точки зрения признаку различают стойкие (неразрушимые) загрязнения и разрушаемые под действием природных химико-биологических процессов.

Загрязнение можно считать комплексом «помех» в экосистемах, которые воздействуют на потоки вещества, энергии и информации в пищевых (энергетических) цепях. При этом, в отличие от естественных, антропогенные «помехи» часто ведут не к отбору наиболее приспособленных особей, а к массовому вымиранию организмов.

Источниками большей части техногенных эмиссий загрязнений являются термохимические процессы в энергетике – сжигание топлива, а также связанные с ним термические и химические процессы и утечки, определяющие при этом эмиссию углекислого газа, паров воды и теплоты.

Сопутствующие реакции, определяющие эмиссию других загрязнителей, связаны с содержанием примесей в топливе, термоокислением азота воздуха и вторичными реакциями, происходящими уже в окружающей среде. Все перечисленные реакции сопровождают работу тепловых станций, промышленных печей, двигателей внутреннего сгорания, газотурбинных и реактивных двигателей, процессы металлургии, обжига минерального сырья и т. п. Энергетика, причем не только атомная, помимо химического и теплового является также источником радиационного и других видов загрязнений.

Указанные процессы обусловливают до 85 % химического загрязнения атмосферы, до 35 % наиболее токсичного загрязнения поверхности земли и поверхностных вод, а также частично радиационное загрязнение. Наибольший вклад в энергетически зависимое загрязнение среды вносят теплоэнергетика и транспорт. Электростанция мощностью 1000 МВт, работающая на угле, ежегодно выбрасывает в атмосферу 36 млрд $м^3$ отходящих газов, 100 млн $м^3$ пара, 360 тыс. т золы и 5 млн $м^3$ сточных вод с содержанием примесей от 0,2 до 2 г/л.

Кроме указанных веществ, в твердых, жидких и газообразных отходах ТЭС содержатся углеводороды, сульфаты, хлориды, фосфаты, фтористые соединения, соли тяжелых металлов. В среднем в топливной теплоэлектроэнергетике на одну тонну условного топлива приходится до 150 кг загрязнителей воздуха, воды и земли (не считая CO_2 и паров воды). Всего ТЭС мира выбрасывают за год около 700 млн т загрязнителей различных классов опасности, в том числе около 400 млн т аэрополлютантов. Данный уровень почти не изменился за последние 20-25 лет несмотря на то, что мощность энергетики за то же время увеличилась на 35 %. Это достигнуто благодаря существенному снижению общей токсичности выбросов в Европе и Северной Америке.

Зато уровень загрязнения, связанный с эксплуатацией автотранспорта, возрос, так как число автомобилей в мире росло быстрее, чем совершенствовались двигатели и устройства очистки выхлопных газов. Число двигателей внутреннего сгорания в мире близко к 1,2 млрд единиц. Около 900 млн из них – это двигатели автомобилей. Остальное количество относится к другим видам транспорта. Более 82 % автопарка приходится на легковые автомобили. Из 3,3 млрд т нефти, добываемой в мире, почти 1,6 млрд т (48 %) используется всеми видами транспорта, в том числе 1,35 млрд т – легковыми автомобилями.

Обмен веществ автомобиля с карбюраторным двигателем при расходе горючего в смешанном режиме движения 6 кг на100 км таков: при оптимальной работе двигателя сжигание 1 кг бензина сопровождается потреблением 13,5 кг воздуха и выбросом 14,5 кг отработанных веществ. В выхлопе современного автомобиля регистрируется до 200 индивидуальных веществ. Общая масса загрязнителей – в среднем около 270 г на 1 кг сжигаемого бензина – составляет в пересчете на весь объем горючего, потребляемого за год легковыми автомобилями мира, около 360 млн т. Кроме соответствующего количества окиси углерода, твердых частиц, окислов азота часть общей массы загрязнителей составляют опасные полициклические ароматические углеводороды и тяжелые металлы.

Следует также иметь в виду, что в практике эксплуатации автотранспорта весьма значительны разливы и утечки горючего и масел, образование металлической, резиновой и асфальтовой пыли, вредных аэрозолей. Суммарная токсичность эмиссий в расчете на единицу потребляемой энергии у автотранспорта в 1,5 раза больше, чем у стационарной энергетики. И как бы ни совершенствовался за счет технических новинок современный суперлимузин, он все больше становится морально вырожденным техническим анахронизмом.

Большое количество загрязнителей атмосферы образуется при различных производственных процессах в черной и цветной металлургии, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, химии и нефтехимии, машиностроении.

Масштабы загрязнения территории или акватории каким-либо источником определяются многими факторами, среди которых ключевыми являются мощность источника, состав эмиссии, подвижность транспортирующей среды и другие внешние условия рассеяния.

Количественная оценка глобального загрязнения. Общая масса отходов современного человечества и продуктов техносферы составляет около 140 Гт/год, из которых около 9 Гт – это масса изделий, или так называемый «отложенный отход». Таким образом, в среднем на одного жителя планеты приходится более 22 т всех техногенных эмиссий в год. Из 131 Гт отходов около 2,5 Гт (не считая воды) приходится на нетто-выделения всех людей, а 128 Гт «чисто техногенных» отходов распределяются следующим образом: 32 Гт (25 %) выбрасываются в атмосферу, 14 Гт (11 %) сливаются со стоками в водоемы, 82 Гт (64 %) попадают на поверхность земли. К этим количествам добавляется и часть «отложенных отходов» – некоторая масса (порядка 2 Гт/год) быстро расходуемых продуктов и изделий в виде мусора, удобрений, средств защиты растений и т. п. [4].

Преобладающая масса техногенных материалов, оказывающихся на поверхности земли и в донных отложениях водоемов, химически инертна. В основном это отходы добывающих отраслей производства, формирующие отвалы пустой породы, терриконы, золо- и шлакоотвалы. Как правило, их не считают загрязнителями, хотя они занимают много места, нарушают природные ландшафты и являются вторичными источниками загрязнения воздуха и природных вод. Объемы этих отходов настолько велики, что даже при малых концентрациях в них токсичных примесей суммарно окружающая среда получает огромное количество опасных веществ.

По различным экспертным оценкам, общая масса техногенных эмиссий, относимых к разным классам опасности, составляет от 5 до 8 Гт в год, т. е. примерно от 0,8 до 1,3 кг на каждого жителя Земли. Это и есть минимальная оценка глобального химического загрязнения.

По относительно стабильным концентрациям на земле, в континентальных водоемах и приземных слоях воздуха массы токсичных загрязнителей распределяются в соотношении 3:2:1.

Химизация техносферы достигла к настоящему времени таких масштабов, которые заметно влияют на геохимический облик всей экосферы. Общая масса производимых продуктов и химически актив-

ных отходов химической и нефтехимической промышленности мира (вместе с сопутствующими производствами) превысила 1,5 Гт/год. Почти все это количество может быть отнесено к загрязнителям. Но дело не только в общей массе (масса эмиссий в ряде других отраслей значительно больше, чем в химии), но и в числе, разнообразии и токсичности производимых веществ. В мировой химической номенклатуре значится более 10 млн индивидуальных веществ; ежегодно их число возрастает на несколько тысяч. В заметных количествах производится и предлагается на рынке более 100 тыс. веществ, а в массовых масштабах производится около 5 тыс. Суммарный объем мирового производства минеральных удобрений, серной, соляной и азотной кислот, аммиака, каустической и кальцинированной соды, пластмасс, синтетических смол и каучука, химических волокон и нитей достиг 500 млн т в год. Однако подавляющее большинство производимых и используемых веществ не оценены с точки зрения их токсичности и экологической опасности.

Обобщая вышеизложенную информацию, можно утверждать, что техногенная нагрузка на атмосферный воздух, почвы, воды приняла критические масштабы, что может привести к глобальной катастрофе уже к середине XXI века. В настоящее время обеспечение экологической безопасности невозможно без системного подхода к природным и техническим системам. Сам ход эволюции вынуждает человечество принять осознанное решение – прекратить движение по техносферному пути уничтожения природы, а вместе с ней и человека, и перейти на путь экологического развития.

Глобальный экологический кризис зашел уже так далеко, что катастрофические последствия его практически неизбежны, и речь может идти лишь об их смягчении. Решение проблемы – внедрение экологичных технологий, контроль за выбросами, переработка отходов и планомерное восстановление почвы. Прекращение и предотвращение разрушительных антропогенных воздействий на Землю – это задача, которая стоит перед всем человечеством, только совместными усилиями мы можем сохранить нашу планету для будущих поколений.

Список использованной литературы

1. Букша С. Б. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие для курсантов. Керчь, 2022. 197 с.

2. Энергетика и биологическая продуктивность https://www.botsad.ru/menu/activity/articles/moskalyuk-t/biogeocenologiya/lekciya-13/

3. Петряков С. Н., Павлушин А. А. Инженерное обеспечение экологической безопасности: краткий курс лекций. Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2019. 284 с.

4. Акимова Т. А., Кузьмин А. П., Хаскин В. В. Экология. Природа – Человек – Техника: учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 343 с.
5. Денисов В. В., Денисова И. А., Гутенев В. В. Основы инженерной экологии: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. 623 с. https://znanium.com/catalog/product/912450
6. Бондарев В. П. Техносфера как объект научного интереса // Науковедческие исследования. 2022. № 2. С. 130-146.
7. Бондарев Л. Г. История природопользования: учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1999. 96 с.
8. Челноков А. А., Ющенко Л. Ф. Общая и прикладная экология: учебное пособие. Минск: Вышэйшая школа, 2014. 654 с. https://znanium.com/catalog/product/1009635
9. Розенберг Г. С. О структуре учения о биосфере // Биосфера. 2009. № 1. С. 51-60. https://rucont.ru/efd/482755
10. Техносфера и здоровье населения. https://studfile.net/preview/10726572/page:4

УДК 614.842+614.841.4

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ И ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА СКЛАДАХ ЯДОХИМИКАТОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Коновалова Г. В., *канд. с.-х. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Изучены вопросы пожарной опасности и противопожарных мероприятий на складах ядохимикатов и минеральных удобрений. Рассмотрены основные причины возникновения пожаров, особенности хранения указанных веществ, требования нормативных документов и методы предотвращения возгораний. Приведены рекомендации по организации пожаротушения и защите персонала от опасных факторов пожара.

Ключевые слова: *хранение минеральных удобрений, склады ядохимикатов, организация пожаротушения складов.*

Ядохимикаты – химические вещества, предназначенные для уничтожения живых и растительных организмов, наносящих вред сельскому хозяйству. Ядохимикаты еще называют пестицидами. По своему назначению они подразделяются на девять групп: инсектициды, акарициды, немагоциды, моллюскоциды, фунгициды, бактерициды, гербициды, арборициды, альгициды.

Ядохимикаты поступают в сельское хозяйство в различном состоянии: газообразном – бромметил, жидком – дихлорэтан, сероуглерод. Хлор ИФК, твердом, а также в порошкообразном.

Подавляющее большинство ядохимикатов – горючие вещества, загорающиеся от кратковременно или длительно действующего источника воспламенения. Температура воспламенения и скорость их горения зависят от химического состава, количества, агрегатного состояния действующего вещества, а также от вида наполнителя.

Процент содержания в ядохимикате горючего вещества определяет его пожарную опасность. Например, действующее вещество гексахлоран C6H6C16 (гексахлорциклогексан) представляет собой кристаллическое вещество, при наличии источника воспламенения горит слегка зеленоватым пламенем. На его основе изготовляются дусты (порошки), содержащие 12 или 25 % гексахлорана. Наполнителями дустов могут быть тальк, фосфоритная мука, графит и др. Дусты – это горючие вещества, но при воспламенении горят медленно, выгорает лишь горючее вещество – гексахлоран. Поэтому дусты представляют меньшую пожарную опасность по сравнению с гексахлораном. Кроме того, на основе гексахлорана могут приготовляться минерально-масляные эмульсии, которые также горят. Интенсивность горения и развивающаяся при горении температура зависят от вида минерального масла и количества гексахлорана в эмульсии.

При растворении ядохимикатов в горючих растворителях пожарная опасность их зависит от вида и количества горючего растворителя.

При растворении горючих ядохимикатов в воде их пожарная опасность значительно снижается. Минеральные наполнители также несколько уменьшают горючесть ядохимикатов. Для приготовления эмульсий и растворов ядохимикатов широко используются минеральные масла, дизельное топливо и другие тяжелые нефтепродукты. Например, дизельное топливо применяют для получения раствора гербицида 2,4-Д, веретенное масло – для приготовления минерально-масляной эмульсии ДДТ и концентрата полихлорпропнлена (ПХП).

Существуют такие ядохимикаты, которые обладают хорошей горючестью. Наибольшую опасность представляет сероуглерод.

Некоторые из ядохимикатов воспламеняются с трудом и горят лишь в очаге пламени. Горение ядохимикатов сопровождается значительным выделением тепла. Теплота сгорания ядохимикатов в среднем составляет 3000-3500 ккал/кг. Температура в условиях пожара может развиваться до 1200-1500 °С. Температура самовоспламенения большинства горючих ядохимикатов свыше. 450 °С. Динитроортокрезол и его соли в условиях пожара могут взрываться. Многие ядохимикаты самовозгораются при контакте между собой.

Процесс горения ядохимикатов сопровождается выделением большого количества ядовитых продуктов горения: цианистого водорода (HCN), угарного газа (CO), хлористого водорода (HC1), окислов азота (NO, NO2) и др. При неполном горении количество выделяющихся ядовитых газов и паров увеличивается.

Большую группу химических веществ, используемых в сельском хозяйстве, составляют удобрения. Удобрения подразделяются на минеральные и органические.

Пожарную опасность представляют лишь некоторые из удобрений: аммиачная селитра, калиевая селитра, водный аммиак, карбамид.

Пожарная опасность складов минеральных удобрений характеризуется не только окислительными и взрывоопасными свойствами хранимых веществ. Даже при хранении на складах негорючих удобрений (томасшлак, хлористый калий, сульфат калия) возможны случаи возникновения и развития пожаров. Этому способствуют сгораемые конструкции зданий и горючая упаковка, в которой транспортируют удобрения.

На складах минеральных удобрений и ядохимикатов, кроме хранения, осуществляются некоторые операции: приготовление тукосмесей, обеззараживание, сжигание и хранение тары, приготовление растворов, эмульсий и суспензий, перемещение и взвешивание веществ. Для этой цели склады имеют ряд механизмов и установок, сооружения энергоснабжения, специальные помещения и площадки, электрические двигатели, а также двигатели внутреннего сгорания. Их неисправность и неправильная эксплуатация могут послужить причиной пожара.

Склады минеральных удобрений и ядохимикатов подразделяются на прирельсовые и глубинные. Емкость здания прирельсового склада минеральных удобрений не должна превышать 15000 т, глубинного – 2000 т, а емкость здания склада ядохимикатов – соответственно 10 000.

Склад может делиться несгораемыми стенами на отсеки, а переносными перегородками на секции. Из каждого отсека должно быть два выхода (ворот), расположенных в противоположных стенах. В одном отсеке рекомендуется хранить не более 50 т веществ.

Как правило, минеральные удобрения и ядохимикаты должны храниться в раздельных зданиях. Допускается в зданиях складов минеральных удобрений выделять изолированные отсеки (помещения) для хранения ядохимикатов в количестве не более 10 % на прирельсовых и 5 % на глубинных от общей емкости склада. Минеральные удобрения и ядохимикаты совместно хранить в одном помещении запрещается. Нельзя использовать под склады минеральных удобрений (хотя бы временно) животноводческие здания и зерносклады.

Требуемая степень огнестойкости зданий складов определяется в зависимости от категории складов по пожарной опасности. В конструкциях зданий складов аммиачной селитры нельзя применять древесину из-за ее нитрации. Полы в складах селитр и ядохимикатов делаются несгораемыми и не искрящимися, а их конструкция должна позволять смывать водой рассыпавшиеся и разлившиеся вещества. Окна следует выполнять небольшими, и они должны быть не ниже 2-2,5 м от отмостки здания.

Для обеспечения механизации погрузочно-разгрузочных работ с обеих сторон здания склада устраивают рампы. Для удобства заезда пожарных машин рампы должны иметь пандус с уклоном 1:10 и быть всегда свободными от тары, оборудования, механизмов и тем более от минеральных удобрений.

На складах разрешается выгораживать (пристраивать) глухими несгораемыми стенами и перекрытиями бытовые помещения или конторы склада. Выход из этих помещений предусматривается непосредственно наружу.

Ядохимикаты на складах рекомендуется хранить в металлических или железобетонных баках, резервуарах. Емкости с ядохимикатами могут закапываться в землю и устанавливаться в подземных или полуподземных помещениях. Крыши подобных складов и надземные части стен покрываются слоем земли толщиной не менее 0,3 м. Для укрепления земляного покрова его желательно одерновать.

Склады минеральных удобрений и ядохимикатов сооружаются по типовым проектам. Склады оборудуются искусственной или естественной вентиляцией. В совмещенных складах минеральных удобрений и ядохимикатов отсеки для хранения ядохимикатов должны иметь обособленную от остальных частей склада вытяжную вентиляцию с механическим побуждением из расчета обеспечения не менее десятикратного воздухообмена. Склады минеральных удобрений и ядохимикатов не отапливаются, за исключением помещений для хранения формалина, нитрафена, бытовых и служебных комнат.

Помещения для хранения сухих минеральных удобрений и ядохимикатов относятся к сырым или влажным с химически активной средой. Помещения для хранения ядохимикатов – легковоспламеняющихся жидкостей и горючих газов – являются взрывоопасными класса В-IIа. Освещение складов должно быть электрическим. Выключатели освещения рамп должны располагаться на наружных стенах.

Ядохимикаты на складах хранятся в упакованном виде на стеллажах или полу. Нельзя содержать навалом на полу или полках порошковые и кристаллические вещества.

Водный аммиак хранят, как правило, в вертикальных стальных резервуарах емкостью не более 400 м^2. Как резервуары, так и склады аммиака в целом должны сооружаться по типовым проектам, которые в части противопожарной защиты согласовываются с соответствующими органами Госпожнадзора. Склад (цистерны) водного аммиака следует размещать на изолированной и очищенной от сгораемого мусора площадке. Запрещается установка резервуаров и цистерн с водным аммиаком на складах твердого топлива, горючесмазочных материалов и нефтебазах.

Герметичность резервуаров и цистерн с аммиачной водой одно из условий их пожаробезопасной эксплуатации. В данном случае исключается выход аммиака в атмосферу. Люки емкостей с аммиачной водой необходимо герметизировать резиновыми или паронитовыми прокладками. Однако абсолютной герметизации достичь практически очень трудно. Для обеспечения дыхания резервуаров при их сливе и наливе устанавливают дыхательные клапаны.

Особые меры предосторожности необходимо соблюдать при постановке цистерн и резервуаров на ремонт. Емкость полностью освобождается от аммиака продувкой паром. Водяной пар подается в нижнюю часть емкости для обеспечения быстрого и надежного удаления аммиака.

Некоторые из ядохимикатов, являясь сильнодействующими ядовитыми веществами (СДЯВ), при пожаре от действия высокой температуры разлагаются, выделяя аммиак, бром, окислы азота, сернистый газ, фосген, хлор, хлорпикрин, пары азотной, серной и соляной кислот. Вдыхание этих веществ приводит к отравлению организма.

Для минимизации рисков возникновения чрезвычайных ситуаций важно учитывать физико-химические свойства хранящихся веществ. Ядохимикаты – это вещества обладают токсичностью, взрывоопасностью и способностью вызывать химические ожоги кожи и слизистых оболочек. Хранение должно осуществляться в герметичных контейнерах, исключающих контакт с атмосферой и агрессивными средами. Некоторые виды удобрений способны самовозгораться при взаимодействии с влагой воздуха. Поэтому помещения для их хранения оборудуются системами вентиляции и отопления, поддерживающими оптимальные условия окружающей среды.

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на складе предусматривают выполнение ряда обязательных мер - это регулярное проведение инструктажей сотрудников по правилам поведения в условиях чрезвычайной ситуации. Обеспечение наличия первичных средств пожаротушения (огнетушители, песок, вода). Организация системы автоматической сигнализации и оповещения о возникновении пожара. Разработка плана эвакуации персонала и действий в аварийных ситуациях. Контроль состояния электропроводки и оборудования. Проведение регулярных проверок состояния зданий и сооружений.

Защита работников обеспечивается путем предоставления специальной защитной одежды, противогазов и индивидуальных аптечек первой помощи. Для повышения уровня информированности сотрудников организуются учебные занятия и тренировки по действиям в экстренных случаях.

Организация эффективной системы профилактики пожаров на складах ядохимикатов и минеральных удобрений является важнейшей задачей руководства предприятий агрохимической отрасли. Только строгое соблюдение всех норм и правил позволит минимизировать риски несчастных случаев и сохранить здоровье сотрудников, материальные ценности предприятия и окружающую среду.

Список использованной литературы

1. Амчеславский О. В., Никулин А. О. Поведение строительных материалов в условиях пожара // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2019. Ч. 1. С. 237-239.

2. Гопия О. Г. Актуальные проблемы при ликвидации ЧС // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С 157-162.

3. Гопия О. Г., Беломутенко И. Д. Взрывы на химических предприятиях // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2016. Ч. 1. С. 174-175.

4. Колобанова Н. А., Колобанов Н. С. Современные проблемы пожарной безопасности // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. Том 3. С. 322-326.

5. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожарная опасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник в 2-х частях. М.: Асс. «Пожнаука», 2004.

6. Мануйленко И. А. Основные тенденции развития современных систем безопасности на производстве // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 204-210.

7. Пожарная профилактика в промышленности и сельском хозяйстве: учебное пособие для пожарно-технических училищ / В. М. Зозуля, И. К. Беспалый, Ф. Л. Логинов, Э. Б. Милеев. М.: Стройиздат, 1974. 387 с.

8. Беломутенко И. Д., Беломутенко Д. В. Последствия аварий и пожаров на нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводах // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях: материалы международной научно-практической конференции. Волгоград, 2016. С. 83-87.

9. Лигун М. О., Беломутенко Д. В. Анализ устойчивого функционирования химически опасных объектов // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2020. С. 83-86.

10. Ежов К. В., Беломутенко Д. В. Оценка риска для населения от чрезвычайных ситуаций, вызванных авариями на потенциально опасных объектах или стихийными бедствиями // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2018. С. 159-162.

УДК 614.84+504.2

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПОЖАРОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Князева А. А., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрена проблема техногенных пожаров как значимого фактора негативного воздействия на экологическую безопасность современных городов. Проведён обзор и анализ источников и механизмов загрязнения окружающей среды при возникновении техногенных пожаров, рассмотрены методы минимизации негативного воздействия пожара на экологическую обстановку урбанизированных территорий.

Ключевые слова: *техногенные пожары, урбанизированные территории, противопожарная защита.*

В современном мире задачи, связанные с обеспечением экологической безопасности, всё чаще выходят на передний план. Этому способствует стремительное развитие урбанизированных территорий. Массовое скопление населения в городах приводит к повышению в них концентрации потенциально опасных промышленных объектов, транспортной инфраструктуры, проживающих в них людей. Всё вышеперечисленное не только увеличивает нагрузку на окружающую природную среду, но и приводит к увеличению рисков возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера. К числу таких происшествий относятся аварии на радиационно опасных объектах, чрезвычайные ситуации с выбросом аварийно химически опасных веществ, катастрофы с участием транспортных средств, обрушения зданий и сооружений, разливы нефти и нефтепродуктов и так далее. Особую опасность представляют техногенные пожары. Они могут являться самостоятельной чрезвычайной ситуацией, либо возникать совместно с другими катастрофами.

Принято считать, что пожар – это неконтролируемый процесс горения вне специального очага, возникший непроизвольно или по злому умыслу, в ходе которого выделяются тепло и дым, который сопровождается материальным ущербом и угрожает здоровью или жизни людей. Существуют различные типы пожаров, каждый из которых несет свои последствия. Пожары, которые возникают и распространяются в естественной среде, классифицируются как природные. К ним относятся лесные и степные пожары. Неконтролируемое возгорание, вызванное человеческой деятельностью, которая включает в себя

применение технологий, машин, транспортных средств или промышленных операций является техногенным пожаром. Высокая опасность техногенных пожаров, возникающих на урбанизированных территориях, обусловлена некоторыми факторами. Плотность населения и большое количество промышленности в городской среде способствуют высокой частоте возникновения пожаров. Отягчающим обстоятельством может являться плотная застройка и интенсивное использование энергетических ресурсов. Кроме того, рассматриваемая чрезвычайная ситуация негативно воздействует сразу на все компоненты окружающей природной среды, такие как атмосферный воздух, поверхностные и подземные водные объекты, почву, растительный и животный мир. Техногенные пожары, зачастую, сопровождаются обширными выбросами токсичных веществ, что также негативно влияет на жизнедеятельность и здоровье людей [2]. Основными опасными факторами пожара являются: тепловое излучение, высокая температура, отравляющее действие дыма (продуктов сгорания: окиси углерода и др.) и снижение видимости при задымлении. Критическими значениями параметров для человека, при длительном воздействии указанных значений опасных факторов пожара, являются: температура – 900-1100 ℃; плотность теплового излучения – 1,26 кВт/м^2; концентрация окиси углерода – 0,1 % объема; видимость в зоне задымления – 6-12 м; взрыв [7].

Классифицируются техногенные пожары по различным параметрам. Рассмотрим некоторые из них. По классам пожара все возникающие возгорания можно разделить в зависимости от типа горящих веществ или материалов. Если вещество находится в твердом состоянии, то вспыхнувшему горению присваивается класс А, в жидком состоянии – класс В. В случае чрезвычайной ситуации с участием газа, пожару присваивается класс С. Класс D – горение металлов, Е – возгорание электроустановок под напряжением, F -пожары ядерных материалов, радиоактивных отходов и веществ. В плане охвата территории в процессе возникновения и развития огня можно выделить локальные, распространяющиеся и массовые пожары. В ходе локальных – размеры зоны горения остаются постоянными. При распространяющихся – огонь движется с неравномерной скоростью, увеличивая периметр возгорания. Для массовых – отличительной чертой является охват больших территорий. При классификации по месту возникновения возгорания отталкиваются от категории и характеристик объекта, подвергающегося горению. Если рассматриваемая чрезвычайная ситуация возникла на заводе, фабрике или ином предприятии, то пожар можно отнести к промышленному. Возгорания в поездах, самолетах,

кораблях и автомобилях объединятся в категорию транспортных пожаров. В отдельные класс выделены пожары на энергетических, строительных и инфраструктурных объектах. По внешнему виду возгорания делят на наружные и внутренние. Первые легко визуально заметить, вторые можно обнаружить по косвенным признакам.

По данным МЧС Росси за 12 месяцев 2025 года произошло 317 311 пожаров. Это на 8,7 % меньше, чем за аналогичный период 2024 года. Каждый день в среднем регистрировалось 869 пожаров, при которых 18 человек трагически погибали, 22 получали ранения, а 95 строений разрушались огнем. На территории Волгоградской области на поднадзорных объектах произошло 186 возгораний, на 20 меньше, чем в прошлом году [5].

Более развернутая информация о зарегистрированных возгораниях в России за 2025 год в сравнении с прошлым годом представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Основные показатели обстановки с пожарами и их последствиями в Российской Федерации

Показатель	2024	2025
Общее количество пожаров, ед.	347 442	317 311
Количество погибших, чел.	7 575	6 521
в т. ч несовершеннолетние граждане, чел.	380	295
Получили травмы, чел.	8 345	7 966
Материальный ущерб, млрд. руб.	19,8	22,8

Исходя из данных, представленных в таблице, можно сделать вывод, что наметилась положительная тенденция в решении вопросов обеспечения пожарной безопасности. Современная статистика ЧС и пожаров указывает на сдвиг в структуре рисков: уменьшается число ЧС, вместе с тем увеличивается их тяжесть и масштаб последствий [8]. Это может свидетельствовать о том, что сохраняются системные проблемы в сфере реагирования, в том числе – недостаточная координация действий между службами и ведомствами, участвующими в ликвидации последствий.

Причинами техногенных пожаров являются факторы, обусловленные человеческой деятельностью и нарушением технологических и противопожарных правил. Основной причиной из года в год остается неосторожное обращение с огнем. В это понятие входит курение в не предназначенных для этого местах, разведение костров там, где это запрещено, небрежность при пользовании огнём в быту или на производстве. Кроме того, зачастую возгорание возникает при несоблюдении правил установки и эксплуатации электрооборудования, бытовой техники, в том числе замыкании в электропроводке, работе с неис-

правной техникой, оставлении включённых в сеть приборов без присмотра [3]. Причиной техногенного пожара также может послужить разрушение или неисправность производственного оборудования, нарушение правил его использования. В отдельную категорию модно выделить такую причину, как человеческий фактор. Здесь имеет место несоблюдение инструкций к производственным процессам и требований хранения легковоспламеняющихся веществ, нарушение правил техники безопасности, неверная планировка зданий и сооружений, применение горючих материалов при строительстве, ошибки при использовании печного оборудования, умышленные поджоги.

На урбанизированных территориях было зафиксировано 165 459 пожаров. Это на 11,9 % меньше, чем за 2024 год. Погибшими признано 3 331 человек, в том числе 152 несовершеннолетних [5]. Обстановка с пожарами и их последствиями в городской местности постепенно улучшается, но по-прежнему остается весьма напряженной. Основные причины пожаров на урбанизированных территориях представлены в таблице 2.

Исходя из данных, представленных в таблице, мы можем сделать вывод, что на урбанизированных территориях основной причиной пожаров также является человеческая халатность и неосторожное обращение с огнем.

Таблица 2 – Основные причинами пожаров в городской местности

Причина пожара	2024 год	2025 год
Неосторожное обращение с огнем	123 703	103 914
в т. ч неосторожное обращение с огнем при курении	40 814	31 373
детская шалость	1 088	905
Аварийный режим работы электрических сетей и оборудования	33 921	32 268
Нарушение правил устройства и эксплуатации печного оборудования	8 355	7 649
Поджог	8 624,	8 124
Нарушение правил устройства и эксплуатации транспортных средств	5 604	5 930
Иные причины	7 188	7 900

Пожары, возникающие по вине человека, оказывают серьёзное негативное воздействие на окружающую среду. Это касается как всей планеты, так и конкретных городов. Они вызывают загрязнение воздуха, почвы и воды, приводят к разрушению природных экосистем и влекут за собой долгосрочные экологические последствия.

Техногенный пожар является крупнейшим источником опасных химических соединений. При сгорании природных материалов, нефтепродуктов, пластмассы и синтетических тканей выделяются ок-

сиды углерода. Попадая в организм человека, они связывают гемоглобин крови, препятствуя транспортировке кислорода, что может привести к отравлению и смерти. Азотосодержащие материалы, сгорая, выбрасывают в атмосферный воздух азот, оказывающий раздражающее действие на дыхательные пути. Такое опасное соединение, как сера, образуется в процессе горения строительных материалов, резины, нефтепродуктов и топлива. Кроме губительного воздействия на организм выбросы этого вещества влияют на свойства металлов и конструкций из них, вызывая коррозию. Важно упомянуть, что в золе и пепле могут содержаться тяжелые металлы. Они накапливаются в организме, вызывают нарушения работы нервной системы, заболевания почек и другие тяжёлые последствия. Это только часть опасных соединений, которые при возникновении и развитии техногенного пожара вносят вклад в загрязнение атмосферы. Они опасны не только в момент чрезвычайной ситуации, но и имеют отложенный негативный эффект. Взаимодействую с атмосферным воздухом образуют еще более опасные соединения. Крупные частицы дыма могут находиться в воздухе несколько дней, а мелкие – недели и месяцы. Опасные вещества, включая хлористый водород (от ПВХ), формальдегид (от ДСП) и изоцианаты (от полиуретановой обивки), оседают на элементах городской инфраструктуры и растениях, способствуя долгосрочному загрязнению окружающей среды в городах. Кроме того, скапливаясь на поверхности почвы, они могут проникать в грунтовые воды, ухудшая качество подземных и поверхностных вод.

Важно упомянуть такой аспект, как влияние техногенных пожаров на климатическую обстановку. Диоксид углерода, например, является парниковым газом. Они, как известно, способствуют усилению глобального потепления. Происшествия с огнем на индустриальных объектах и складах ГСМ, присутствующих в городах в большой концентрации, особо опасны, потому что при возгорании нефтепродуктов и искусственных материалов образуется много углеродных соединений.

Значительный урон экосистемам и объектам техносферы наносят кислотные дожди, являющиеся продуктом взаимодействия продуктов горения с влагой, содержащейся в атмосфере.

Всё вышеперечисленное комплексно воздействует на экосистемы, приводит к гибели живых организмов, уничтожению растительного покрова. А это в свою очередь снижает качество жизни на урбанизированных территориях. Жители городов сталкиваются с риском интоксикации веществами, образующимися при горении. Это способно вызвать как кратковременные, так и долгосрочные нарушения здоровья, в том числе поражения дыхательных путей, проблемы с нервной системой и развитие онкологических заболеваний. Пожары раз-

рушают зелёные зоны, архитектурные объекты, что ухудшает визуальное восприятие города и может негативно сказываться на психологическом состоянии жителей.

Пожары техногенного характера влекут за собой экономические потери. Среди них можно выделить прямые и косвенные. К прямым относятся затраты, связанные с восстановлением пострадавших фондов и средств, утрата ресурсов и сырья, траты на работу пожарных служб и сопутствующих приспособлений, устройств и материалов. Косвенными можно считать потерю прибыли предприятий из-за простоя и потери трудоспособности, упущенную выгоду, экономические убытки при прерывании производственных и торговых цепочек. Влияние на городскую инфраструктуру урбанизированных территорий в целом заключается в сбоях в работе транспортного сообщения, линий связи и подаче электроэнергии, снижении интереса инвесторов к данной территории, обусловленного рисками в области безопасности и экологической обстановки, увеличение экономической нагрузки на бюджеты разных уровней.

Минимизировать негативные последствия техногенных пожаров на экологическую безопасность урбанизированных территорий может помочь ряд скоординированных и тщательно спланированных действий различных ведомств [4]. Начать стоит с профилактических мер. Ведь предотвратить крупную чрезвычайную ситуацию намного разумнее и зачастую выгоднее, чем устранять её последствия. Сюда можно отнести регулярный контроль за соблюдением правил пожарной безопасности, своевременное устранение неисправностей и недопущение нарушений технологических процессов, организацию инструктажей и обучения персонала пожарно-техническому минимуму, надзор за хранением горючих и огнеопасных материалов [6]. Кроме того, важно уделить внимание инженерным мерам защиты при проектировке, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений городской застройки, планированию и организации эвакуации. Всё выше перечисленное не может стабильно функционировать без нормативного регулирования и контроля. Разработку мер по предотвращению, прогнозированию и ликвидации техногенных пожаров и их экологических последствий на урбанизированных территориях необходимо проводить, опираясь на особенности городской среды.

Список использованной литературы

1. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. Пожарная безопасность: учебник. М.: Академия ГПС МЧС России, 2021. 200 с.

2. Ващенко Д. М., Беломутенко С. В. Вопросы пожарной и техносферной безопасности в 21 веке // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XVII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2023. Часть I. С. 167-179.

3. Колобанова Н. А., Колобанов Н. С. Современные проблемы пожарной безопасности // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 322-326.

4. Колобанова Н. А., Мануйленко И. А. Экологические аспекты пожарной и техносферной безопасности // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы междун. научно-практ. конф. Волгоград, 2024. С. 381-388.

5. МЧС России. Департамент надзорной деятельности и профилактической работы. Анализ обстановки с пожарами и их последствиями на территории Российской Федерации за 12 месяцев 2025 года // МЧС России, Департамент надзорной деятельности и профилактической работы. Москва, 2026.

6. Песков А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Использование современных технологий в системе МЧС РФ // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 215-220.

7. Строганов В. Ф., Мингазов Д. Р., Строганов И. А. Техногенные и природные пожары – актуальные экологические проблемы XXI века // Наследие В. И. Вернадского и современные проблемы экологии. 2023. Т. 1. № 1. С. 81-94.

8. Ступина М. В. Чрезвычайные ситуации и пожары в России в 2024 году: тенденции, структура и факторы реагирования // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2025. № 2 (54). С. 49-58.

9. Теоретические основы промышленной безопасности / А. В. Федосов, К. Р. Идрисова, Н. Х. Абдрахманов, А. В. Ефимова, К. В. Градобоева, С. Р. Расулов. Уфа, 2018. 129 с.

10. Харитонов П. С. Вторичное загрязнение водоёмов при тушении крупных пожаров: механизмы и пути минимизации // Вода: химия и экология. 2023. № 3. С. 56-63.

УДК 614.812+629.735

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЖАРОТУШЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

[1]Киселев А. А., *преподаватель*
[1]Маковкин И. А., *преподаватель*
[2]Курганов В. А., *преподаватель, главный специалист*
[3]Фурсова Н. В., *преподаватель, начальник центрального пункта пожарной связи службы пожаротушения*

[1]ЦУКС главного управления МЧС России по Волгоградской области
[2]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
[3]ФПС ГПС ГУ МЧС России по Волгоградской области
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрена эффективность применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) при тушении пожаров на основе исследований 2024-2025 годов. Изучены три ключевых направления: мониторинг и раннее обнаружение возгораний, тактическое пожаротушение высотных объектов, внедрение си-

стем искусственного интеллекта для автономного управления.

Ключевые слова: *беспилотные летательные аппараты, БПЛА, пожаротушение, мониторинг возгораний, ландшафтные пожары, автономные системы пожаротушения, пенная компрессия.*

Проблема пожаров остается одним из главных вызовов для безопасности современного общества. Статистика последних лет свидетельствует о росте интенсивности и масштабов возгораний как в природной среде, так и в городских условиях. В 2023 году Канада столкнулась с рекордным сезоном лесных пожаров, уничтожившим около 18,5 млн гектаров земли, а в Калифорнии огонь ежегодно охватывает сотни тысяч акров [6]. В России, по данным МЧС, только за 2024 год было зарегистрировано более 10 тысяч природных пожаров [7].

Традиционные методы борьбы с огнем часто сталкиваются с ограничениями: невозможность быстрого подъема техники на высоту более 15-го этажа, труднодоступность очагов для наземных служб и высокая стоимость применения пилотируемой авиации. В этих условиях особую значимость приобретает разработка и внедрение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), способных выполнять широкий спектр задач – от разведки до активного тушения [2, 8].

Целью данной работы является анализ эффективности применения БПЛА в пожаротушении на основе новейших экспериментальных данных и научных исследований 2024-2025 годов. В статье рассматриваются три аспекта: мониторинговая функция дронов, их применение для тушения высотных пожаров и внедрение систем искусственного интеллекта для автономного принятия решений.

1. Повышение эффективности мониторинга и раннего обнаружения.

Ключевым фактором успешного тушения пожара является время его обнаружения и точность оценки обстановки. В этой сфере беспилотники демонстрируют наивысшую эффективность по сравнению с традиционными методами. В отличие от пеших патрулей или даже пилотируемой авиации, дроны способны оперативно обследовать обширные территории, передавая данные в режиме реального времени [8].

Современные российские разработки, такие как беспилотник «Муха» от компании «Лаборатория будущего», оснащены камерами с 30-кратным зумом и тепловизорами. Это позволяет не только визуально фиксировать задымление, но и обнаруживать скрытые очаги, например, тление торфяников в зимний период, что ранее было практически невозможной задачей [7]. Применение тепловизионных камер решает проблему «невидимых» пожаров, которые могут годами тлеть под землей и выйти на поверхность в пожароопасный сезон.

Аппараты самолетного типа, такие как SIGMA (разработка «АВАКС-ГеоСервис»), обеспечивают дальность полета до 500 км и могут патрулировать леса в автоматическом режиме, выявляя не толь-

ко пожары, но и незаконные вырубки [7]. Эффективность такого мониторинга подтверждается созданием специализированных программных платформ (например, FlytNow), которые позволяют организовать единый командный центр для управления парком дронов, получать телеметрию и видеопотоки через сети 4G/5G [8]. Таким образом, время от обнаружения очага до ввода сил в действие сокращается с часов до минут.

2. Тактическое пожаротушение: преодоление высотного барьера.

Наиболее прорывным направлением 2025 года стало практическое применение БПЛА для непосредственной подачи огнетушащих веществ на очаг пожара. Традиционные автолестницы и коленчатые подъемники имеют ограничения по высоте и проходимости. Пожар в высотном здании или в районе с плотной застройкой, где отсутствуют подъездные пути, долгое время оставался критической проблемой [1, 4].

В октябре 2025 года Главное управление МЧС России по Свердловской области успешно завершило испытания беспилотника, предназначенного для тушения пожаров на высотных зданиях. Ключевой особенностью аппарата стало автономное питание (отказ от кабеля), что значительно увеличило его маневренность. В ходе испытаний дрон поднял пожарный рукав на уровень 15-го этажа (высота более 50 метров) и произвел подачу компрессионной пены для ликвидации условного возгорания [1, 4].

Эффективность данного метода обусловлена двумя факторами:

1. Доступность: БПЛА может достигать точек, куда невозможно проехать спецтехнике.

2. Точность: Испытания на аэродроме Логиново подтвердили способность дрона к точному распылению огнетушащего состава на высотах 60 и 100 метров, а также устойчивость к напору пены и ветровым нагрузкам [1].

Как отметил начальник службы пожаротушения регионального МЧС Егор Бухряков, главное преимущество – это работа на тех уровнях, до которых автолестница дотянуться не в состоянии [4]. Это открывает возможности для спасения людей и тушения огня в небоскребах без необходимости прокладки рукавов по лестничным маршам.

Эффективность применения БПЛА напрямую зависит от качества управления. Традиционное ручное пилотирование в условиях сильного задымления и турбулентности может быть затруднено. Решением этой проблемы становится внедрение систем искусственного интеллекта (ИИ) и автономной навигации [2, 3].

Значительных успехов в этом направлении добился европейский Центр передовых аэрокосмических технологий (CATEC) в рамках проекта EXTINCIA. Целью проекта была разработка системы тушения

ландшафтных пожаров с использованием мультироторных дронов грузоподъемностью до 600 кг и алгоритмов ИИ. Специалисты CATEC создали фотореалистичную симуляционную среду на базе Unreal Engine 5 и Matlab/Simulink, где обучался «интеллектуальный агент» [3].

Результаты проекта EXTINCIA показали, что ИИ способен:

- Автономно выполнять маневры тушения.

- Адаптировать полетное задание в реальном времени в зависимости от изменения условий пожара (направления ветра, интенсивности горения).

- Обеспечивать координацию между несколькими дронами и пилотируемыми судами в одном воздушном пространстве [3].

Параллельно с этим, исследования, представленные на конференции IEEE IECON 2024, демонстрируют решение проблемы точности позиционирования. Из-за погрешностей GPS дрон может не точно выйти на точку сброса огнегасящей жидкости. Предложенный авторами метод компьютерного зрения позволяет беспилотнику корректировать свое положение, используя изображения с бортовой камеры для выравнивания относительно линии фронта огня, что повышает эффективность сброса ограниченного запаса ретарданта [6, 9]. Еще одним важным аспектом автоматизации является повышение безопасности личного состава. Использование БПЛА для доставки снаряжения и средств спасения в зону пожара позволяет минимизировать время пребывания людей в опасной зоне. Примером служат учения, в ходе которых три дрона доставили спасательное снаряжение и видеоинструкции условным пострадавшим на 20-й этаж, что позволило им эвакуироваться самостоятельно до прибытия основных сил [7].

Проведенный в рамках данной статьи анализ современного состояния и перспектив развития беспилотных технологий в системе обеспечения пожарной безопасности позволяет сформулировать ряд обоснованных выводов относительно качественного и количественного изменения эффективности пожаротушения при интеграции беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Исследование, опиравшееся на актуальные данные 2024-2025 годов, подтверждает, что применение дронов переводит процесс борьбы с огнем из плоскости сугубо наземных или пилотируемых авиационных операций в плоскость гибкой, высокоточной и тактически вариативной роботизированной деятельности.

Первым и фундаментальным итогом внедрения БПЛА является коренное изменение парадигмы мониторинга. Если ранее обнаружение возгорания, особенно в природной среде или на начальной стадии, было сопряжено с фактором случайности или требовало значительных временных затрат на обход или облет территории, то современные дроны обеспечивают режим постоянного (персистентного) наблюде-

ния. Оснащение беспилотников гиперспектральными камерами и тепловизорами, как показано на примере аппаратов «Муха» и SIGMA, позволяет фиксировать не только открытое пламя, но и скрытые очаги горения (например, торфяные залежи), которые представляют собой наибольшую опасность ввиду своей латентности. Эффективность на этом этапе выражается не столько в прямом тушении, сколько в кратном сокращении времени реагирования. Доставка разведывательных данных в командный пункт в реальном времени через защищенные каналы связи (включая сети 4G/5G и интеграцию в платформы типа FlytNow) позволяет руководителю тушения пожара видеть актуальную трехмерную картину возгорания, прогнозировать пути его распространения с учетом метеоусловий и точно позиционировать наземные силы, сводя к минимуму их нерациональное перемещение и воздействие опасных факторов пожара.

Наиболее значимым практическим достижением 2025 года, рассмотренным в данной работе, является успешное преодоление высотного барьера в пожаротушении. Испытания, проведенные МЧС России в Свердловской области, доказали, что дроны способны выполнять функцию активного средства подачи огнетушащих веществ там, где применение автолестниц и коленчатых подъемников физически невозможно. Эффективность в данном контексте приобретает двойное значение.

Во-первых, это тактическая эффективность: БПЛА с автономным питанием способен поднять пожарный рукав и обеспечить подачу компрессионной пены на уровень 15-го этажа и выше, что позволяет тушить пожары в небоскребах, зданиях сложной архитектуры и в условиях плотной городской застройки, где подъездные пути заблокированы или отсутствуют. Данная технология ломает устоявшееся правило о недосягаемости верхних этажей для наземной техники.

Во-вторых, это экономическая и ресурсная эффективность: стоимость летного часа тяжелого дрона в разы ниже стоимости эксплуатации пилотируемого вертолета или самолета-амфибии. При этом точность сброса или распыления огнетушащего вещества у дронов, зависающих непосредственно над очагом, потенциально выше, чем при высотном сбросе с самолета, что минимизирует потери реагента и наносит меньший вред окружающей среде (например, при тушении в черте города или заповедных зонах).

3. Интеллектуализация процессов и повышение безопасности личного состава

Третьим ключевым аспектом, определяющим рост эффективности, является внедрение систем искусственного интеллекта (ИИ) и компьютерного зрения. Проект EXTINCIA и разработки, представленные на IEEE IECON 2024, демонстрируют переход от дистанцион-

но управляемых аппаратов к автономным агентам. Способность дрона самостоятельно корректировать курс, распознавать фронт огня и адаптировать траекторию сброса огнегасящей жидкости в условиях турбулентности и задымления кардинально повышает успешность миссии. Человеческий фактор (ошибка пилота, потеря ориентации в пространстве) нивелируется, а точность применения ограниченного запаса воды или ретарданта максимизируется. Создание фотореалистичных симуляторов для обучения нейросетей позволяет готовить «интеллект» дронов к бесчисленному множеству сценариев, с которыми пилот мог бы столкнуться в реальной жизни впервые [4].

Кроме того, применение БПЛА для доставки средств индивидуальной защиты, дыхательных аппаратов и путей эвакуации (например, сброс «капсул спасения» или веревочных спусковых устройств) напрямую влияет на сохранение жизни и здоровья личного состава пожарной охраны. Возможность провести разведку в непригодной для дыхания среде без входа звена газодымозащитников или оказать первую помощь пострадавшему до прибытия основных сил (через сброс груза и видеоконсультацию) выводит понятие «эффективность» за рамки сухого математического расчета потушенных квадратных метров, наполняя его гуманитарным содержанием.

Несмотря на очевидные достижения, потенциал применения БПЛА в пожаротушении раскрыт далеко не полностью. Дальнейшее повышение эффективности будет связано с решением следующих задач:

- увеличение энерговооруженности: Переход на гибридные силовые установки или водородные топливные элементы для увеличения времени нахождения в воздухе (до нескольких часов) и грузоподъемности (до 600 кг и более).

- роевое взаимодействие: Разработка алгоритмов координации групп (роя) дронов, способных одновременно тушить крупный ландшафтный пожар с разных направлений, создавая кумулятивный эффект.

- интеграция в единую систему: Включение беспилотников в штатные расписания пожарно-спасательных гарнизонов не как экспериментальной, а как базовой единицы техники, с соответствующей доработкой нормативной базы и тактико-технических уставов.

Таким образом, беспилотные летательные аппараты перестают быть вспомогательным инструментом и становятся самостоятельной боевой единицей в системе пожаротушения. Они обеспечивают синергетический эффект: раннее обнаружение, точное воздействие на очаг, защиту личного состава и экономию ресурсов. Интеграция до-

стижений робототехники, искусственного интеллекта и пожаротушения является магистральным путем развития пожарной охраны XXI века, позволяющим эффективно противостоять вызовам современного мира, будь то пожары в мегаполисах или масштабные природные катастрофы.

Список использованной литературы

1. Илюшина А. Е., Беломутенко С. В. Организация взаимодействия сил при ликвидации ЧС // Наука и молодежь: Новые идеи и решения: материалы XV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2021. С. 62-64.

2. Распотнюк Д. С. Значимость интеграции бпла в практику служб пожарной безопасности // Концептуальные пути развития гуманитарных и социальных наук: сборник материалов XXXIV международной очно-заочной научно-практической конференции. Москва, 2023. С. 127-129.

3. Ахремочкин С. А. Особенности тушения пожаров зданий повышенной этажности // Инновационные технологии в агропромышленном ком-плексе в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2021. С. 353-358.

4. Вытовтов А. В., Разиньков С. Ю. Перспективы использования БПЛА для обеспечения пожарной безопасности линейных объектов нефтегазовой отрасли // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015. № 1-1 (6). С. 19-21.

5. Архипов В. А., Золоторёв Н. Н., Перфильева К. Г., Матвиенко О. В. Влияние турбулентного переноса капель на эффективность тушения пожаров с использованием БПЛА // Материалы XXIV Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС‘2025). М.: Изд-во МАИ, 2025. С. 160-162.

6. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в России. Итоги. Проблемы. Перспективы: аналит. обзор. Новосибирск, 2003. 135 с.

7. Птицын В. В. Особенности использования бпла для обеспечения пожарной безопасности высотных зданий // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2025. № 8. С. 173-177.

8. Воронин Н. А., Авдейко С. А. Создание системы мониторинга лесных пожаров на основе беспилотных летательных аппаратов // Вестник молодых учёных и специалистов Самарского университета. 2024. № 2 (25). С. 13-17.

9. Иванов И. О., Беломутенко Д. В. Применение беспилотных летательных аппаратов для определения координат лесного пожара на основе оптического анализа дыма // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. С. 210-212.

10. Юдин А. С., Источкина М. В. Особенности использования беспилотных аппаратов при мониторинге ЧС на объектах транспортировки нефти и газа // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2020. С. 171-173.

УДК 614.8:371.8

РАЗВИТИЕ ШКОЛЬНОГО СПАСАТЕЛЬНОГО ОТРЯДА В МОУ СШ № 81 И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПОВЫШЕНИИ УРОВНЯ ЗНАНИЙ В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОСТИ У ШКОЛЬНИКОВ

Крафт Е. С., *учитель,*
руководитель школьного спасательного отряда «Волгоград-1»

МОУ СШ № 81 Центрального района
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Исследована роль школьных спасательных отрядов в формировании готовности учащихся к действиям в чрезвычайных ситуациях, направленных на обеспечение пожарной и техносферной безопасности. Рассмотрены основные направления деятельности таких отрядов, изучена эффективность проводимой ими работы и выявляются ключевые факторы, влияющие на степень готовности школьников к действиям в кризисных ситуациях. Приведены методы исследования и обобщенные результаты, подтвержденные анкетированием и наблюдениями. Даны рекомендации по совершенствованию системы подготовки и воспитания учащихся в аспекте безопасности. Статья представляет интерес для исследователей, работников сферы образования и представителей профильных служб, занимающихся профилактикой чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: *пожарная безопасность, техносферная безопасность, школьные спасательные отряды, профилактика чрезвычайных ситуаций.*

Чрезвычайные ситуации различного характера представляют серьезную угрозу здоровью и жизни населения, особенно детей и подростков. Проблема обеспечения пожарной и техносферной безопасности в современных условиях приобретает особую остроту. По данным статистики, ежегодно фиксируется значительное количество пожаров и техногенных катастроф, сопровождающихся человеческими жертвами и материальным ущербом. Школьники, являясь наиболее уязвимой категорией, требуют особого внимания и подготовки к возможным рискам и угрозам. В связи с этим актуальным становится формирование устойчивых навыков и компетенций у учащихся в сфере противопожарной безопасности.

В процессе обучения в школьников должны:

- обучать (вооружение учащихся системой знаний, умений и навыков);

- воспитывать (формирование научного мировоззрения, активной социальной позиции);

- развивать (формирование творческого мышления, укрепление «социального иммунитета», способствующего психологической подготовке к успешной деятельности в современной техногенной среде).

Образование в области безопасности жизнедеятельности должно быть непрерывным, выстроенным последовательно, начиная с момента осознания человеком собственного «Я» и насыщающимся в процессе воспитания, обучения, образования.

Одной из задач непрерывного обучения безопасности жизнедеятельности в общеобразовательной школе является формирование у подростка ответственного отношения к безопасной деятельности и здоровью человека вообще и личного в частности.

В ходе анализа проблем формирования позитивного отношения к безопасному поведению в системе обучения детей и подростков выявлены следующие противоречия:

- между растущими требованиями общества к безопасности во всех сферах жизни и реальным отношением человека к сохранению собственного здоровья и образу жизни, соответствующему принципам безопасного поведения;

- между новыми концепциями и характером государственных документов, декларирующих идеи подготовки личности «безопасного» типа, и недостаточной разработанностью проблемы формирования такой личности в педагогической теории; потребностью в формировании готовности к сохранению жизни и здоровья отдельной личности и недостаточной готовностью системы образования к организации процесса воспитания детей и подростков на основе ценностного отношения к жизни и здоровью человека, отсутствием моделей поведения взрослых, способных стать примером для детей.

В первую очередь сфера образования должна стать ключевым звеном в формировании личности «безопасного» типа, ориентированной на созидание и развитие общества и осознающей необходимость и ценность своей жизни и здоровья.

В процессе преподавания курса ОБЗР и внеклассной работы создается особая образовательная среда, позволяющая активизировать у школьника мотивационно-ценностный, когнитивный и поведенческий компоненты, способствующие формированию качеств личности «безопасного» типа;

- созданию такой образовательной среды сопутствует проведение теоретических и практических занятий с использованием современных педагогических технологий и на основе программ по формированию позитивного отношения к здоровью и безопасному поведению.

Одним из эффективных инструментов повышения уровня пожарной и техносферной безопасности является создание и развитие на базе учебных заведений школьных спасательных отрядов. Эти отряды играют важную роль в формировании готовности учащихся к дей-

ствиям в условиях чрезвычайной ситуации, способствуют развитию практических навыков и знаний. Активное участие школьников-спасателей играет ключевую роль в формировании культуры безопасности в молодежной среде.

ШСО «Волгоград-1» был основан в марте 2025 года на основании соглашения о взаимодействии между Волгоградским региональным отделением Всероссийской общественной молодёжной организацией «Всероссийский студенческий корпус спасателей» в лице председателя совета Дмитрия Владимировича Беломутенко и муниципальным общеобразовательным учреждением «Средняя школа с углубленным изучением отдельных предметов № 81 имени Героя Советского Союза П. А. Панина Центрального района Волгограда» в лице директора Елены Александровны Пономаревой. Согласно подписанному положению о ШСО ВСКС обязанности руководителя ШСО «Волгоград-1» исполняет учитель физики и математики Елена Сергеевна Крафт. На данный момент отряд состоит из 20 активистов 8 «Г» и 9 «Г» классов.

Данное Соглашение заключено в целях реализации:

Распоряжения Правительства РФ от 12.11.2020 № 2945-Р «Об утверждении плана мероприятий по реализации в 2021-2025 годах Стратегии развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года».

Федерального закона Российской Федерации «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 № 68-ФЗ (ред. от 20.12.2021).

Основные **цели** формирования готовности добровольцев ШСО «Волгоград-1» к действиям в ЧС включают:

- обучение школьников основам безопасной жизнедеятельности;
- развитие навыков оказания первой помощи пострадавшим;
- повышение осведомленности о возможных источниках опасности и правилах поведения в опасных ситуациях;
- стимулирование интереса к изучению вопросов гражданской обороны и защиты населения;
- воспитание ответственности и дисциплины в поведении при возникновении угрозы жизни и здоровья.
- пропаганда здорового образа жизни среди обучающихся общеобразовательных организаций;
- снижение количества чрезвычайных ситуаций с участием обучающихся.

Организация школьных спасательных отрядов предполагает проведение регулярных занятий и тренировок, направленных на обучение участников необходимым знаниям и умениям. Образовательная

программа охватывает широкий спектр тем, включая основы пожаротушения, оказание первой медицинской помощи, правила поведения при авариях и природных катаклизмах. Программа учитывать возрастные особенности обучающихся и соответствует требованиям государственных стандартов.

За время сотрудничество Волгоградского РО ВСКС и ШСО «Волгоград-1», согласно плану воспитательной работы школы, программе занятий ШСО ВСКС и рабочего плана мероприятий Волгоградского РО ВСКС, были проведены мероприятия:

- по развитию школьного спасательного движения;

- по привлечению школьников к вопросам личной и общественной безопасности, их заинтересованности в предотвращении возможных чрезвычайных ситуаций, оказанию первой помощи, алгоритму действий в чрезвычайных ситуациях;

- по патриотическому воспитанию школьников, прививанию любви к Отечеству и формированию у них активной гражданской позиции;

- по профессиональной ориентации школьников, развитие спасательных видов спорта среди детей и подростков.

Практическое применение полученных знаний включает участие в соревнованиях, смотрах-конкурсах и мероприятиях по тематике пожарной и техносферной безопасности. Это позволяет закрепить полученные знания и повысить уровень профессиональной подготовленности членов отряда.

Активисты ШСО «Волгоград-1» активно принимают участие в мероприятиях различного уровня, показывая свои навыки и высокий уровень подготовленности. Благодаря регулярным занятиям со студентами-добровольцами и преподавателями кафедры Техносферой безопасности в 2024 году ШСО «Волгоград-1», заняв 1 место в полуфинале I Всероссийских соревнований среди школьных спасательных отрядов, представлял Южный федеральный округ на финале соревнований. А в октябре 2025 года ШСО «Волгоград-1» под руководством Е. С. Крафт в составе 5 человек стал победителем полуфинала II Всероссийских соревнований среди школьных спасательных отрядов и от Южного федерального округа принимал участвовать в финале, который проходил с ВДЦ «Смена» г. Анапа. По дисциплине «Оказание первой помощи пострадавшим» занял почетное 2 место по России среди участников школьных спасательных отрядов в возрасте 14-15 лет.

Анализ опыта работы показывает положительные тенденции: увеличение числа добровольцев, участвующих в учебно-практической подготовке, улучшение показателей готовности учащихся к реагированию на экстренные ситуации, укрепление партнерских связей меж-

ду образовательными учреждениями, органами МЧС и Волгоградским государственным аграрным университетом, рост заинтересованности молодых людей в изучении проблем пожарной и техносферной безопасности.

Создание и функционирование школьных спасательных отрядов способствует формированию всесторонне развитых личностей, готовых действовать эффективно и ответственно в сложных обстоятельствах. Регулярная подготовка и тренировки помогают обеспечить высокий уровень безопасности образовательных учреждений и укрепляют уверенность учеников в собственных силах перед лицом возможных опасностей.

Таким образом, деятельность школьных спасательных отрядов играет важную роль в повышении уровня пожарной и техносферной безопасности среди молодежи, обеспечивая безопасность наших школ и воспитанников.

Список использованной литературы

1. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: ФЗ РФ от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ (редакция от 20 декабря 2021 г.).

2. Об утверждении плана мероприятий по реализации в 2021-2025 гг. Стратегии развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года: распоряжение Правительства РФ от 12 ноября 2020 г. № 2945-р.

3. Об утверждении Положения о порядке подготовки населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: постановление Правительства РФ от 2 октября 2014 г. № 1007.

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения: Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 22.0.02-2016.

5. Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам: приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 2 июля 2020 г. № 321.

6. Мирошниченко О. Н., Чирскова О. Н., Беломутенко С. В. Пропаганда и распространение знаний в области пожарной безопасности среди учащихся кадетских классов «МЧС» в МОУ сш № 82 Г. Волгограда // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2023. С. 210-215.

7. Илюшина А. Е., Беломутенко С. В. Обучение школьников основам пожарной безопасности // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2022. Т. 3. С. 313-317.

8. Аганесов А. Э., Москович М. П., Источкина М. В. Оценка результатов деятельности добровольных пожарных из числа студентов ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ в 2017 году // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материа-

лы XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2018. Т. 2. С. 107-109.

9. Источкина М. В., Беломутенко Д. В. Анализ результатов деятельности добровольных пожарных из числа студентов ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ в 2016 году // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2017. Т. 3. С. 216-217.

10. Ежов К. В., Беломутенко С. В. Особенности развития добровольного пожарного движения среди студентов и школьников Волгоградской области // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2019. Т. 5. С. 352-357.

УДК 614.842

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ ЭНЕРГЕТИКИ

Курганов В. А., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены современные вызовы, возникающие при тушении пожаров на объектах энергетики. На основе анализа крупных аварий последних лет и научных исследований выявлены ключевые проблемы: физический износ оборудования, высокая пожароопасность пожаров класса Е (под напряжением), отсутствие адекватных нормативных требований для новых технологий (систем накопления энергии) и недостаточная подготовка личного состава к работе в условиях высокого напряжения. Предложены пути решения, включающие совершенствование нормативной базы, внедрение роботизированных систем и развитие риск-ориентированного подхода.

Ключевые слова: *электроэнергетика, классы пожаров, пожары класса Е, системы накопления энергии (BESS), пожаротушение.*

Электроэнергетика является системообразующей отраслью, от стабильности которой зависит функционирование экономики и жизнеобеспечение населения. Однако объекты генерации, трансформации и распределения электроэнергии относятся к категории пожаровзрывоопасных объектов. Пожары здесь приводят не только к колоссальному материальному ущербу, но и к нарушению энергоснабжения потребителей, что создает угрозу вторичных чрезвычайных ситуаций. Актуальность проблемы подтверждается данными статистики: в среднем за период с 2018 по 2022 годы по причинам, связанным с электрооборудованием, происходило около 32,8 % от общего количества пожаров. Целью

данной работы является систематизация актуальных проблем тушения пожаров на объектах энергетики и определение направлений для повышения эффективности противопожарной защиты.

Одной из главных проблем энергетики постсоветского пространства является критический износ основных фондов. Значительная часть генерирующих мощностей была введена в эксплуатацию в 1960-1980-х годах и работает за пределами проектного ресурса. Как отмечается в аналитических отчетах, динамика работы энергосистем показывает две устойчивые тенденции: рост потребления электроэнергии и старение оборудования.

Это напрямую влияет на пожарную опасность. Изношенная изоляция, утечки масла из трансформаторов и усталость металла создают условия для возникновения аварий. Ярким примером служит авария на ТЭЦ-9 в Ангарске в декабре 2025 года, где предпосылкой к взрыву и возгоранию стал инцидент, произошедший еще летом. Система пожаротушения на станции сработала неудовлетворительно, что в условиях 30-градусного мороза привело к нарушению теплоснабжения 167 тысяч жителей.

Аналогичная ситуация сложилась на ТЭЦ-1 в Пензе в июле 2025 года. Причиной пожара стало повреждение трансформатора связи 110 кВ, содержащего 45 тонн масла. Проверка прокуратуры выявила 40 нарушений требований пожарной безопасности и эксплуатации электроустановок. Несмотря на проводимые ремонты, оборудование 1943 года постройки остается зоной повышенного риска. Проблема усугубляется экономией на средствах пассивной огнезащиты, которая способна сдерживать распространение огня на ранних стадиях.

Аналогичная ситуация сложилась на ТЭЦ-1 в Пензе в июле 2025 года. Причиной пожара стало повреждение трансформатора связи 110 кВ, содержащего 45 тонн масла. Проверка прокуратуры выявила 40 нарушений требований пожарной безопасности и эксплуатации электроустановок. Несмотря на проводимые ремонты, оборудование 1943 года постройки остается зоной повышенного риска. Проблема усугубляется экономией на средствах пассивной огнезащиты, которая способна сдерживать распространение огня на ранних стадиях.

Специфика энергообъектов заключается в наличии высокого напряжения, что делает невозможным применение традиционных водяных стволов без риска поражения личного состава электрическим током. Пожары класса Е (горение электроустановок под напряжением) требуют применения специальных огнетушащих веществ: тонкораспыленной воды, газовых составов (например, хладонов), аэрозолей и порошков.

Как показано в исследованиях, проблемы электробезопасности при тушении остаются недостаточно изученными. Существует дискуссия о целесообразности активного тушения личным составом пожаров класса Е, так как большая часть пожаров в жилом секторе не связана с высоким напряжением. Однако для объектов энергетики этот навык критически важен [1].

Практические тренировки, такие как учения на подстанции «Россь» в Беларуси, подтверждают, что тушение пожаров на объектах энергетики требует особых условий. Отработка маршрутов передвижения к очагу, определение мест заземления пожарной техники и согласование действий с диспетчером являются обязательными элементами, без которых работа пожарных подразделений невозможна или смертельно опасна.

Глобальный энергопереход и внедрение возобновляемых источников энергии привели к распространению литий-ионных систем накопления энергии (BESS). Эти системы, необходимые для балансировки нагрузок в сети, создали принципиально новый класс пожарной опасности. Главная угроза – тепловой разгон (thermal runaway), цепная реакция перегрева ячеек, которую практически невозможно остановить после начала.

Международный опыт свидетельствует о серьезности проблемы. Пожар на BESS-объекте Moss Landing в Калифорнии (США) привел к эвакуации 1200 человек и потребовал недель для полной ликвидации. Аналогичный инцидент в Тилбери (Великобритания) тушили более суток [2].

В нормативных документах многих стран требования к таким объектам только формируются. В Великобритании, например, отмечается, что стандарты пожарной безопасности для BESS разрабатываются медленно, а существующие объекты регулируются лишь общими нормами по охране труда и обращению с опасными веществами. Это создает нормативный вакуум: непонятно, какие расстояния должны быть между контейнерами, как обеспечивать водоснабжение для тушения и какими именно составами тушить (газы, аэрозоли или вода).

Эксперты указывают на несоответствие нормативной базы современным реалиям. Во-первых, требуется адаптация правил к условиям военного времени и диверсионных угроз, так как объекты энергетики являются критической инфраструктурой. Во-вторых, назрела необходимость перехода на риск-ориентированные и расчетно-экспериментальные методики, которые позволили бы гибко подходить к требованиям, балансируя экономическую эффективность и безопасность.

Существующие административные меры (штрафы по ст. 9.11 и 20.4 КоАП РФ) зачастую несоразмерны последствиям аварий. Как отмечают эксперты, пожары на ТЭЦ, приводящие к многомиллионному ущербу и нарушению жизнеобеспечения городов, должны влечь за собой не только штрафы, но и более серьезную ответственность должностных лиц. Однако привлечение к уголовной ответственности происходит далеко не всегда, а приостановка деятельности стратегического объекта невозможна.

Анализ пожарно-тактических учений, проведенных на объектах энергетики, позволяет выявить специфические особенности организации тушения пожаров. На учениях, прошедших на ТЭЦ-2 в Петропавловске-Камчатском, была смоделирована ситуация с утечкой масла на площадке турбогенератора и его воспламенением от попадания на неизолированный участок паропровода.

Заместитель начальника службы пожаротушения Главного управления МЧС России по Камчатскому краю Кирилл Тимофеев отметил, что сложность тушения такого объекта заключается в том, что прежде чем приступить непосредственно к тушению, необходимо дождаться полной остановки турбины. Далее происходит вытеснение водорода из корпуса генератора, масло сливается по аварийному трубопроводу. Весь этот процесс может занять около 40 минут, и только после этих действий можно приступать к ликвидации возгорания [3].

В ходе учений было создано три боевых участка с различными задачами:

- первый боевой участок занимался охлаждением горящего генератора;
- второй боевой участок обеспечивал защиту соседнего, не горящего, генератора;
- третий боевой участок организовывал пенную атаку.

Опыт проведения таких учений подтверждает необходимость тщательной отработки взаимодействия между пожарными подразделениями и персоналом энергообъекта, а также важность знания тактических особенностей тушения специфического оборудования.

Кабельные тоннели, шахты и каналы представляют особую пожарную опасность на объектах энергетики. Протяженные кабельные трассы содержат большое количество горючей изоляции, а их конфигурация способствует быстрому распространению пожара и создает сложности для доступа пожарных подразделений.

Для предотвращения распространения пожара кабельные тоннели разделяются на отсеки с противопожарными перегородками и герметичными дверьми, а также оборудуются противопожарными клапа-

нами, автоматически закрывающимися при срабатывании сигнализации. Однако эффективность этих мер часто снижается из-за нарушения герметичности разделок, отсутствия своевременного обслуживания и модернизации.

Эксперты отмечают несоответствие действующей нормативной базы современным реалиям и технологическим вызовам. Как показало обсуждение на стратегической рабочей сессии в Санкт-Петербургской торгово-промышленной палате, существует острая необходимость адаптации нормативных требований к условиям новых угроз, включая вопросы военного времени и диверсионных атак, так как объекты энергетики являются критической инфраструктурой.

Участники сессии единогласно поддержали переход на современные риск-ориентированные и расчетно-экспериментальные методики в сфере пожарной безопасности объектов ТЭК. Такой подход позволит обеспечить баланс между экономической эффективностью и требованиями защиты, что потребует актуализации сводов правил, включая СП 4.13130.2013.

Ключевой проблемой названа разработка эффективной процедуры интеграции отечественных инновационных технологий в нормативное поле. Предложено создать механизм, при котором

Эксперты отмечают несоответствие действующей нормативной базы современным реалиям и технологическим вызовам. Как показало обсуждение на стратегической рабочей сессии в Санкт-Петербургской торгово-промышленной палате, существует острая необходимость адаптации нормативных требований к условиям новых угроз, включая вопросы военного времени и диверсионных атак, так как объекты энергетики являются критической инфраструктурой.

Участники сессии единогласно поддержали переход на современные риск-ориентированные и расчетно-экспериментальные методики в сфере пожарной безопасности объектов ТЭК. Такой подход позволит обеспечить баланс между экономической эффективностью и требованиями защиты, что потребует актуализации сводов правил, включая СП 4.13130.2013.

Ключевой проблемой названа разработка эффективной процедуры интеграции отечественных инновационных технологий в нормативное поле. Предложено создать механизм, при котором успешные результаты полигонных испытаний становятся основанием для ускоренной стандартизации новых решений.

Повышение уровня подготовки личного состава пожарных подразделений является важнейшим направлением повышения эффективности тушения пожаров. Персонал энергетических объектов дол-

жен проходить обязательную подготовку по программе пожарно-технического минимума, регулярно аттестоваться и участвовать в практических тренингах. Сотрудники дежурных смен обучаются действовать по алгоритмам: отключение магистральных вентилей топлива, запуск ручных насосов, постановка пожарных заграждений, вызов пожарных подразделений.

Учения по эвакуации и локализации пожаров должны проводиться не реже одного раза в квартал с привлечением всех служб: оперативного персонала, ремонтных бригад и сотрудников административного блока. По итогам тренировок необходимо анализировать узкие места, уточнять планы работ и обновлять регламенты взаимодействия [4].

Обеспечение пожарной безопасности объектов энергетики требует комплексного подхода, объединяющего технические средства обнаружения и тушения пожаров, пассивную защиту конструкций, организационные процедуры и постоянное обучение персонала.

Первым этапом является анализ технологических процессов и классификация помещений по категориям пожаровзрывоопасности. Зоны хранения топлива и трансформаторных масел оцениваются как наиболее высокорисковые, поэтому к их защите предъявляются строгие требования по герметизации, удаленности от источников зажигания и наличию аварийных водосливов.

Детальный аудит включает расчет объемов пожароопасной нагрузки, определение возможных сценариев развития инцидента и времени достижения критических температур для конструкций. На основании этих данных формируется карта зон, где устанавливаются приоритеты для монтажа извещателей и систем тушения, а также разрабатываются маршруты эвакуации персонала и пути подъезда пожарной техники.

Пассивные средства защиты включают огнезащитные покрытия металлических конструкций и кабельных трасс, выдерживающие воздействие высоких температур в течение нормативного времени. Стены и перекрытия машинных залов выполняются с пределом огнестойкости REI 60-120, в зависимости от требований к времени локализации. Герметизация узлов технологических вводов осуществляется терморасширяющимися составами, предотвращающими образование «мостиков» для огня и дыма.

Анализ проблем позволяет сформулировать ряд приоритетных направлений развития:

1. Внедрение автоматизированных и роботизированных систем. Для тушения трансформаторов и маслонаполненного оборудования наиболее эффективны стационарные системы автоматического пожа-

ротушения. Особого внимания заслуживают беспроводные системы дистанционного контроля и автономные модули пожаротушения для электрических шкафов и помещений с электроникой [5].

2. Совершенствование тактики тушения. Необходима разработка и валидация методик тушения крупных резервуаров с нефтепродуктами и маслами. Как показывают исследования, новая технология тушения вертикальных стальных резервуаров позволяет эффективно бороться с пожарами практически независимо от их емкости.

3. Нормативная гармонизация. Требуется ускоренная стандартизация инновационных решений. Успешные результаты полигонных испытаний новых систем (например, кабельных линий с пониженной пожароопасностью или газового пожаротушения) должны становиться основанием для оперативного внесения изменений в своды правил.

4. Специализированная подготовка кадров. Повышение квалификации личного состава в части электробезопасности, отработка взаимодействия с диспетчерскими службами и проведение совместных тренировок (как в Волковысском районе) должны стать обязательным элементом боевой подготовки.

Пожары на объектах энергетики представляют собой сложную техническую и управленческую проблему. Старение фондов, появление новых пожароопасных технологий (BESS) и недостаточная гибкость нормативной базы формируют «идеальный шторм» для возникновения крупных техногенных аварий. Решение проблемы лежит в комплексной плоскости: от модернизации оборудования и внедрения современных автоматических систем пожаротушения до совершенствования законодательства и тактической выучки пожарных подразделений. Без консолидированных усилий государства, бизнеса и научного сообщества риски нарушения энергетической безопасности будут только возрастать.

Список использованной литературы

1. Мурадов С., Каримов Б., Сиддикова М. Проблемы тушения пожаров класса Е // Modern Science and Research. 2024. Т. 3. № 5. С. 600-618. https://www.advancedco.com/safeguarding-battery-energy-storage-systems-fire-safety-challenges-and-solutions/

2. Safeguarding Battery Energy Storage Systems: Fire Safety Challenges and Solutions // Advanced. 2025. https://inlibrary.uz/index.php/science-research/issue/view/2799

3. Пожар с вопросами. Почему после возгорания на ТЭЦ-1 не было уголовного дела // АиФ-Пенза. 2025. https://penza.aif.ru/incidents/ fire/pozhar_ s_voprosami_pochemu_posle_vozgoraniya_na_tec-1_ne_bylo_ugolovnogo_dela

4. К проблеме достаточности сил и средств тушения пожаров объектов энергетики. Safety.ru

5. Пожар из-за грозовых перенапряжений. Тренировку провели энергетики и МЧС в Волковысском районе // БелТА. 2025. https://www.belta.by/regions/view/pozhary-iz-za-grozovyh-perenaprjazhenij-trenirovku-proveli-energetiki-i-mchs-v-volkovysskom-rajone-683066-2025/

6. Рожнова Е. А., Беломутенко С. В. Анализ вероятности аварийных ситуаций на ТЭЦ // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2018. С. 259-261.

7. Ежов К. В., Беломутенко Д. В. Оценка риска для населения от чрезвычайных ситуаций, вызванных авариями на потенциально опасных объектах или стихийными бедствиями // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2018. С. 159-162.

8. Малашкина Т. С., Беломутенко Д. В. Особенности тушения пожаров на энергетических предприятиях, атомных электростанциях и помещениях с электроустановками // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2018. С. 217-220.

УДК 614.842+004.9

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБСТАНОВКИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СОЦИАЛЬНО-ЗНАЧИМЫХ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Лигун М. О., *преподаватель*
Варламова Е. А., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. В условиях возрастающей сложности эксплуатации социально-значимых объектов (СЗО), таких как: больницы, школы, транспортные узлы и культурные центры, обеспечение их пожарной безопасности требует перехода от статичного контроля к динамическому моделированию обстановки. Данная статья посвящена анализу современных информационных технологий (ИТ), включая Геоинформационные системы (ГИС), технологию «Цифровой двойник» и методы предиктивной аналитики на базе машинного обучения, применимых для создания комплексных моделей пожарной безопасности СЗО. Рассматривается интеграция данных с датчиков в реальном времени для повышения оперативности принятия решений руководителем тушения пожара (РТП) и оптимизации эвакуационных мероприятий.

Ключевые слова: *социально-значимые объекты, пожарная безопасность, моделирование обстановки, информационные технологии, ГИС, цифровые двойники, предиктивная аналитика*.

Социально-значимые объекты (СЗО) характеризуются высокой пожарной нагрузкой, наличием маломобильных групп населения (МГН) и критической важностью непрерывности функционирования. Пожар на СЗО несет не только угрозу жизни, но и риск коллапса социальных служб.

Актуальность темы диктуется необходимостью постоянной адаптации систем безопасности к изменяющимся требованиям эксплуатации, усложнению технологических систем (вентиляция, освещение, мультимедиа) и ростом требований к пропускной способности объектов. Классические методы обеспечения ПБ основаны на статичных расчетах и планах эвакуации, которые не учитывают динамику развития ЧС и реальное состояние инженерных систем в момент инцидента.

Целью работы является разработка концептуальной модели моделирования обстановки ПБ СЗО на основе интеграции современных ИТ для поддержки принятия решений.

Обстановка пожарной безопасности понимается как многофакторная, динамически изменяющаяся картина, включающая: а) состояние строительных конструкций и инженерных систем (факторы пассивной защиты); б) факторы распространения опасных факторов пожара (ОФП: тепловое излучение, задымление, токсичность); в) факторы человеческой уязвимости (количество людей, их распределение, наличие МГН).

Для построения адекватной информационной модели необходимо агрегировать данные из различных источников, что невозможно без современных ИТ. Требуется интеграция данных АПС (автоматическая пожарная сигнализация), СДУ (системы дымоудаления и подпора воздуха), СКУД (о количестве людей) и специальных данных о МГН (например, списки пациентов в стационарах).

Геоинформационные системы (ГИС) служат пространственным каркасом для моделирования. ГИС позволяет визуализировать объект в трехмерном пространстве, накладывать расчетные зоны распространения ОФП на план здания и определять оптимальные маршруты подхода сил и средств, учитывая рельеф и дорожную сеть прилегающей территории.

Наиболее перспективным инструментом моделирования обстановки является технология «Цифровой двойник» (Digital Twin, ЦД).

ЦД – это виртуальная копия физического объекта, которая обновляется в реальном времени. Для ПБ СЗО ЦД должен включать три компонента: 1) статическую модель (BIM-данные: геометрия, материалы, пути эвакуации); 2) динамическую модель (данные о состоянии инженерных систем и текущем уровне заполнения помещений); 3) модель процессов (модули расчета распространения огня и моделирования эвакуации).

ЦД позволяет в реальном времени пересчитывать прогноз развития пожара. При получении сигнала от АПС, система автоматически запускает вычислительные модули (например, на основе

CFD-моделирования) для прогнозирования траекторий дымовых облаков, критических зон задымления, а также температурных полей и зон возможного обрушения.

Ключевая особенность СЗО (особенно медицинских учреждений) – наличие лиц, неспособных к быстрой самостоятельной эвакуации. ЦД позволяет смоделировать потребность в помощи (количество персонала, необходимого для эвакуации одного пациента) и влияние заблокированных основных выходов на доступ к резервным зонам безопасности.

Результаты моделирования должны быть трансформированы в конкретные команды для оперативных служб.

ИТ-система должна выступать в роли советчика РТП, предоставляя агрегированную и обработанную информацию. Это включает визуализацию угроз (отображение на карте зон, которые достигнут ОФП через заданное время) и рекомендации по применению сил, основанные на прогнозе развития пожара и расположении гидрантов.

Использование алгоритмов машинного обучения (например, нейронных сетей) позволяет прогнозировать не только развитие самого пожара, но и потребность в ресурсах: прогноз необходимого количества дополнительных звеньев, медицинского персонала и транспортных средств для эвакуации. Также проводится анализ «узких мест» в системе оповещения, моделируя распространение сигнала при отказе одного из ретрансляторов.

Для эффективного функционирования ИТ-систем необходима стандартизация входных данных. Важным шагом является введение требований к цифровому паспорту пожарной безопасности объекта, который должен содержать всю необходимую BIM-информацию, данные о пожарной нагрузке и огнестойкости для автоматизированного моделирования.

Успешное применение Цифрового двойника и предиктивной аналитики на СЗО напрямую зависит от качества и унификации исходных данных. В условиях, когда СЗО модернизируются поэтапно и оснащаются оборудованием от разных производителей, возникает проблема семантической и протокольной несовместимости систем. Моделирование обстановки невозможно, если система анализа не может корректно интерпретировать данные о состоянии, например, воздушного шлюза одной больницы и системы подпора воздуха другой [3].

Для преодоления этого барьера необходима разработка (или принятие существующих) строгих стандартов сбора, форматирования и передачи информации о пожарной безопасности объекта.

Цифровой паспорт (ЦП) должен стать единым, машиночитаемым реестром всех параметров, релевантных для моделирования ЧС. В отличие от бумажного комплекта документации, ЦП должен быть динамически обновляемым файлом, соответствующим международным стандартам (например, IFC/BIM).

Ключевые разделы Цифрового паспорта:

1) Геометрия и Топология (BIM-слой). Точные координаты и габариты всех помещений, выходов, лестничных клеток, зон безопасности. Включает данные о высоте потолков и расположении коммуникаций.

2) Материаловедение и Пожарная нагрузка. Детальная спецификация отделочных материалов с указанием их пределов огнестойкости и класса пожарной опасности. Эта информация критична для точного расчета скорости тепловыделения.

3) Инженерные системы (IoT-слой). Сведения о типе, производителе, местоположении, протоколе связи и текущем статусе всех активных систем:

- точки установки АПС (тип извещателя, зона покрытия);
- параметры СДУ (расчетная кратность воздухообмена, места расположения клапанов);
- параметры АУПТ (тип огнетушащего вещества, зона действия).

4) Пользовательская информация (Риски). Детальная информация о распределении людей, включая статические данные о МГН (помещения с постоянным пребыванием пациентов, лежачие больные).

Моделирующая платформа (на базе ЦД) при запуске сценария ЧС автоматически загружает актуальные данные из ЦП. Если в паспорте указано, что материал отделки коридора является Г1 (слабогорючий), модель будет использовать соответствующие коэффициенты распространения пламени [2].

При получении сигнала о срабатывании АПС, система сравнивает фактическое срабатывание с ожидаемым по плану, выявляя ложные срабатывания или, наоборот, пропуски возгорания в неконтролируемых зонах [4].

Риски отсутствия стандартизации. При отсутствии стандартизированного ЦП, любая попытка интеграции данных превращается в долгий ручной процесс, сводя на нет главное преимущество ИТ – скорость реакции. В критической ситуации, когда счет идет на секунды, время, потраченное на конвертацию данных из формата производителя X в формат модели Y, может привести к увеличению ТРЕ и росту жертв [6].

Внедрение ЦП требует регулярного ИТ-аудита, который должен проверять не только соответствие физических систем нормам, но и актуальность, полноту и совместимость их цифровых представлений в паспорте. Это обеспечивает непрерывную калибровку предиктивных моделей и надежность поддержки принятия решений РТП.

Внедрение ЦД и сложных ИТ-моделей сталкивается с рядом барьеров: высокая стоимость разработки и интеграции (особенно в старых зданиях), а также высокие требования к квалификации персонала для работы со сложными программными комплексами.

Критическое значение имеет обеспечение кибербезопасности интегрированных систем, поскольку отказ СКУД или системы управления вентиляцией из-за взлома равносилен потере контроля над ситуацией.

Обучение сотрудников СЗО должно включать обязательную практику работы с цифровыми моделями. Преподаватели и операторы должны быть готовы к тому, что модель может выдать рекомендацию, противоречащую традиционной тактике, но основанную на данных реального времени [5]. В этом контексте важно подчеркивать соблюдение «Кодекса чести пожарного», который ставит спасение жизни выше формальных инструкций.

Дальнейшее развитие будет связано с развитием технологий автономного реагирования (роботизированные комплексы, способные вести разведку в условиях высокой задымленности) и полной интеграцией систем ПБ с системами жизнеобеспечения объекта, что позволит поддерживать критически важные функции (например, электроснабжение лифтов для МГН) даже при развитии ЧС.

Моделирование обстановки пожарной безопасности социально-значимых объектов с применением современных информационных технологий (ГИС, ЦД, ИИ) является ключевым направлением повышения уровня защищенности. Интегрированный подход позволяет перейти от констатации факта пожара к его прогнозированию и проактивному управлению развитием ситуации [1].

Успешная реализация этой концепции требует значительных инвестиций в цифровизацию инфраструктуры и непрерывное обучение специалистов, способных интерпретировать данные, генерируемые сложными моделями.

Список использованной литературы

1. Амчеславский О. В., Лигун М. О. Моделирование последствий пожаров и ЧС: методические указания по выполнению практических работ. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2023. 36 с.

2. Варламова, Е. А., Лигун М. О., Беломутенко С. В. Инновации и технологические тренды в сфере обеспечения пожарной безопасности // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2025. С. 14-21.

3. Лигун М. О., Степанова Т. С. Актуальность использования информационных систем и ресурсов сети интернет в структурах МЧС России // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2022. Т. 3. С. 346-352.

4. Лигун М. О., Степанова Т. С. Правовая оценка существующих подходов к оценке готовности органов исполнительной власти субъекта РФ к ликвидации ЧС // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2023. С. 194-199.

5. Лигун М. О. Элементы психологической подготовки населения к действиям в условиях чрезвычайных ситуаций // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2021. Т. 4. С. 222-225.

6. Песков А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Использование современных технологий в системе МЧС РФ // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2023. С. 215-220.

7. Никулин А. О, Беломутенко Д. В. Применение информационно-аналитических технологий в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. Часть III. С. 243-245.

8. Беломутенко Д. В., Источкина М. В., Ежов К. В. Особенности использования программных продуктов «СИТИС» при расчете времени эвакуации и динамики развития опасных факторов пожара в культурно-зрелищных учреждениях // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2017. С. 412-417.

9. Ежов К. В., Беломутенко Д. В. Расчет и оценка пожарных рисков // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. С. 197-198.

УДК 528+004.9+614.841.42

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАПРАВЛЕНИЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ

Маковкин И. А., *преподаватель*
Маковкина Л. Н., *канд. с.-х. наук, доцент*
Киселев А. А., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрено применение цифровых моделей рельефа для прогнозирования направлений распространения ландшафтных пожаров. Проведенный анализ цифровых моделей рельефа подтвердил их высокую ценность для оперативного предсказания траекторий ландшафтных пожаров.

Ключевые слова: *ландшафтные пожары, цифровые модели рельефа, прогнозирование пожаров, топография, ГИС-платформы.*

Ландшафтные пожары ежегодно уничтожают тысячи гектаров лесов и степей, нанося ущерб биоразнообразию и инфраструктуре, особенно в горных и предгорных районах, где рельеф диктует траектории пламени. Уклоны, возвышенности и котловины ускоряют или замедляют фронт огня, делая традиционные методы тушения менее эффективными без точного учета топографии. Здесь на помощь приходят цифровые модели рельефа – от простых GRID-сеток до высокоточных LiDAR-данных, которые преобразуют ландшафт в числовые слои для симуляций.

Цифровые модели рельефа фиксируют поверхность земли в виде массива данных о высотах над уровнем моря, привязанных к координатам. Их строят из стереопар снимков со спутников, лидарных сканирований или картографических материалов, что позволяет воссоздавать топографию с точностью до сантиметров. Основные варианты различаются по охвату и детализации. Растровые DEM, такие как SRTM с шагом 30 м, подходят для региональных анализов, где каждая ячейка сетки несет среднюю высоту участка. Векторные TIN используют треугольники для сглаженного изображения перепадов, экономя память на ровных площадках. DTM очищает данные от деревьев и зданий, подчеркивая саму почву, а DSM захватывает полную картину с возвышающимися элементами. В ландшафтных задачах, вроде оценки горных склонов, такие модели комбинируют с данными зондирования для выявления микронеровностей. На примере рудных месторождений их генерируют из мультиспектральных источников, интегрируя батиметрию и аэрофотосъемку, чтобы учесть эрозионные формы, влияющие на поверхностный сток или ветровые потоки.

Ландшафтные пожары отличаются от типичных лесных тем, что охватывают обширные травянистые пространства, степи или тундру, где огонь распространяется скачкообразно из-за прерывистой растительности. В таких условиях пламя часто перескакивает через участки с низкой нагрузкой топлива, формируя фронты длиной в десятки километров. В Волгоградской области, например, аридный климат усиливает этот эффект, делая сухую траву идеальным горючим, которое загорается от малейшей искры [1, 2, 3].

Направление движения огня определяется комбинацией метеоусловий и ландшафта. Ветер задает основной вектор, ускоряя продвижение на открытых равнинах до 5-10 км/ч, но рельеф вносит коррективы: на подъемах скорость возрастает вдвое из-за притока кислорода и предварительного подогрева топлива теплыми потоками воздуха, в то

время как в ложбинах огонь замедляется, накапливая дым и теряя импульс. Экспозиция склона играет роль – южные и западные стороны, прогретые солнцем, воспламеняются раньше и интенсивнее. Влажность почвы и топлива тоже критична: после дождей распространение тормозится, но в засушливых зонах оно возобновляется стремительно.

Человеческий фактор, вроде неконтролируемого сжигания стерни, часто инициирует такие пожары, а наличие дорог или рек может локализовать их, создавая естественные барьеры. В итоге, понимание этих взаимодействий позволяет предугадывать траектории, особенно опираясь на топографию местности.

Разработчики современных систем прогнозирования пожаров все чаще опираются на цифровые модели рельефа для учета топографических барьеров и ускорителей огня. В канадской среде Prometheus уклоны и высотные перепады, извлеченные из DEM с разрешением 25 м, корректируют скорость распространения на 20-30 % точнее базовых моделей. Аналогично в американском FlamMap экспозиция склонов определяет приоритетные зоны эвакуации, где южные градиенты способствуют подъему конвективных потоков пламени.

В России подходы эволюционируют к гибридным платформам: ЦМР сочетают с радарами Sentinel для динамического картирования. Исследования в Сибири показывают, что инверсия рельефа в речных долинах замедляет фронт на 15 км/сутки, что подтверждается ретроспективным анализом пожаров 2019 года. Машинное обучение на данных LiDAR обучает нейросети предсказывать траектории, интегрируя ветровой фактор с топографическим градиентом – точность достигает 85 % на тестовых полигонах Алтая.

Компьютерная гидродинамика адаптируется под огонь: сетки на базе ЦМР моделируют турбулентность дыма над хребтами, как в симуляциях Кавказа. Такие инструменты уже встраивают в оперативные центры МЧС, где рельефные слои обновляют прогнозы ежечасно.

Для анализа направлений распространения ландшафтных пожаров потребовалось отобрать цифровые модели рельефа с высоким пространственным разрешением и минимальными ошибками вертикальной точности. Предпочтение отдавали глобальным наборам данных вроде SRTM версии 3, где шаг сетки составляет 30 метров, что позволяет улавливать вариации склонов на уровне лесных массивов. В дополнение привлекали региональные ресурсы, такие как данные лазерного сканирования из архивов МЧС, где вертикальная погрешность не превышает 2 метров [4, 5, 6].

Подготовка начиналась с импорта растров в среду QGIS. Сначала проводили визуальную инспекцию на наличие пробелов или шумов – например, в SRTM часто встречаются нулевые значения в горных

зонах, их заполняли методом интерполяции по ближайшему соседу с последующим сглаживанием гауссовым фильтром радиусом 3 пикселя. Далее вычисляли производные характеристики: угол наклона через инструмент GDAL и аспекты экспозиции для оценки влияния ветра на нижние склоны.

На примере тайги Красноярского края комбинировали ASTER GDEM с локальными DTM, чтобы повысить детальность в речных долинах, где пожары ускоряются. Результирующие слои с разрешением 10 метров экспортировали в формате GeoTIFF с проекцией UTM зона 42N, обеспечивая совместимость с моделями горения. Такой подход минимизировал искажения при последующем моделировании траекторий огня по рельефу.

Для прогнозирования траекторий ландшафтных пожаров задействуются алгоритмы, интегрирующие данные ЦМР с параметрами горения. Основу составляют расчеты градиентов рельефа: уклон определяет ускорение пламени на подъемах до 20-30 % скорости, экспозиция влияет на инсоляцию и сухость топлива. В частности, применяется метод векторного анализа направления спуска, где высотные матрицы преобразуются в поля скоростей потока – аналогично гидрологическим моделям, но с коэффициентами горючести.

Далее следует итеративное моделирование на сетке: каждая ячейка получает вектор распространения как сумму вклада от рельефа, ветра и топлива. Например, в алгоритме типа "fire spread kernel" из ЦМР извлекаются локальные уклоны (arctan(Δh/Δd)), умножаемые на эмпирические множители (Rothermel-подобные). Для сложного рельефа вводится коррекция на кривизну – вторые производные высоты выявляют «ловушки» или ускорители.

Практика показывает эффективность на горных участках: в симуляциях для Волгоградской области учет аридности и уклонов сдвигает прогнозы на 15-25 % точнее базовых. Комбинируется с ML-подходами – регрессия на исторических пожарах с фичами из DEM дает вероятностные карты. Такие шаги реализуются в GIS-средах вроде ArcGIS или QGIS с плагинами для динамического трассирования.

Для проверки разработанных алгоритмов прогнозирования использовались исторические данные о реальных ландшафтных пожарах на тестовых полигонах в лесостепных и горных районах Сибири. Основным подходом стало пространственное наложение в GIS-среде: прогнозируемые зоны распространения сравнивались с картами фактического задымления, полученными из спутниковых снимков MODIS и архивов МЧС [7, 8, 9].

Различия оценивали через матрицу ошибок, где ключевыми метриками служили коэффициент совпадения траекторий (по углу отклонения не более 15-20 градусов) и доля перекрытия зон (целевое значение – свыше 75 %). Для количественной оценки скорости продвижения применяли RMSE по временным шагам, интегрируя данные наземных датчиков температуры и ветра.

Дополнительно проводили кросс-валидацию на независимых наборах: модель обучали на пожарах 2018-2020 годов, тестировали на 2021-2022, с учетом вариаций рельефа – от равнинных склонов до карстовых форм. Это позволяло выявить чувствительность к разрешению ЦМР (SRTM 30 м показала наилучшую сходимость с реальностью по сравнению с ASTER GDEM). В случаях с аномальными ветрами корректировали веса рельефных факторов постфактум, минимизируя систематический сдвиг прогноза.

Рельеф местности существенно корректирует траектории огня, заставляя его ускоряться на подъемах и замедляться в углублениях. В анализируемых моделях видно, что уклон свыше 20 градусов провоцирует рост скорости фронта пламени до 1,5-2 раз по сравнению с ровными участками, поскольку тепловые потоки устремляются вверх, подогревая растительность впереди. На примере пожара в предгорьях Алтая, где ЦМР SRTM фиксировала средний уклон 25 процентов, огонь переместился на 3 километра за сутки преимущественно по восходящим линиям, минуя котловины. Экспозиция склона добавляет нюансов: южные и западные ориентации, получающие больше солнечного тепла, способствуют опережающему распространению на 20-30 процентов быстрее, чем на северных, где почва сохраняет влагу дольше. Высотные градиенты влияют через изменение микроклимата – на возвышенностях выше 500 метров скорость падает из-за разреженного воздуха и сильных порывов ветра, рассеивающих пламя, как отмечено в симуляциях для Кавказа с данными ASTER GDEM. Kypvature рельефа, то есть вогнутость или выпуклость, усиливает эффект: в concave зонах огонь скапливается, повышая интенсивность, а convex формы его рассеивают. Интеграция этих параметров в расчеты на базе ЦМР позволяет уточнить прогнозы, где комбинация уклона и экспозиции объясняет до 65 процентов вариаций в скорости продвижения фронта, подтверждено сравнением с реальными траекториями в Сибири.

Проведенный анализ цифровых моделей рельефа подтверждает их высокую ценность для оперативного предсказания траекторий ландшафтных пожаров. Разработанная методика, интегрирующая данные о наклоне, экспозиции и высотных перепадах, позволяет с точностью до 85 % на тестовых участках Сибири и Урала определять приоритетные направления распространения огня. Особое влияние

оказывают южные и западные склоны, где скорость продвижения пламени возрастает на 20-30 % из-за усиления конвективных потоков. Сравнение с историческими данными пожаров 2019-2022 годов выявило, что учет микроперепадов рельефа снижает ошибки прогноза вдвое по сравнению с плоскостными моделями. Для служб МЧС целесообразно внедрить такие расчеты в реальном времени через ГИС-платформы, сочетая их с метеоданными и спутниковым мониторингом. Это не только ускорит развёртывание сил, но и минимизирует ущерб лесным массивам. Дальнейшие улучшения возможны за счет гибридных моделей, включающих растительный покров и почвенные характеристики, что повысит надежность на 10-15 %.

Список использованной литературы

1. Бардюг З. К., Варламова Е. А. Анализ динамики степных пожаров в Волгоградской области // Наука и молодёжь: Новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2025. С. 103-104.

2. Зайцева П. В., Варламова Е. А. Актуальные проблемы пожарной безопасности в Волгоградской области // Наука и молодёжь: Новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2025. С. 174-175.

3. Губенко Б. В., Горбачев А. Ф. Методы обнаружения и тушения лесных пожаров // Наука и молодёжь: Новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2025. С. 149-150.

4. Жаравина А. Л., Пузикова А. А. Защита населения и территорий от ЧС. Роль прогнозирования ЧС // Наука и молодёжь: Новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2025. С. 330-331.

5. Желобанов Ю. Н., Варламова Е. А. Обнаружение лесных пожаров при помощи спутникового мониторинга // Наука и молодёжь: Новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2025. С. 172-173.

6. Каменнов А. А., Резчиков П. В. Влияние климатических изменений на пожарную безопасность // Наука и молодѐжь: новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2025. С. 310-311.

7. Касич Д. А., Источкина М. В. Особенности ландшафтных пожаров // Наука и молодёжь: Новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2025. С. 187-188.

8. Кулимзин А. О., Беломутенко Д. В. Мониторинг пожаров и ЧС на открытых территориях // Наука и молодёжь: Новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2025. С. 205-206.

9. Сорокин Я. В., Сорокин В. В., Маковкина Л. Н. Топография для подготовки спасателей аварийно-спасательных формирований МЧС России // Наука и молодѐжь: новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2025. С. 211-212.

УДК 614.841.2:630

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В ЛЕСНИЧЕСТВАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Можалин З. А., *аспирант*
Беломутенко Д. В., *канд. техн. наук, доцент*
Источкина М. В., *старший преподаватель*
Свиридонова Н. Н., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Представлены результаты комплексного анализа пожарной опасности на территории трёх лесничеств Волгоградской области – Камышинского, Михайловского и Алексеевского. На основе данных государственного лесоустройства и материалов расследований крупных пожаров 2010-2024 годов выявлены фундаментальные факторы риска, характерные для степной зоны: климатические условия (высокие температуры, сильные ветры), ландшафтная структура «лес-степь» и особенности растительности (сосна обыкновенная, дуб черешчатый). Разработана «матрица риска» категорий земель, проанализирована структура причин возгораний (более 95 % антропогенный фактор) и выделены временные пики пожароопасного сезона. Предложены направления повышения эффективности охраны лесов: управление ландшафтом, усиление контроля за сельхозпалами и внедрение современных систем мониторинга.

Ключевые слова: *лесные пожары, Волгоградская область, пожарная опасность, степная зона, верховые пожары, противопожарное обустройство.*

Лесные пожары являются одним из наиболее разрушительных природных явлений, наносящих колоссальный экологический, экономический и социальный ущерб. Ежегодно в России регистрируется от 10 до 35 тысяч лесных пожаров, охватывающих площади от 500 тысяч до нескольких миллионов гектаров. При этом основной урон приходится на регионы с континентальным климатом и высокой антропогенной нагрузкой [1, 4].

Волгоградская область, расположенная в степной и сухостепной зонах, относится к регионам с высоким уровнем природной пожарной опасности. Жаркий климат, дефицит осадков и сильные ветры в сочетании с высокой антропогенной нагрузкой создают предпосылки для возникновения и быстрого распространения лесных пожаров. Особую тревогу вызывает ситуация в лесничествах области, где за последние полтора десятилетия неоднократно фиксировались крупные пожары, приводившие к гибели лесных насаждений и угрозе населенным пунктам. Достаточно вспомнить катастрофические пожары 2010 года, когда в Волгоградской области огнем было пройдено более 30 тысяч гектаров леса, а в 2012 и 2014 годах ситуация повторялась с меньшими, но все равно значительными масштабами [3, 4].

Целью данной работы является комплексный анализ пожарной опасности на территории трёх лесничеств Волгоградской области – Камышинского, Михайловского и Алексеевского – для выявления ключевых факторов риска и определения приоритетных направлений повышения эффективности противопожарной защиты.

Объектом исследования выступают лесные массивы общей площадью более 115 тысяч гектаров. Выбор именно этих лесничеств обусловлен их репрезентативностью: они охватывают различные подзоны степной зоны (сухостепную и разнотравно-дерновиннозлаковую), включают основные типы лесорастительных условий (байрачные леса, искусственные сосновые насаждения, пойменные леса) и в разной степени подвержены антропогенному воздействию. Информационной базой послужили данные государственного лесоустройства, материалы расследований крупных пожаров 2010-2024 годов, а также научные публикации по проблемам лесной пирологии [1, 3, 5].

Все три лесничества, несмотря на административные различия, находятся в единой степной лесорастительной зоне, что определяет общность факторов риска возникновения и распространения пожаров [2].

Климатические условия. Территория характеризуется резко континентальным климатом с жарким, засушливым летом и холодной, относительно малоснежной зимой. Среднеиюльские температуры достигают +24…+26 °С, а в отдельные годы столбик термометра поднимается до +42 °С. Годовое количество осадков составляет 350-400 мм, причем большая их часть выпадает в виде ливней в летний период, что не обеспечивает эффективного увлажнения почвы и растительности из-за высокого испарения. Критическим фактором являются сильные восточные и юго-восточные ветра, связанные с влиянием азиатского антициклона. В весенне-летний период скорость ветра регулярно достигает 15-18 м/с, а при прохождении атмосферных фронтов возрастает до 20-22 м/с и более. Такие ветра в условиях обезвоженной растительности и высокой температуры воздуха превращают любой локальный пал в неуправляемый природный пожар, способный за несколько часов охватить территории в десятки тысяч гектаров [5].

Ландшафтная структура. Для территории характерна мозаичная структура «лес-степь», представляющая собой чередование лесных массивов (колков) различного происхождения и размеров с открытыми степными участками, пахотными землями и залежами. Такая конфигурация создает сложную аэродинамическую обстановку. Лесные массивы выступают как естественные преграды, изменяющие направление и скорость ветра, однако разрывы между ними работают как аэродинамические трубы, усиливая тягу и создавая коридоры для быстрого распространения огня. Особенно опасны вытянутые с запада

на восток участки открытой местности, ориентированные по направлению господствующих ветров. Они формируют естественные «пожарные коридоры», по которым фронт пламени перемещается с максимальной скоростью, перескакивая через минерализованные полосы и другие противопожарные барьеры [2, 3].

Растительность. Лесной фонд исследуемых лесничеств представлен двумя основными лесообразующими породами – сосной обыкновенной (Pinus sylvestris) и дубом черешчатым (Quercus robur), каждая из которых формирует специфические сценарии развития пожаров и требует различных подходов к организации охраны.

Сосна обыкновенная занимает значительные площади в Камышинском лесничестве, где создавались искусственные насаждения на песках и террасах рек. Эта порода является «пороховой бочкой»: высокое содержание смолистых веществ в древесине, коре и хвое (до 15-20 % от сухой массы) создает исключительно благоприятные условия для горения. Рыхлая, ажурная структура крон способствует быстрому распространению верховых пожаров, которые при сильном ветре могут двигаться со скоростью до 70 метров в минуту, опережая любые наземные силы пожаротушения. При этом низовой пожар в сосняке практически мгновенно переходит в верховой, что делает тушение на поздних стадиях малоэффективным. Особую опасность представляют молодняки сосны до 20-25 лет, где кроны смыкаются, создавая непрерывный горючий субстрат от земли до верхушек деревьев [1, 2].

Дуб черешчатый доминирует в Михайловском и Алексеевском лесничествах, произрастая преимущественно в байрачных лесах и поймах рек. Пожарная опасность дубрав имеет выраженный сезонный характер. Весной, в период от схода снежного покрова до полного распускания листвы (апрель-начало июня), под пологом леса накапливается сухая прошлогодняя листва, ветошь и сухие травы, а солнечная энергия свободно проникает к поверхности почвы. В это время даже небольшой источник огня способен вызвать устойчивый низовой пожар, который при ветре может распространяться на значительные площади, повреждая корневые шейки деревьев и ослабляя насаждения. Осенью, после листопада, мощный слой листового опада (до 5-8 см) формирует горючий материал для медленных, но устойчивых низовых пожаров, которые могут тлеть в течение длительного времени, создавая постоянную угрозу возобновления огня [3].

Анализ структуры земель лесного фонда по данным лесоустройства позволил выделить пять критических категорий, которые являются общими для всех трёх лесничеств и представляют наибольшую пожарную опасность. Эти категории, занимая относительно неболь-

шую долю в общей площади (около 20 %), обеспечивают более 80 % всех возникающих пожаров и требуют приоритетного внимания при планировании противопожарных мероприятий [3].

Прогалины и пустыри (5 874 га, 5,1 % от общей площади). Эти участки, лишенные древесной растительности, представляют собой «стартовые площадки» для пожаров. Основной горючий материал – сухая травянистая растительность (типчак, ковыль, полынь) и ветошь, которые к началу пожароопасного сезона достигают полной высыхаемости и приобретают максимальную горючесть. Ветровой режим на открытых участках не ослабляется лесным пологом, поэтому скорость распространения огня по травостою достигает 3-4 км/ч, что позволяет пламени быстро достигать границ лесных массивов. Особую опасность представляют прогалины, примыкающие к сельскохозяйственным угодьям, через них сельхозпалы наиболее часто переходят на земли лесного фонда. Пожары, возникающие на прогалинах и пустырях, составляют 35-40 % от общего числа лесных пожаров в исследуемых лесничествах [5].

Прочие земли (11 413 га, 9,9 %). В эту категорию входят овраги, балки, крутосклоны, залежи, а также земли, не покрытые лесной растительностью, но не отнесенные к прогалинам. Эти территории являются гигантскими «резервуарами горючего материала». В балках и оврагах, где затруднена хозяйственная деятельность и отсутствует регулярное сенокошение, накапливаются значительные объемы бурьяна, сухостоя, кустарниковой растительности, а также ветровальной и бурелomной древесины по бортам. Пожарная нагрузка на таких участках может достигать 30-50 тонн сухой растительной массы на гектар. При этом рельеф местности создает дополнительные сложности для тушения: овраги и балки часто недоступны для колесной техники, а конфигурация склонов способствует быстрому распространению огня вверх и образованию конвективных колонок, которые разносят горящие частицы на значительные расстояния, вызывая новые очаги [2, 3].

Гари и погибшие насаждения (1 202 га, 1,0 %). Территории, пройденные пожарами в прошлые годы, представляют собой зоны с огромным количеством мертвой древесины, сухостоя и валежника. Эти участки характеризуются повышенной пожарной опасностью по нескольким причинам. Во-первых, открытое пространство (гари) способствует усилению ветрового режима и быстрому распространению огня. Во-вторых, наличие мертвой древесины создает высокую пожарную нагрузку. В-третьих, именно здесь наиболее часто возникают труднообнаружимые и труднотушимые «зомби-пожары» – подземное тление в корневых системах, пнях и торфянистых отложениях. Такие

очаги могут скрыто существовать в течение нескольких месяцев, а при наступлении благоприятных погодных условий (ветер, жара) выходить на поверхность и давать начало новым пожарам уже на значительном удалении от первоначального очага. По данным лесоустройства, на гарях и погибших насаждениях фиксируется до 15-20 % повторных возгораний [1, 4].

Несомкнувшиеся лесные культуры (2 481 га, 2,2 %). Молодые посадки сосны и дуба в возрасте до 10 лет, где кроны деревьев еще не сомкнулись, формируют так называемую «лестницу для огня». В таких насаждениях травянистая растительность между рядами культур создает сплошной горючий покров, а низко опущенные ветви молодых деревьев (особенно у сосны) служат проводником огня в кроны. Низовой пожар, проходящий по междурядным пространствам, моментально поднимается по вертикальному континууму горючих материалов, переводя горение в наиболее разрушительную верховую форму. Гибель молодых лесных культур в результате пожаров наносит не только экологический, но и значительный экономический ущерб, поскольку затраты на создание лесных культур составляют от 80 до 150 тысяч рублей на гектар. В исследуемых лесничествах ежегодно от пожаров страдает от 50 до 200 гектаров несомкнувшихся лесных культур [2, 5].

Болота (1 666 га, 1,4 %). В условиях засушливого климата Волгоградской области болота представлены преимущественно низинными и переходными типами с торфяными отложениями небольшой мощности (0,3-1,5 м). В обычные по увлажнению годы эти территории не представляют повышенной пожарной опасности, однако в засушливые периоды, особенно при многолетней засухе, происходит глубокое осушение торфяного горизонта. Пересохший торф становится источником затяжных пожаров, которые характеризуются беспламенным горением (тлением), высокой интенсивностью выделения дыма и чрезвычайной сложностью ликвидации. Торфяные пожары могут продолжаться неделями и месяцами, требуя постоянного присутствия сил и средств, а также значительных объемов воды для проливки. В 2010 году на территории Волгоградской области торфяные пожары составили около 10 % от общей площади, пройденной огнем, но потребовали до 30 % всех ресурсов, задействованных в пожаротушении [3, 4].

Анализ причин возникновения лесных пожаров на территории исследуемых лесничеств показывает доминирование антропогенного фактора, доля которого превышает 95 %. Природные факторы (грозовые разряды) играют незначительную роль и составляют менее 5 % от общего числа возгораний, что характерно для степной зоны с ее низкой грозовой активностью [3].

Основные антропогенные причины. Сельскохозяйственные палы занимают первое место и составляют 45-55 % от общего количества пожаров. Эта традиционная, но крайне опасная практика выжигания сухой травы на полях, пастбищах и прилегающих к лесу территориях остается главной весенней проблемой. Несмотря на административные запреты и разъяснительную работу, землепользователи (как сельскохозяйственные организации, так и частные лица) продолжают использовать огневой метод очистки угодий, часто без контроля за распространением огня. В результате палы переходят на земли лесного фонда, особенно в тех местах, где отсутствуют или не поддерживаются в надлежащем состоянии минерализованные полосы. Анализ пространственного распределения очагов показывает, что 80 % лесных пожаров возникает в полосе до 1 км от границы с сельскохозяйственными землями [1, 5].

Неосторожное обращение с огнем населением становится причиной 30-35 % возгораний. Брошенные окурки, непотушенные костры, сжигание мусора на садовых и дачных участках, детская шалость с огнем – все эти факторы приводят к возникновению пожаров, особенно в выходные и праздничные дни, когда увеличивается количество людей, посещающих леса и прилегающие территории. Наибольшее число таких пожаров регистрируется в зонах рекреационной нагрузки: вблизи населенных пунктов, садоводческих некоммерческих товариществ, баз отдыха и туристических стоянок [2].

Искры от транспорта и сельскохозяйственной техники провоцируют 10-15 % пожаров, особенно в период уборочной кампании (июль-сентябрь). Неисправные глушители, отсутствие искрогасителей, работа техники в условиях высокой пожарной опасности – все это создает реальные риски. Пожары по этой причине часто возникают вдоль автомобильных и железных дорог, а также на полях, граничащих с лесными массивами. При этом скорость распространения огня от точечного источника в условиях сухой и ветреной погоды может быть настолько высокой, что установить виновника возгорания практически невозможно [3].

Структура пожароопасного сезона. Пожароопасный сезон в регионе имеет выраженную трёхпиковую структуру, каждый пик характеризуется специфическими условиями возникновения и развития пожаров, а также требует различных тактических подходов к их тушению [3, 5].

Весенний пик (апрель-июнь) является наиболее интенсивным по количеству возгораний. На этот период приходится до 45-50 % всех лесных пожаров года. Основной фактор – массовые сельскохозяй-

ственные палы, совпадающие по времени с активным сходом снежного покрова, просыханием травяного покрова и началом вегетации. Пожары весеннего пика характеризуются преимущественно низовым типом горения, высокой скоростью распространения по сухому травостою и относительно небольшой глубиной прогорания подстилки. Однако при сильном ветре (что характерно для апреля-мая) эти пожары быстро переходят в верховые при заходе в сосновые насаждения или молодняки. Особенность весенних пожаров – их множественный характер: в один день может возникать до 20-30 очагов на территории одного лесничества, что требует мобилизации всех имеющихся сил и привлечения дополнительных ресурсов [1].

Летний пик (июль-август) приходится на период блокирующих антициклонов, когда устанавливается экстремальная жара (температуры выше +35 °С), длительное отсутствие осадков (до 30-40 дней) и высокая ветровая активность. На этот период приходится около 25-30 % всех пожаров, но именно они дают наибольшую площадь поражения (до 70-80 % от годовой площади) и являются наиболее разрушительными. В условиях летнего пика формируются верховые пожары в сосновых насаждениях, которые практически не поддаются тушению наземными средствами и могут быть локализованы только с привлечением авиации и созданием широких минерализованных барьеров на пути движения фронта огня. Характерные примеры – катастрофические пожары 2010 и 2012 годов, когда в условиях летнего пика в Волгоградской области выгорели десятки тысяч гектаров леса, были уничтожены сотни гектаров лесных культур, а огонь подходил к жилым кварталам городов и поселков [2, 4].

Осенний пик (сентябрь-октябрь) характеризуется горением листового опада в дубравах. На этот период приходится 10-15 % пожаров. После завершения вегетации и листопада под пологом дубрав формируется мощный слой сухой листвы, который при отсутствии снежного покрова представляет собой идеальный горючий материал. Осенние пожары – устойчивые, но медленные, скорость распространения огня не превышает 0,5-1 км/ч. Однако они требуют длительной проливки и дотушивания, поскольку тление может сохраняться в листовой подстилке и корневых системах в течение нескольких недель после видимой ликвидации горения. Особую опасность осенние пожары представляют для пойменных лесов, где доступ техники затруднен, а высокая захламленность способствует длительному тлению [3].

Проведенный комплексный анализ пожарной опасности на территории Камышинского, Михайловского и Алексеевского лесничеств позволяет сформулировать ряд предложений по повышению эффек-

тивности охраны лесов от пожаров. Эти предложения носят системный характер и охватывают три ключевых направления: управление ландшафтом, работа с антропогенным фактором и развитие современного мониторинга [4].

Первое направление – управление ландшафтом. Традиционная практика создания узких (3-5 метров) минерализованных полос, предусмотренная действующими нормативами, в условиях степной зоны с сильными ветрами показала свою недостаточную эффективность. Как показал анализ пожаров 2010-2024 годов, огонь при скорости ветра более 15 м/с преодолевает такие полосы перебросом горящих частиц на расстояние до 100-150 метров, а также за счет образования огненных вихрей [1, 5].

Требуется пересмотр подходов к созданию противопожарных барьеров. Вместо узких минерализованных полос необходимо формирование широких (до 100 метров и более) «противопожарных массивов» на базе существующих прогалин, пустырей и прочих земель, не покрытых лесной растительностью. Эти зоны должны систематически очищаться от горючих материалов (сухой травы, кустарниковой растительности, захламленности) путем сенокошения, выпаса скота, контролируемых выжиганий (в весенний период при пониженной пожарной опасности) или комбинированными способами. Такие массивы выполняют функцию разрывов, способных остановить или существенно замедлить распространение низового и верхового пожара, а также служат опорными полосами для организации отжига [2, 4].

При проектировании и создании противопожарных барьеров необходимо учитывать ландшафтную структуру и направление господствующих ветров. Барьеры должны создаваться не по границам лесничеств и кварталов, а по естественным рубежам (овраги, балки, дороги, линии электропередачи), ориентированным поперек направления преобладающих ветров. Особое внимание следует уделять участкам, где лесные массивы граничат с сельскохозяйственными полями, именно здесь наиболее часто происходят переходы огня [3].

Второе направление – работа с антропогенным фактором. Поскольку более 95 % пожаров имеет антропогенное происхождение, снижение пожарной опасности невозможно без системной работы по изменению поведения землепользователей и населения [5].

Необходимо усиление административного контроля за проведением сельскохозяйственных палов. Это предполагает организацию регулярного патрулирования земель сельскохозяйственного назначения в весенний период силами лесной охраны, сотрудников МЧС и органов местного самоуправления; оперативное выявление фактов некон-

тролируемых выжиганий; составление протоколов и привлечение виновных к административной ответственности (по ст. 8.32 КоАП РФ «Нарушение правил пожарной безопасности в лесах» и ст. 20.4 КоАП РФ «Нарушение требований пожарной безопасности»). При этом существующие размеры штрафов (до 50 тысяч рублей для юридических лиц) зачастую несоразмерны потенциальному ущербу от лесного пожара, поэтому требуется рассмотрение вопроса о повышении ответственности за поджоги, повлекшие крупные лесные пожары [1, 4].

Одновременно требуется реализация программ по повышению культуры пожарной безопасности среди населения. Это включает разъяснительную работу через средства массовой информации (телевидение, радио, печатные издания, социальные сети) с акцентом на разъяснение последствий неосторожного обращения с огнем; установку информационных аншлагов и щитов на въездах в лесные массивы, вдоль дорог и на границах с населенными пунктами; проведение сходов граждан в населенных пунктах, прилегающих к лесным массивам, с привлечением представителей лесничеств, МЧС и органов местного самоуправления; организацию взаимодействия с садоводческими некоммерческими товариществами, базами отдыха и другими рекреационными объектами, расположенными вблизи лесов [2, 3].

Третье направление – развитие современного мониторинга. Существующая система мониторинга, основанная на наземном патрулировании и авиационном облете по установленным маршрутам, не обеспечивает требуемой оперативности обнаружения пожаров. Как показывает анализ, время от возникновения пожара до его обнаружения составляет в среднем 2-4 часа, а в удаленных и труднодоступных участках – до 8-12 часов. За это время при ветреной погоде пожар может распространиться на площади в десятки и сотни гектаров, что делает его ликвидацию на начальной стадии невозможной [4, 5].

Внедрение систем раннего обнаружения пожаров на основе камер видеонаблюдения и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) должно осуществляться с приоритетом на наиболее опасные участки. Камеры видеонаблюдения с функцией автоматического обнаружения дыма и пламени (включая тепловизионные каналы) целесообразно устанавливать на вышках сотовой связи, линиях электропередачи и других высотных объектах, обеспечивая зону покрытия радиусом до 10-15 км. Приоритетные зоны размещения – границы лесных массивов с сельскохозяйственными полями, крупные прогалины, массивы гарей и погибших насаждений, а также участки с высокой рекреационной нагрузкой [1].

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) мультироторного и самолетного типов позволяют организовать регулярное патрулирование наиболее опасных участков, проводить разведку очагов пожаров с передачей видеоинформации в реальном времени, осуществлять мониторинг развития пожаров и контроль за дотушиванием. Преимуществом БПЛА является возможность работы в ночное время и в условиях сильного задымления, когда наземное патрулирование и авиация ограничены. Экономическая эффективность применения БПЛА подтверждается опытом регионов, где такие системы уже внедрены: затраты на создание системы мониторинга окупаются в течение 2-3 лет за счет предотвращенного ущерба от крупных пожаров [3, 5].

Проведенный комплексный анализ пожарной опасности на территории Камышинского, Михайловского и Алексеевского лесничеств Волгоградской области позволил выявить ключевые факторы риска, обусловленные единством природных условий (климат, ландшафт, растительность), наличием пяти критических категорий земель, формирующих «матрицу риска», доминированием антропогенного фактора (более 95 % пожаров) и трехпиковой структурой пожароопасного сезона.

Эффективная охрана лесов от пожаров в условиях степной зоны невозможна без перехода от фрагментарных противопожарных мероприятий к системному управлению ландшафтом, создания широких противопожарных массивов на базе прогалин и пустырей. Необходимо усиление административного контроля за сельскохозяйственными палами и системная работа по повышению культуры пожарной безопасности населения. Внедрение современных систем мониторинга на основе камер видеонаблюдения и БПЛА позволит сократить время обнаружения пожаров и оперативно привлекать силы и средства на начальной стадии развития пожара, когда ликвидация наиболее эффективна.

Реализация предложенных мероприятий требует консолидированных усилий органов государственной власти, лесного хозяйства, органов местного самоуправления, землепользователей и населения. Только комплексный подход, объединяющий технические средства, организационные меры и работу с человеческим фактором, позволит снизить пожарную опасность и обеспечить сохранность лесных экосистем Волгоградской области [4].

Список использованной литературы

1. Варфоломеева Н. А. Экологические особенности и проблемы охраны лесов от пожаров в степной зоне // Современные проблемы науки и образования. 2023. № 2. С. 45-52.

2. Гусев В. Г. Лесная пирология: учебное пособие. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2021. 180 с.

3. Материалы расследований крупных лесных пожаров на территории Волгоградской области за 2010-2024 гг. Волгоград, 2024. 95 с.

4. Особо охраняемые природные территории: мониторинг пожаров и управление рисками / под ред. А. И. Барановского. М.: Экология, 2022. 320 с.

5. Софронов М. А., Волокитина А. В. Пожарная опасность в лесах степной зоны: факторы и прогнозирование // Лесной журнал. 2023. № 4. С. 22-31.

6. Источкина М. В. Влияние лесных пожаров на древесно-кустарниковую растительность на примере Волгоградской области // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 370-375.

7. Беломутенко Д. В., Источкина М. В., Беломутенко С. В. Анализ влияния природных условий на горимость лесных насаждений и охрану их от пожаров на примере Волгоградской области // Наука и практика в решении стратегических и тактических задач устойчивого развития России: сборник научных статей по итогам национальной научно-практической конференции. СПб.: Изд-во «КультИнформПресс», 2019. С. 109-110.

8. Ежов К. В., Беломутенко С. В. Особенности проведения профилактических работ с населением по предупреждению ландшафтных пожаров на территории волгоградской области // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 347-352.

9. Селиверстов И. В., Голатов Д. А., Особенности расчета тушения лесных и ландшафтных пожаров // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2018. С. 576-581.

10. Завгороднева А. В., Мануйленко И. А. Разработка мероприятий противопожарной безопасности х. Нижнеосиновский Суровикинского района Волгоградской области Новое поколение выбирает науку // Материалы IX Регионального научно-исследовательского конкурса среди старшеклассников и обучающихся профессиональных образовательных организаций Волгоградской области. Волгоград, 2018. С. 150-151.

УДК 614.842.82+004.9

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РАБОТЕ НАДЗОРНЫХ ОРГАНОВ

[1]Песков А. Е., *канд. полит. наук, доцент*
[1]Беломутенко Д. В., *канд. техн. наук, доцент*
[1]Источкина М. В., *старший преподаватель*
[1,2]Никоненко М. Г., *преподаватель*

[1]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
[2]ИП Никоненко
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Показано, что развитие современных цифровых технологий оказывает значительное влияние на эффективность функционирования надзорных органов в области пожарной безопасности. Изучены современные подходы и инструменты, используемые надзорными органами для повышения эффективности

контроля и предотвращения пожаров. Доказано, что использование новых технических решений позволяет повысить качество контроля над соблюдением требований противопожарной защиты, оптимизировать процессы принятия управленческих решений и снизить уровень риска возникновения чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: *цифровизация надзорных органов, цифровые технологии, системы пожарной безопасности, надзорные органы, дистанционный мониторинг и видеонаблюдение, государственный пожарный надзор.*

Современное общество сталкивается с множеством вызовов, связанных с обеспечением безопасности. Пожарная безопасность является одной из ключевых областей, где применение цифровых технологий может существенно повысить эффективность работы надзорных органов. Пожарная безопасность охватывает комплекс мероприятий и технологий, направленных на предотвращение и ликвидацию пожаров. Вопросы, касающиеся системы надзора и контроля за соблюдением норм пожарной безопасности, требуют особого внимания со стороны правовых норм и грамотного применения технологий.

Цифровизация надзорных органов становится необходимостью в условиях стремительного технологического прогресса. Использование информационных систем позволяет эффективно отслеживать ситуации, связанные с пожарной безопасностью, и быстро реагировать на инциденты. Автоматизированные системы управления и аналитические платформы дают возможность мониторинга состояния объектов в режиме реального времени, что значительно улучшает оперативность и качество работы надзорных органов [1].

Одним из наиболее эффективных инструментов в сфере пожарной безопасности является дистанционный мониторинг и видеонаблюдение. Системы видеонаблюдения, оснащенные современными датчиками, обеспечивают круглосуточный контроль объектов, что существенно снижает риски и позволяет оперативно реагировать на угрозы. Интеграция таких технологий в деятельность надзорных органов способствует более тщательному анализу ситуации и предотвращению возможных чрезвычайных ситуаций.

Цифровизация также позволяет использовать большие данные (Big Data) для анализа и предсказания рисков. Сбор и обработка больших объемов информации о происшествиях, состоянии объектов и климатических условиях могут помочь в разработке более эффективных стратегий профилактики и реагирования [2]. Например, использование алгоритмов машинного обучения для анализа исторических данных о пожарах может выявить закономерности и предсказать вероятность возникновения пожара в определенных условиях. Это может быть особенно полезно для планирования профилактических мероприятий и распределения ресурсов.

Тем не менее, внедрение цифровых технологий в систему обеспечения пожарной безопасности требует тщательного правового регулирования. Действующее законодательство должно учитывать особенности использования новых технологий, а также необходимость защиты прав граждан. Основным вызовом является соблюдение норм о защите персональных данных, что требует дополнительных правовых механизмов и регулирования. Важно обеспечить баланс между необходимостью повышения безопасности и защитой личной информации граждан.

На сегодняшний день в России существует ряд нормативных актов, регулирующих сферу пожарной безопасности. Однако большинство из них не учитывают быстрое развитие технологий. Ключевым аспектом является необходимость пересмотра существующих нормативных актов с целью их адаптации к новым условиям. Важно, чтобы правовые нормы не только обеспечивали защиту прав граждан, но и способствовали внедрению инновационных решений в сфере пожарной безопасности [3].

Внедрение цифровых технологий также создает новые вызовы для нормативного регулирования. Ключевым аспектом является необходимость разработки новых стандартов и правил, касающихся применения технологий в сфере пожарной безопасности. Это может включать в себя правила по установке и эксплуатации систем видеонаблюдения, а также требования к защите данных, собираемых в процессе мониторинга объектов.

Проблемы, с которыми сталкиваются надзорные органы при внедрении цифровых технологий, требуют тщательного анализа и разработки стратегий их решения. Это включает как технические, так и организационные аспекты, а также вопросы финансирования и обучения кадров. Перспективы дальнейшего развития цифровых технологий в сфере пожарной безопасности обнажают необходимость создания единой платформы для обмена информацией и координации действий различных служб [4].

Обучение сотрудников надзорных органов является важным аспектом успешного внедрения цифровых технологий. Необходимость повышения квалификации работников в области новых технологий и правовых аспектов их применения становится всё более актуальной. Это потребует дополнительных инвестиций в образование и повышение квалификации кадров в сфере пожарной безопасности [5].

Таким образом, цифровые технологии могут стать важным инструментом в совершенствовании системы пожарной безопасности. Их внедрение требует внимательного подхода к правовому регулированию и оценки рисков, связанных с использованием новых техноло-

гий. Важно, чтобы надзорные органы были готовы к изменениям и могли адаптироваться к новым условиям, обеспечивая безопасность граждан и объектов.

Цифровизация системы пожарной безопасности открывает новые горизонты для повышения эффективности работы надзорных органов. Однако успешная реализация цифровых технологий требует комплексного подхода, который включает как технические, так и правовые аспекты. Необходима активная работа над изменением законодательства и адаптацией норм к новым реалиям, а также внедрение образовательных программ для повышения квалификации сотрудников. В результате, правильная интеграция цифровых технологий в систему пожарной безопасности может существенно повысить уровень защиты граждан и объектов от пожаров.

Цифровизация в сфере пожарной безопасности – это не только интеграция новых технологий, но и изменение подходов к управлению, мониторингу и реагированию на чрезвычайные ситуации. Одной из ключевых составляющих цифровизации является использование интернета вещей (IoT) для создания умных объектов, которые могут автоматически регистрировать данные и передавать их в централизованные системы управления для немедленного анализа. Умные датчики, например, могут обнаруживать изменение температуры, уровня дыма или других параметров, сигнализируя о возможной угрозе до возникновения пожара. Системы IoT становятся неотъемлемой частью новых концепций безопасности, в том числе в сфере пожарной безопасности [6].

Современное общество сталкивается с множеством вызовов, связанных с обеспечением безопасности. Пожарная безопасность является одной из ключевых областей, где применение цифровых технологий может существенно повысить эффективность работы надзорных органов. Пожарная безопасность охватывает комплекс мероприятий и технологий, направленных на предотвращение и ликвидацию пожаров. Вопросы, касающиеся системы надзора и контроля за соблюдением норм пожарной безопасности, требуют особого внимания со стороны правовых норм и грамотного применения технологий.

Вместе с тем важным аспектом цифровизации является интеграция различных типов датчиков и системы оповещения с электронными картами и геоинформационными системами (ГИС). Это позволяет не только отслеживать события в реальном времени, но и в случае необходимости использовать карты для точного прогнозирования возможных угроз, управления действиями пожарных служб и других экстренных служб. Эти технологии позволяют существенно повысить эффективность работы надзорных органов, а также значительно ускорить принятие решений в критических ситуациях.

Однако несмотря на многочисленные преимущества, цифровизация системы пожарной безопасности порождает несколько ключевых проблем, которые необходимо учитывать в правовом контексте. В частности, это вопросы защиты информации и безопасности данных, а также необходимость создания правовых норм, обеспечивающих регулирование новых технологий.

Таким образом, цифровые технологии могут стать важным инструментом в совершенствовании системы пожарной безопасности. Их внедрение требует внимательного подхода к правовому регулированию и оценки рисков, связанных с использованием новых технологий. Важно, чтобы надзорные органы были готовы к изменениям и могли адаптироваться к новым условиям, обеспечивая безопасность граждан и объектов.

Важную роль в цифровой трансформации системы пожарной безопасности играет интеграция данных мониторинга с геоинформационными системами. Использование ГИС-технологий позволяет надзорным органам визуализировать информацию о состоянии объектов, анализировать пространственное распределение рисков и прогнозировать развитие чрезвычайных ситуаций [7]. В результате повышается качество управленческих решений, обеспечивается более точное планирование профилактических мероприятий, а также оптимизируется взаимодействие между различными экстренными службами.

Внедрение цифровых технологий оказывает существенное влияние на организационную структуру и функциональную деятельность органов государственного пожарного надзора. Традиционные формы контроля, основанные преимущественно на плановых и внеплановых проверках, постепенно дополняются дистанционными методами мониторинга и анализа данных [8]. Автоматизация процессов сбора и обработки информации позволяет снизить административную нагрузку на сотрудников надзорных органов и одновременно повысить объективность контрольных мероприятий. Использование цифровых платформ способствует переходу от формального контроля к риск-ориентированному подходу в сфере пожарной безопасности.

Практика внедрения «умных» систем пожарного мониторинга в отдельных субъектах Российской Федерации демонстрирует положительные результаты. В рамках программ цифрового развития и концепции «умного города» создаются единые диспетчерские центры, аккумулирующие данные от различных систем безопасности, включая противопожарные. Такие решения позволяют оперативно выявлять отклонения от нормативных показателей, своевременно информировать ответственные службы и координировать их действия при возникновении пожаров.

Вместе с тем активное внедрение цифровых технологий актуализирует проблему правового регулирования их использования. Существенное значение приобретает вопрос правомерности сбора, хранения и обработки данных, получаемых с помощью технических средств мониторинга. Особую сложность представляет обеспечение защиты персональных данных граждан при использовании систем видеонаблюдения и интеллектуального анализа информации [9]. В условиях цифровизации возрастает риск несанкционированного доступа к данным, что требует разработки дополнительных правовых гарантий и механизмов ответственности.

Отдельного внимания заслуживает правовое регулирование применения технологий больших данных и искусственного интеллекта в сфере пожарной безопасности. Алгоритмы машинного обучения, используемые для прогнозирования пожарных рисков, основываются на анализе значительных массивов информации, что порождает вопросы правового статуса таких данных и допустимости их использования в надзорной деятельности [10]. В настоящее время законодательство Российской Федерации лишь частично учитывает специфику цифровых технологий, что создает правовые пробелы и затрудняет их практическое применение.

Таким образом, перспективы дальнейшего развития цифровых технологий в системе обеспечения пожарной безопасности связаны с расширением применения искусственного интеллекта, предиктивной аналитики и автоматизированных систем принятия решений. В долгосрочной перспективе это может привести к формированию интеллектуальной системы пожарной безопасности, ориентированной преимущественно на предупреждение чрезвычайных ситуаций. Однако успешная реализация данных направлений возможна лишь при условии комплексного правового обеспечения, включающего обновление нормативной базы, развитие стандартов и повышение квалификации сотрудников надзорных органов.

Список использованной литературы

1. Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Особенности организации программ переподготовки специалистов в сфере пожарной безопасности // Проблемы современного аграрного образования: содержание, технологии, качество: материалы научно-методической конференции. Волгоград, 2016. С. 199-201.

2. Беломутенко Д. В., Песков А. Е., Источкина М. В. Система нормативных правовых актов регулирующих деятельность в сфере пожарной безопасности // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Волгоград, 2018. С. 469-474.

3. Belomutenko D. V., Istochkina M. V. Legal basis for the activities of rescuers // Applied and Fundamental Studies Proceedings of the 14th International Academic Conference. 2018. Pp. 160-163.

4. Belomutenko D. V., Istochkina M. V., Peskov A. E. The legal status of an employee of federal fire service // Applied and Fundamental Studies Proceedings of the 14th International Academic Conference. 2018. Pp. 164-168.

5. Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Особенности организации программ переподготовки специалистов в сфере пожарной безопасности // Проблемы современного аграрного образования: содержание, технологии, качество: материалы научно-методической конференции. Волгоград, 2016. С. 199-201.

6. Илюшина А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В., Беломутенко С. В. Об особенностях определения показателя влажности лесных горючих материалов // Иинновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 229-233.

7. Источкина М. В., Беломутенко Д. В., Беломутенко С. В. Особенности обеспечения пожарной безопасности на объектах образования и науки // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2013. № 1 (4). С. 133-136.

8. Иванов И. И. Цифровые технологии в обеспечении пожарной безопасности: современные тенденции // Пожарная безопасность. 2021. № 3. С. 15-22.

9. Кузнецов В. П. Применение геоинформационных систем в пожарном надзоре // Геоинформатика и безопасность. 2019. № 2. С. 10-18.

10. Захарова Н. В. Законодательное регулирование цифровых технологий в государственном пожарном надзоре // Государственное управление и безопасность. 2023. № 1. С. 5-14.

УДК 614.841.48+629.3

ОСОБЕННОСТИ ТУШЕНИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ РАЗЛИЧНОЙ МОБИЛЬНОСТИ

Резчиков П. В., *преподаватель*
Голатов Д. А., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. В наши дни, несомненно, стали популярны быстрые и экологичные виды транспорта, такие как электротранспортных средств различной мобильности (электромобили, электросамокаты, гироскутеры). Но несмотря на все преимущества электрокаров, есть у них и существенные недостатки. Одним из главных минусов использования электрокаров является сложность тушение автомобиля при его возгорании. Необходимо задействовать не стандартные методы тушения, а также значительные ресурсы. Давайте разберемся из-за чего появляется такая сложность в прекращении возгорания.

Ключевые слова: *электромобили, электросамокаты, гироскутеры, тушение пожаров, пожаротушение, средства индивидуальной мобильности*

С каждым годом на улицах городов становится все больше электромобилей и средств индивидуальной мобильности – электросамокаты, электровелосипеды, сегвеи, моноколеса, гироскутеры и электроскейтборды – в последние годы стремительно набирают популяр-

ность среди москвичей, однако их эксплуатация требует соблюдения мер безопасности, в том числе и пожарной. Эти устройства, объединенные понятием «средства индивидуальной мобильности» (далее – СИМ), удобны для использования и экологичны.

Однако рост их популярности привел к удручающей статистике: увеличилось количество пожаров, возникающих в жилых домах и офисах из-за возгорания аккумуляторных батарей СИМ. Ситуация усугубляется тем, что тушение пожаров СИМ, источником энергии в которых являются литий-ионные аккумуляторные батареи, очень затруднительно.

Как мы знаем основным носителем энергии в электромобилях являются батарейные блоки с литий-ионными аккумуляторами, которые являются источником серьезной пожарной опасности при неправильной эксплуатации. Данные аккумуляторы работают по такому же принципу, как и батареи в смартфонах, ноутбуках, других современных гаджетах.

Но при этом батарея электрокара имеет несколько тысяч отдельных литий-ионных ячеек, каждая из которых выдает 3,7 вольта и которые соединены так, чтобы получить суммарное напряжение в несколько сотен вольт. Одним из главных недостатков литий-ионных батарей является их возможность взрыва. Самовоспламенение происходит во время перегрева, например, при использовании неподходящих параметров зарядки (пожар может возникнуть не только при аварийной ситуации, но и во время подзарядки электромобилей), из-за этого поведение с ними при пожаре должно отличаться от тушения бензинового или дизельного авто [1].

В качестве перспективного направления можно выделить применение электромобилей, которые все чаще появляются на дорогах. Пожары на автотранспорте возникают довольно часто, преимущественно в летнее время года, когда автомобили подвержены перегреву. И несмотря на то, что пожарные-спасатели знают технологию ликвидации горения автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, с тушением электрокаров, таких как Tesla, мало кто сталкивался. В данной работе остановимся на особенностях тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ при ДТП с участием электротранспортных средств различной мобильности.

Возгорание в литий-ионном аккумуляторе происходит не мгновенно, и пассажирам, как правило, удается спастись. В то же время электромобиль горит с большим выделением тепла и его сложнее потушить. На самом деле, электромобили нуждаются в гораздо большем количестве воды, чем автомобили с двигателями внутреннего сгорания. Разработчики Tesla говорят, что для тушения одного электромо-

биля может потребоваться более 11 000 литров воды. Более того, не рекомендуется использовать пену или другие химические средства пожаротушения, о них следует забыть, как только появится вода. Под передним и задним капотами электромобилей имеется шнур (силовой кабель), специально предназначенный для пожарных. Его необходимо отрезать, удалив большой сегмент (чтобы концы не соприкасались). Это отключит батарею и снизит риски, но она все еще будет представлять большую опасность. Кроме высоковольтной системы аварийный разъем отключает еще и подушки безопасности. Основные детали электромобиля представлены на рисунке 1.

Основные потенциальные причины возгорания электромобилей:

1. Экстремальные температуры, высокая влажность.
2. Дефекты в конструкции батареи.
3. Неполадки с зарядными станциями, кабелями.
4. Повреждение аккумулятора и ДТП.
5. Неправильная технология тушения, после которой возможно повторное возгорание.
6. Внешние источники зажигания.

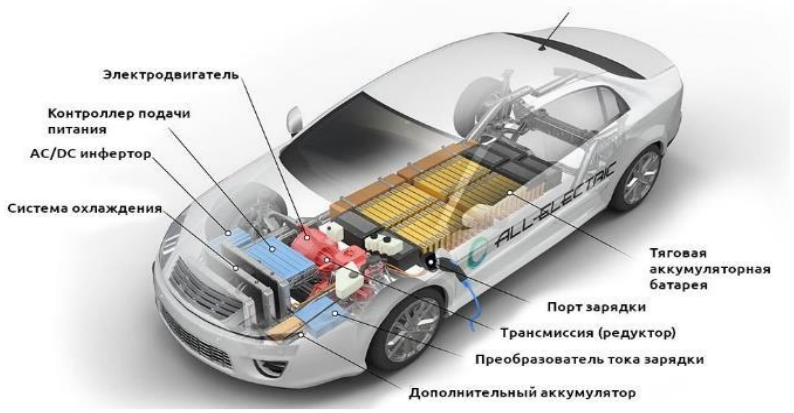


Рисунок 1 – Основные детали электромобиля

Но даже когда электромобиль кажется потушенным и безопасным, его нельзя просто оставить на обочине и уехать. В инструкции указывается, что батареи могут снова самостоятельно загореться. Поэтому чем больше воды, тем лучше. Так же электромобиль необходимо оттащить на безопасное расстояние не менее 15 метров от любых горючих материалов или другого оборудования. Его можно отбуксировать пожарной автоцистерной или другой машиной в безопасное место подальше, зацепив тросом.

Также, пожарным необходимо не допустить попадания отработанной (пролитой) воды в канализацию. Еще одним немаловажным фактом остается то, что пожар в электромобиле может возобновиться через несколько минут, часов или даже дней, после того как его потушили [2].

Именно для борьбы с такими возгораниями инженеры австрийской компании Rosenbauer разработали специальный огнетушитель, который пробивает корпус аккумулятора и подает воду сразу на элементы питания. Важно еще и то, что управлять такой системой пожаротушения возможно дистанционно с расстояния до 8 метров. После тушения огнетушитель может оставаться прикрепленным в «боевом» состоянии к автомобилю на все время транспортировки его в ремонт, для исключения повторных возгораний. Еще одним методом исключения повторного воспламенения химии АКБ является перемещение электромобиля в емкость с водой до полной остановки опасных процессов (рис. 2).



Рисунок 2 – Пожарный автомобиль с контейнером
для погружения электромобиля

Следующей проблемой, с которой сталкиваются спасатели и пожарные при аварии электромобиля, является риск поражения электрическим током [3]. В машине на электротяге есть вероятность возникновения тока напряжением выше 365 вольт. А опасными для человека считаются уже 120 вольт постоянного тока. Использование гидравлического аварийно-спасательного инструмента и иных спасательных инструментов предполагает обязательное знание, где находятся силовые кабели электромобиля (рис. 3).



Рисунок 3 – Вскрытие гидравлическими расширителями
электороавтомобиля

Малый электротранспорт (Самокаты, моноколеса, гироскутеры)

Этот сегмент наиболее опасен в бытовом плане, так как зарядка часто происходит в квартирах.

Разумеется, электросамокат может взорваться, и в большинстве случаев взрывается не сам транспорт, а его аккумулятор.

Основная причина взрыва – короткое замыкание аккумулятора. Есть три самые распространенные причины, которые могут вызвать короткое замыкание: физические повреждения (удары, падения), неправильная зарядка и естественный процесс старения аккумулятора.



Рисунок 4 – Взрыв аккумулятора самоката

Физическое воздействие на батарею. Это удары, падения, деформация корпуса АКБ. Они могут привести к его разгерметизации и короткому замыканию.

Перегрев. Его вызывают неправильная зарядка, использование неоригинального зарядника или длительное хранение АКБ под солнечными лучами. Поэтому, настоятельно советую использовать только оригинальные зарядные устройства и не хранить электросамокат на солнце, возле батареи и вблизи других источников тепла.

Естественное старение аккумулятора. Меняйте аккумулятор при необходимости и учитывайте, что срок эксплуатации уменьшается при воздействии частого нагрева, использования быстрой зарядки, хранении аккумулятора на морозе.

Опасности, связанные с использованием аккумуляторов электросамокатов, особенно во время подключения к сети – пожар и ожоги, что бывает в разной степени тяжести, вплоть до гибели.

Хлопок. Да, не эпический взрыв со спецэффектами, как в кино, где крутые парни не оборачиваются. И тем не менее звук хлопка сигнализирует о повреждении одного из блоков, что может быть причиной начала возгорания. Этот сигнал может быть упущен, если человек не находится рядом.

Дым. Громкое шипение и выделение сильного дыма – признаки критической ситуации. Он очень быстро заполняет пространство, что делает его трудновыводимым и угрожает здоровью.

Пламя и температура. В течение нескольких секунд возникает сильное пламя, как из огнемета, температура которого достигает 950 градусов. Такие высокие температуры могут повредить окружающие предметы, что снижает возможность избежать сильного пожара.



Рисунок 5 – Самовозгорание самоката

Для уменьшения ущерба от потенциального самовозгорания рекомендуется не оставлять средство передвижения рядом с горючими материалами. В идеале, транспорт должен находиться или хотя бы заряжаться в помещении с кафельной отделкой [4].

Необходимо использовать только штатное зарядное устройство, категорически нельзя подключать зарядные устройства, предназначенные для других типов устройств и аккумуляторов.

Настоятельно рекомендуется проверять исправность прибора перед каждым использованием – повреждение проводов и ненормальный нагрев должны насторожить пользователя. Если есть видимая деформация батареи или секции с ним – например и то и другое раздулось, – элемент питания нужно утилизировать. Самостоятельно нельзя менять батарею прибора, а в его базовую комплектацию не стоит вносить изменения. Время эксплуатации аккумуляторной батареи не должно превышать норму [6].

Категорически не рекомендуется оставлять электротранспорт на зарядке без присмотра. Заряжать самокат или гироскутер всю ночь, пока вы спите, рискованно.

Соблюдая эти простые правила, вы снизите возможность возникновения пожара и убережете свое жилище и имущество.

Таким образом, на сегодняшний день аварийные службы и пожарно-спасательные подразделения отстают в своих знаниях от научно-технического прогресса. Подготовка квалифицированных кадров, а также разработка инструкции и алгоритмов действий в той или иной ситуации являются приоритетными направлениями развития в борьбе с пожарами электромобилей [7].

Список использованной литературы

1. Ежов К. В., Беломутенко С. В. Особенности тушения пожаров на территории Волгоградской области // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях: материалы международной научно-практической конференции: в 5 частях. 2016. С. 12-17.

2. Гопия О. Г. Актуальные проблемы при ликвидации ЧС // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 157-162.

3. Селиверстов И. В. Пожары на автомобильном транспорте // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 386-390.

4. Колобанова Н. А., Неведров В. В. Особенности пожаров на автотранспорте // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2021. С. 305-310.

5. Теребнев В. В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. М.: Пож. Книга, 2022. 248 с.

6. Повзик Я. С. Пожарная тактика. М.: ЗАО «Спецтехника», 2022. 411 с.

7. Песков А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Использование современных технологий в системе МЧС РФ // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2023. С. 215-220.

УДК 614.844.6+549.456.1

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ БИШОФИТА КАК ОГНЕЗАЩИТНОГО СОСТАВА ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ И ТУШЕНИЯ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ

Свиридонова Н. Н., *преподаватель*
Беломутенко Д. В., *канд. техн. наук, доцент*
Источкина М. В., *старший преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены основные особенности изучения бишофита как огнезащитного состава для профилактики и тушения ландшафтных пожаров, особенности обработки древесины и растений. Экспериментально выявлено процентное содержание оптимального процентного содержания бишофита с водой при наибольших огнезащитных свойствах.

Ключевые слова: *бишофит, огнезащитные составы, ландшафтные пожары, тушение ландшафтных пожаров.*

Рост частоты и интенсивности ландшафтных пожаров требует поиска доступных, технологичных и экологически допустимых средств превентивной защиты территорий. В условиях засушливого климата традиционные методы (минерализованные полосы, водяное тушение, механическое удаление растительности) оказываются либо трудоёмкими, либо кратковременными по эффекту.

Перспективным направлением является использование солевых гидратированных соединений, обладающих выраженными эндотермическими и влагосберегающими свойствами. В этом контексте особый интерес представляет Бишофит – природный магнийсодержащий минерал, характеризующийся высокой гигроскопичностью и способностью к термическому разложению с поглощением тепла.

Цель работы – изучение свойств бишофита, как огнезащитного состава для профилактики и тушения ландшафтных пожаров.

Задачи работы:

- изучить состав бишофита;
- провести анализ исследований созданного огнезащитного состава по переделанным параметрам: вязкость, смачиваемость и поверхностное натяжение;
- выявить определённое процентное содержание компонентов состава с наивысшими огнезащитными показателями, которые не теряют своих свойств даже при внешних воздействиях.

Бишофит – природный минерал, основу которого составляет хлорид магния ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$).

Химически – это высокогигроскопичная соль, хорошо растворимая в воде, способная образовывать концентрированные рассолы.

Основные свойства:

- высокая теплоёмкость водных растворов;
- гигроскопичность;
- способность к образованию защитной солевой плёнки;
- антипирогенные свойства при термическом воздействии.

Ландшафтные пожары (степные, лесные, торфяные) характеризуются:

- быстрым распространением фронта огня;
- высокой температурой горения сухой растительности (300-800 °C);
-зависимостью от погодных факторов.

Профилактические меры включают создание минерализованных полос и обработку растительности антипиренами. Здесь бишофит может рассматриваться как:

- профилактический пропиточный состав;

- ограничивающий распространение огня барьер;

- добавка к водным огнетушащим средствам.

Физико-химическая логика огнезащитного действия

Огнезащитный эффект бишофита может рассматриваться через три взаимосвязанных механизма:

1. Эндотермический механизм

При нагревании гидратированная соль теряет кристаллизационную воду. Процесс дегидратации сопровождается поглощением тепла, что локально понижает температуру в зоне термического воздействия.

2. Газофазный механизм

Выделяющийся водяной пар разбавляет зону горения, снижая концентрацию кислорода и уменьшая скорость окислительных реакций.

3. Конденсированный (барьерный) механизм

После испарения воды остаётся солевой остаток, образующий тонкий неорганический слой на поверхности растительных волокон. Это снижает интенсивность пиролиза и ограничивает доступ кислорода.

Таким образом, бишофит потенциально работает сразу в трёх фазах: жидкой, газовой и твёрдой.

Далее опишем механизм огнезащитного действия бишофита при горении.

При нагревании происходят процессы:

1. Эндотермическое разложение гидратной воды $MgCl_2 \cdot 6H_2O \rightarrow MgCl_2 + 6H_2O \rightarrow$ поглощение тепла (охлаждающий эффект)

2. Выделение водяного пара → разбавление зоны горения → снижение концентрации кислорода

3. Образование солевой плёнки → изоляция горючего материала→ замедление пиролиза

4. Снижение температуры воспламенения растительности

Научная новизна исследования обуславливается следующими аспектами:

- Оценка влияния концентрации раствора бишофита на скорость распространения пламени по сухой траве.

- Определение оптимального массового соотношения «вода–бишофит».

- Исследование остаточного эффекта после высыхания.

Сравнение эффективности с традиционными антипиренами.

5. Методика экспериментального исследования

5.1 Подготовка образцов: сухая травяная масса одинаковой влажности (8-12 %); обработка растворами 5 %, 10 %, 20 %, 30 %.

5.2 Измеряемые параметры: температура воспламенения; время до устойчивого горения; скорость распространения пламени; высота пламени; остаточная масса после горения.

5.3 Оборудование: термопары; тепловизор; газоанализатор; камера термических испытаний.

6. Возможные преимущества бишофита: относительная доступность сырья; низкая токсичность; водорастворимость; совместимость с водными системами пожаротушения; возможность применения для превентивной обработки территорий.

7. Потенциальные ограничения: коррозионная активность хлоридов; возможное засоление почвы; смываемость осадками; необходимость оценки экологического воздействия.

Предполагается, что обработка сухой растительности растворами бишофита: увеличивает температуру воспламенения растительного материала; снижает скорость распространения фронта пламени; формирует после высыхания солевую плёнку, препятствующую интенсивному пиролизу; обеспечивает пролонгированный профилактический эффект за счёт гигроскопичности [1].

Ключевая идея исследования – рассматривать бишофит не только как тушащее средство, а как профилактический барьерный состав, изменяющий термохимические условия горения.

Концепция экспериментального исследования заключается в построении следующей модели:

- сухая травяная масса с контролируемой влажностью;
- обработка растворами различной концентрации;
- воспламенение стандартным источником тепла;
- регистрация времени воспламенения и скорости распространения пламени.

Ключевые показатели:

- критическая температура воспламенения,
- линейная скорость горения,
- удельная масса остатка после термического воздействия,
- изменение теплового профиля по данным термопар.

Интересным направлением является оценка остаточного эффекта спустя 3-7 суток после обработки, что позволяет определить профилактический потенциал состава.

Новизна подхода заключается в переносе бишофита из области противогололёдных и технических реагентов в сферу профилактики природных пожаров.

Важно не просто подтвердить его огнезащитные свойства, а:

- определить оптимальный диапазон концентраций;
- оценить баланс «эффективность – экологическая нагрузка»;
- рассчитать потенциальную экономическую целесообразность по сравнению с промышленными антипиренами.

Именно постановка этих вопросов усиливает научную ценность работы для конференции. Бишофит представляет интерес не столько как традиционное средство тушения, сколько как элемент системы превентивной противопожарной защиты территорий. Его многофазный механизм действия, доступность и технологичность делают целесообразным дальнейшее экспериментальное и экологическое исследование [8].

Список использованной литературы

1. Беломутенко Д. В., Голатов Д. А. Влияние поверхностного натяжения на эффективность огнетушащих веществ // Материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2021. С. 272-277.

2. Беломутенко Д. В., Самохвалова Е. А., Источкина М. В. Анализ влияния вязкости огнетушащих и огнезащитных составов на их способность удерживаться на поверхности лесных горючих материалов // Материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 22-27.

3. Беломутенко Д. В., Самохвалова Е. А., Источкина М. В., Медведев В. Н. Определение смачивающей способности огнетушащих веществ // Материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 141-146.

4. Бишофиты Нижнего Поволжья / В. С. Деревягин [и др.]. Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского университета, 1989. С. 83-89.

5. Большая Российская Энциклопедия: В 30 т. М.: Большая Российская энциклопедия, 2005. Т. 3. С. 55, С. 571.

6. Источкина М. В., Беломутенко Д. В. О возможности использования бишофита для биоогнезащиты древесины // Наука и практика в решении стратегических и тактических задач устойчивого развития России: сборник научных статей по итогам Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2019. С. 108.

7. Свиридонова Н. Н. Возможности совершенствования качества огнезащитных покрытий // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XVI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. С. 239-240.

8. Свиридонова Н. Н. Изучение вязкости и смачиваемости огнетушащих составов и их влияние на время тушения пожара // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XVII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2024. С. 267-269.

9. Лигун М. О., Беломутенко Д. В. Анализ антиперенов применяемых для обработки деревянных конструкций в Волгоградской области // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. 2017. С. 230-231.

УДК 614.8+625.1

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

Селиверстов И. В., *старший преподаватель*
Колобанова Н. А., *канд. техн. наук, доцент*
Мануйленко И. А., *канд. с.-х. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены особенности проведения аварийно-спасательных работ на железных дорогах. Определены действия сотрудников, руководителей железнодорожного транспорта и привлеченных формирований при возникновении аварийной ситуации, а также порядок восстановительных работ. Особо выделены положения по ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами отдельных классов.

Ключевые слова: *опасные грузы, подвижной состав, аварийно-спасательные работы, восстановительные работы, железнодорожный транспорт.*

Железнодорожные перевозки нефтепродуктов играют ключевую роль в экономике, обеспечивая транспортировку стратегически важных грузов на большие расстояния. Но, несмотря на мобильность и удобство, железная дорога является зоной повышенной опасности [4].

Аварийная ситуация – условия, отличные от условий нормальной перевозки грузов, связанные с загоранием, утечкой, просыпанием опасного вещества, повреждением тары или подвижного состава с опасным грузом, которые могут привести или привели к взрыву, пожару, отравлению, облучению, заболеваниям, ожогам, обморожениям, гибели людей или животных, опасным последствиям для природной среды, а также случаи, когда в зоне аварии на железной дороге оказались вагоны, контейнеры или грузовые места с опасными грузами.

Действия работников железнодорожного транспорта и привлеченных формирований при возникновении аварийной ситуации должны быть максимально оперативными, соответствовать характеру и масштабам аварийной ситуации и проводиться с учетом свойств грузов (пожаровзрывоопасность, токсичность, коррозионность, окисляющее действие и др.), с соблюдением мер безопасности и профилактики [2].

Руководители восстановительных подразделений должны руководствоваться требованиями Инструкции по организации восстановительных работ при ликвидации последствий крушений, аварий и сходов подвижного состава на железных дорогах.

Отправление на место аварии восстановительного поезда (ВП) должно быть обеспечено не позднее чем через 40 минут после получения приказа дежурного по отделению (управлению) железной дороги. Начальник ВП получает приказ поездного диспетчера с указанием мер предосторожности, исходя из предписываемых аварийной карточкой мер.

Поездной диспетчер обязан в каждом случае при передаче приказа об отправлении ВП указать степень его негабаритности и обеспечить условия безопасного пропуска по участку, руководствуясь при этом действующими инструкциями и правилами.

Поездной диспетчер, на участке которого произошел сход подвижного состава, обязан:

- своевременно подготовить ближайшие станции и участок для беспрепятственного продвижения ВП;

- обеспечить оперативное продвижение ВП и передачу по поездной радиосвязи начальникам ВП всей необходимой для подготовки к проведению работ информации;

- до прибытия ВП организовать уборку стоящих на рельсах вагонов, обеспечивая свободность путей для маневров с прибывающими к месту аварии восстановительными поездами.

Организация восстановительных работ включает:

- выявление объемов работ, определение необходимых сил и средств;

- выбор схемы и установление очередности их производства, разработку планов по организации восстановления;

- обеспечение охраны и ограждение мест работы;

- обеспечение привлеченных лиц средствами индивидуальной защиты;

- принятие необходимых мер пожарной безопасности;

- оценку принимаемых решений с позиций ущерба окружающей природной среде.

Работы должны выполняться в определенной последовательности, соответствующей принятому плану [1]. По мере освобождения земляного полотна от сошедшего подвижного состава работники восстановительных поездов приступают к ремонту пути, установке поврежденных опор контактной сети, восстановлению средств связи и устройств СЦБ. Начальник ВП отвечает за строгое выполнение оперативного плана восстановления в части подъема сошедшего с рельсов подвижного состава. Дополнительные повреждения подвижного состава и контейнеров с опасными грузами не допускаются.

Запрещается проведение работ по подъему и ремонту подвижного состава, содержащего взрывчатые материалы, воспламеняющиеся газы, а также легковоспламеняющиеся и горючие грузы (приложение 7 к настоящим Правилам), без применения искробезопасного инструмента и технических средств (на основе омеднения или алюминиевых сплавов).

При необходимости освещения фронта работ должны использоваться осветительные устройства во взрывозащищенном исполнении.

По окончании восстановительных работ привлеченные работники должны пройти медицинское освидетельствование.

Особые предписания по ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами отдельных классов:

Класс 1 (взрывчатые материалы – ВМ). При проведении аварийно-восстановительных работ с грузами класса 1 необходимо учитывать их особую опасность, способность принести значительный ущерб жизни и здоровью людей, а также жилым и производственным объектам, транспортной инфраструктуре [6].

При аварийных ситуациях и планировании аварийно-восстановительных работ с ВМ необходимо в первую очередь исходить из подкласса груза, который указывается в аварийной карточке.

ВМ с опасностью взрыва массой способны взрываться всей массой под воздействием ударов, нагревания, детонации. При этом образуется ударная волна, приводящая к разрушению подвижного состава, строительных конструкций, восстановительной и пожарной техники, поражению людей. Тепловой прогрев ВМ этого подкласса в условиях пожара увеличивает вероятность перехода горения в детонацию, и в практической деятельности аварийные и пожарные службы должны принимать вероятность взрыва равной единице. Кроме ударной волны большой ущерб наносят осколки и обломки упаковок, вагонов, строительных конструкций и т.п., разлетающиеся в зоне взрыва с большой скоростью; опасны также газообразные продукты взрыва (углерода монооксид, оксиды азота, фосфора, цианид водорода).

Класс 2 (газы сжатые, сжиженные и растворенные под давлением). При проведении восстановительных работ с этими грузами необходимо учитывать, что в емкостях (цистернах, баллонах) имеет место избыточное давление. Оно может значительно повышаться с увеличением температуры, что может привести к разгерметизации емкости или даже к ее разрушению. Поэтому цистерны со сжиженными и сжатыми газами должны быть охлаждены независимо от природы газа.

При повреждении котла цистерны с негорючим и нетоксичным газом она должна быть отведена в безопасное место и находиться под наблюдением. Ликвидация утечки или перелив груза в порожнюю цистерну должны осуществляться только в присутствии специалиста.

Если произошла разгерметизация цистерны и утечка горючего газа с плотностью тяжелее воздуха, во избежание создания взрывоопасной концентрации и мощного взрыва или объемного воспламенения выходящий газ необходимо поджечь и под контролем специалистов, при интенсивном охлаждении котла цистерны, дать ему выгореть. При проведении восстановительных работ с цистернами, содержащими грузы класса 2, необходимо следить за тем, чтобы подъемные средства и сам процесс подъема не приводили к разгерметизации цистерн.

При утечке ядовитых (токсичных) газов для изоляции газа следует создать водяную завесу.

При повреждении крытого вагона или контейнера, груженных баллонами со сжатыми или сжиженными газами, их необходимо вскрыть, избегая искрообразования и пожара. Проверка исправности баллонов, наличия утечки и степень загазованности осуществляется с соблюдением предусмотренных аварийной карточкой мер безопасно-

сти. Если обнаружатся неисправные баллоны, то они должны быть удалены на расстояние не менее 100 м от пути на перегоне, зданий и сооружений, по возможности погружены в емкость с раствором в соответствии с указанием аварийной карточки. Затем необходимо установить охрану и наблюдение до полного выхода газа.

Класс 3 (легковоспламеняющиеся жидкости – ЛВЖ). При проведении восстановительных работ необходимо учитывать специфические свойства грузов этого класса опасности, особенно подкласса 3.1 (ЛВЖ с температурой вспышки ниже минус 18 °С). Общим свойством грузов этого класса в случае утечки является способность создавать над поверхностью горючую концентрацию паров при любых температурах окружающей среды выше температуры вспышки. Горючая концентрация паров может распространяться от места возникновения на расстояние более 2 км, а низкие температуры самовоспламенения паров (100-300 °С) приводят к их воспламенению от нагретых тел и поверхностей. Кроме того, насыщенные пары ЛВЖ (особенно подкласса 3.1) с повышением температуры окружающей среды создают в цистерне значительное давление, способное привести к разгерметизации цистерны. Поэтому, перед тем как приступить к работе с цистернами, содержащими ЛВЖ, необходимо убедиться в их герметичности и в том, что они не нагреты. Поэтому при работе восстановительных средств с цистернами необходимо предусматривать возможность немедленной отцепки тяговой техники и отвод ее на безопасное расстояние. При этом противопожарные средства должны находиться в полной готовности, обеспечивая прикрытие восстановительных работ.

При повреждении цистерны с ЛВЖ, сопровождающимся утечкой, необходимо принять все меры к устранению утечки, отвести цистерну на безопасное расстояние и перелить содержимое в порожнюю цистерну.

Если при утечке ЛВЖ возникает пожар, то необходимо на пути горящей жидкости построить земляную запруду, потушить пожар или поддерживать контролируемое горение до полного выгорания вытекающей жидкости.

При проведении аварийно-восстановительных работ с нагретыми цистернами, содержащими ЛВЖ, необходимо принять меры по их интенсивному охлаждению водой до температуры окружающей среды и устранению утечки паровой и жидкой фазы. После этого допускается их транспортирование по железнодорожным путям, если они не деформированы, или подъем (сдвиг) и перестановка за пределы опасной зоны с помощью техники, имеющейся на вооружении восстановительного поезда.

В начальной стадии пожара, сопровождающейся взрывами и мощным тепловым излучением, личный состав, участвующий в ликвидации последствий аварийной ситуации, не должен приближаться к емкостям и находиться на расстоянии не менее 200 м с использованием различного рода местных укрытий от воздействия ударной волны.

Порожние цистерны с остатками ЛВЖ содержат насыщенные пары, взрывоопасная концентрация которых лежит в температурных пределах распространения пламени. Если температура окружающей среды лежит в диапазоне температурных пределов распространения пламени, то при наличии источника зажигания может произойти взрыв паровоздушной смеси. Обращение с порожними цистернами должно быть таким же, как и с наполненными.

Класс 4 (легковоспламеняющиеся твердые вещества; самовоспламеняющиеся вещества; вещества, выделяющие воспламеняющиеся газы при взаимодействии с водой). При тушении пожаров с грузами подкласса 4.1 необходимо учитывать, что недостаточное увлажнение груза может способствовать самовозгоранию после прекращения горения. После окончания тушения пожаров таких грузов должен быть установлен контроль за появлением вторичных очагов возгорания. Если в аварийную ситуацию попали вагоны с опасными грузами подкласса 4.2, следует обратить внимание на то, что некоторые из них (фосфор желтый, металлоорганические соединения) способны самовозгораться при контакте с кислородом воздуха. Возникновения процесса горения избежать практически невозможно. При горении образуются токсичные вещества. Продолжение работ возможно только после тушения загорания указанными в аварийной карточке огнетушащими веществами.

Грузы подкласса 4.3 характеризуются высокой активностью по отношению к воде. Взаимодействие с водой может носить характер взрыва. В ходе химической реакции образуются воспламеняющиеся (горючие) газы. Кроме того, многие грузы этого подкласса являются горючими. Эти особенности свойств необходимо учитывать, проводя работы вблизи водоемов, рек, в дождливую погоду или зимой.

Класс 5 (окисляющие вещества и органические пероксиды). Специфичность свойств опасных грузов данного класса определяется их способностью при нагревании разлагаться с образованием кислорода (разложение пероксидов может носить характер взрыва), что способствует развитию пожара в условиях аварийной ситуации; образовывать с горючими веществами смеси, способные самовозгораться в момент их образования, или возгораться при наличии источника зажигания; образовывать токсичные вещества при контакте с неорганическими веществами. Необходимо убрать от места россыпи или разлива горючие вещества.

Класс 6 (ядовитые вещества). При ликвидации аварий с опасными грузами подкласса 6.1 необходимо учитывать, что они способны вызывать отравления, заболевания при попадании вовнутрь или при соприкосновении с кожей. Особенно опасны легколетучие вещества, так как при аварийных ситуациях возможно создание опасных концентраций, приводящих к отравлению не только в зоне аварийной ситуации, но и на значительном расстоянии от нее. Многие грузы подкласса 6.1 являются горючими веществами и при горении образуют газообразные токсичные вещества (цианид водорода, фосген, хлороводород, оксиды азота и др.). При пожаре нагревание приводит к испарению и разложению негорючих и малолетучих ядовитых грузов, что повышает опасность отравления.

Класс 7 (радиоактивные вещества). При проведении аварийно-восстановительных работ при радиационных транспортных авариях необходимо учитывать следующие опасные факторы, которые могут создать опасность для здоровья и (или) явиться причиной загрязнения окружающей среды: радиационные поля вследствие повышения мощности дозы гамма- и нейтронного излучения; наличие радиоактивных веществ в окружающей среде (при разрушении радиационной упаковки); наличие подвергшихся радиоактивному загрязнению лиц, а также загрязненных обломков, грунта и другие. Некоторые радиоактивные вещества обладают токсичными свойствами, создавая опасность при вдыхании (например, гексафторид урана). Дополнительные виды опасности указываются в аварийной карточке.

Особого внимания требуют транспортные аварийные ситуации, сопровождающиеся сильным ударом или мощным огнем, которые могут привести к потере защитных свойств и разгерметизации радиационной упаковки или (при аварии с перевозимыми ядерными материалами) создать условия для самоподдерживающейся цепной реакции.

При перевозках радиационных упаковок III транспортной категории, транспортируемых повагонно на условиях исключительного использования, уровень внешнего излучения от радиационного груза может быть значительным, поэтому аварийные работы при выпадении упаковок из вагонов необходимо рационально планировать с соблюдением минимального времени и максимального расстояния от источника.

При перевозках веществ низкой удельной активности и объектов с поверхностным радиоактивным загрязнением суммарная активность этих грузов может быть значительной, однако удельная активность и свойства содержимого являются такими, что при разгерметизации потенциальная опасность будет относительно низкой. В непосредственной близости от места аварии потребуется предпринять защитные действия, исходя из радиационного характера аварийной ситуации с учетом загрязнения территории, подвижного состава и других объектов.

Нарушение целостности радиационных упаковок, содержащих большое количество радиоактивного вещества (радиационные упаковки типа В), может оказать серьезное воздействие на здоровье и безопасность населения на прилегающих к зоне радиационной транспортной аварии территориях.

Если авария сопровождается пожаром, то увеличивается вероятность рассеяния радиоактивных веществ, что необходимо учитывать при выборе средств индивидуальной защиты.

Класс 8 (едкие и (или) коррозионные вещества). При проведении аварийно-восстановительных работ с опасными грузами данного класса необходимо учитывать, что при непосредственном контакте эти вещества вызывают повреждения живой ткани, а при утечке и просыпании – повреждение и даже разрушение перевозимых грузов или транспортных средств. Некоторые грузы этого класса являются горючими веществами, образующими при горении токсичные продукты, проявляют окисляющее действие, воспламеняя горючие вещества (материалы).

Для минимизации риска чрезвычайной ситуации на железнодорожной станции следует выполнять следующие организационные мероприятия:

- регулярно проводить инструктажи и тренировки с персоналом по действиям в условиях аварии и пожара [3];
- обеспечить наличие и исправное состояние первичных средств пожаротушения и средств индивидуальной защиты;
- контролировать техническое состояние подвижного состава, особенно цистерн, предназначенных для перевозки опасных веществ;
- строго соблюдать правила погрузки, транспортировки и стоянки железнодорожных цистерн с нефтепродуктами;
- своевременно проводить техническое обслуживание систем сигнализации, вентиляции и автоматического пожаротушения;
- осуществлять непрерывный контроль за действиями персонала на станциях и прилегающих территориях [5].

Реализация предложенных мероприятий позволит значительно повысить уровень безопасности на железнодорожном объекте.

Список использованной литературы

1. Методические рекомендации по действиям подразделений федеральной противопожарной службы при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ МЧС России от 26.05.2010 № 43-2007-18.

2. О пожарной безопасности: ФЗ РФ от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ. Справочно-правовая система «Консультант Плюс».

3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: ФЗ РФ от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ.

4. Колобанова Н. А., Колобанов Н. С. Современные проблемы пожарной безопасности // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. Том 3. С. 322-326.

5. Песков А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Использование современных технологий в системе МЧС РФ // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгограда, 2022. С. 215-220.

6. Свиридонова Н. Н., Епифанова Д. Ю., Колобанова Н. А. Анализ влияния на окружающую среду последствий аварий на железнодорожном транспорте, перевозящим опасные грузы // Инновационные научные исследования: теория, методология, тенденции развития: сборник научных статей по материалам XVI Международной научно-практической конференции. Уфа, 2025. С. 131-137.

7. Ежов К. В., Беломутенко Д. В. Оценка риска для населения от чрезвычайных ситуаций, вызванных авариями на потенциально опасных объектах или стихийными бедствиями // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2018. С. 159-162.

8. Степанова Т. С., Беломутенко Д. В. Особенности ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XIV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2020. Т. 2. С. 144-146.

9. Поликанин В. С., Резчиков П. В. Порядок организации тушения пожаров на железных дорогах // Новое поколение выбирает науку: материалы XI Регионального научно-исследовательского конкурса среди старшеклассников и обучающихся профессиональных образовательных организаций Волгоградской области. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2020. С. 134-135.

10. Ахремочкин С. А., Резчиков П. В. Особенности тушения пожаров на железнодорожном транспорте // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2018. Т. 5. С. 532-537.

УДК 614.844:631

ПРОБЛЕМЫ ОБОРУДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЙ АВТОМАТИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРОВ И ПОЖАРОТУШЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКОЙ

Сергеев Н. А., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград. Россия

Аннотация. Рассмотрены проблемы использования средств обнаружения и тушения пожаров на объектах сельскохозяйственного назначения. Приведены примеры наиболее характерных пожаров в зданиях и сооружениях предприятий

сельскохозяйственной отрасли и указаны основные причины их возникновения. Причины позднего обнаружения и развития пожаров при эксплуатации сельскохозяйственных объектов. Определены направления по решению трудностей обнаружения пожаров на сельскохозяйственных объектах и созданию условий для успешной ликвидации пожаров специальной мобильной техникой.

***Ключевые слова*:** *технологии пожаротушения, средства обнаружения пожаров, мобильные средства пожаротушения.*

В сельскохозяйственном секторе России существуют проблемы оборудования объектов сельхозпредприятий автоматическими средствами обнаружения пожаров и ликвидации пожаров с использованием мобильных средств пожаротушения. Проблемы связаны с особенностями сельскохозяйственных объектов, условиями их размещения на местности и недостаточной координацией действий служб экстренного реагирования. Эти трудности влияют на эффективность противопожарной защиты, так как пожары на сельскохозяйственных объектах приводят к масштабным ущербам и разрушениям, включая уничтожение зданий, урожая, гибель людей и мясомолочного скота.

По статистическим данным МЧС РФ ежегодно в стране регистрируется порядка 340000-360000 пожаров, прямой ущерб от которых составляет порядка 23 млрд рублей [2].

Статистические данные МЧС России о пожарах в сельской местности за период 2021-2025 годы приведены в таблице 1 [1, 2].

Таблица 1 – Пожары в сельской местности в 2021-2025 годах

№ п/п	Наименование	2021	2022	2023	2024	2025
1	Всего пожаров, кол.	175 435	160 199	173 182	159 597	151 852
2	Погибло, чел.	3 989	3 778	3 826	3 780	3 190
3	Травмировано, чел.	2 869	2 873	2 980	2 864	2 794
4	Прямой ущерб, млрд руб.	6,5	8,2	8,1	9,4	10,8

В зданиях и сооружениях сельскохозяйственного назначения в России в период с 2021-2025 годы в среднем происходило около 600 пожаров. Ниже приведены случаи наиболее характерных пожаров, взятых из источников, находящихся в свободном доступе.

14 апреля 2021 года – пожар в селе Троица Спасского района Рязанской области. В результате пала сухой травы произошло возгорание кровли телятника, огнём уничтожено 420 тонн сена. Материальный ущерб – 1,4 млн рублей.

30 мая 2021 года – пожар в здании фермы в Ишимбайском районе Башкирии. В результате пожара погибло 9 голов крупного рогатого скота (4 коровы и 5 телят), здание фермы полностью уничтожено огнём. Предполагаемой причиной пожара стал грозовой разряд.

27 мая 2021 года – пожар на свиноферме в хуторе Гусев Ростовской области, принадлежащей «Агрокомплексу им. Н. И. Ткачева». При ликвидации пожара частично обрушилась конструкция здания. Пожар удалось локализовать на площади 2 тысячи квадратных метров, пострадавших нет.

3 мая 2022 года в Буйском районе Костромской области загорелся склад для сельскохозяйственных нужд на животноводческой ферме. Площадь пожара составила 3 тысячи квадратных метров. Из огня были эвакуированы 85 голов крупного и мелкого рогатого скота, 15 голов спасти не удалось. С огнём боролись 12 человек и четыре единицы техники.

4 октября 2022 года в Илишевском районе Башкирии произошёл пожар на территории сельхозпредприятия. К моменту прибытия спасателей огнём были объяты коровник площадью 1 тысячи квадратных метров, пристройка к нему и гараж. Из коровника вывели около 60 животных.

1 ноября 2023 года произошел пожар на животноводческой ферме в Челябинской области, в результате которого погибли один человек, 10 телят и 250 свиней.

В апреле 2024 года сообщалось о пожаре на ферме в Бирском районе Башкирии. Огонь полностью охватил здание фермы, а также гараж, баню и сарай, которые находились под одной крышей. Сгорели 80 овец, восемь телят. Ещё 20 овец хозяин успел вывести из горящего здания.

5 июля 2025 года произошел пожар в деревне Усть-Куда в Иркутской области. Огонь охватил теплицы, административное здание и хозпостройки сельхозпредприятия. По сообщению МЧС России по Иркутской области площадь пожара составила 2,3 тысячи квадратных метров.

29 октября 2025 года в посёлке Ачаирский под Омском произошел пожар на складе с овощами. По данным регионального ГУ МЧС России площадь пожара составила 2,5 тысячи квадратных метров.

6 января 2026 года произошёл пожар на частной ферме в деревне Старцево Городецкого округа Нижегородской области. Погибло 150 голов крупного рогатого скота, 79 свиней и поросят. Причиной пожара стал аварийный режим работы электрооборудования.

27 января 2026 года произошел пожар на территории агрокомплекса в подмосковной деревне Духанино. Площадь пожара в производственном помещении пластиково-литейного цеха составила около 3,5 тысячи квадратных метров. По предварительной информации, никто не пострадал.

28 января 2026 года в поселке Сосновый Угличского округа Ярославской области произошел пожар на птицефабрике. Огонь повредил цех на площади 1 тысяча квадратных метров и уничтожил готовую продукцию. Из здания самостоятельно эвакуировались два человека, никто не пострадал.

По последним расширенным статистическим данным МЧС РФ за 2023 год только в зданиях животноводческих ферм, птицефабрик, свинокомплексов, складов зерна, сена и другой сельскохозяйственной продукции произошло 272 пожара, материальный ущерб от которых составил более 495,7 млн. рублей, при этом погибло 4 и травмировано 5 человек [1].

Основными причинами пожаров в 2025 году в зданиях и сооружениях, на транспортных средствах в сельской местности (151 852 пожара) являются [2]:

1. Неосторожное обращение с огнем – 97 396 пожаров, в том числе:

- неосторожность при курении – 21 282;
- детская шалость – 910.

2. Аварийный режим работы электрических сетей и оборудования – 30 778.

3. Нарушение правил устройства и эксплуатации печного оборудования – 13 039.

4. Поджог – 4 486.

5. Нарушение правил устройства и эксплуатации транспортных средств – 4 015.

6. Иные причины – 3 883.

Обеспечение продовольственной безопасности Российской Федерации неразрывно связано с выполнением комплексных противопожарных мероприятий на всех предприятиях сельскохозяйственного сектора, а также на всех стадиях производства: посадки, выращивания, уборки урожая зерновых, кормовых культур, содержания мясомолочных пород скота, птицы, пушных зверей и другой сельскохозяйственной продукции.

Сельскохозяйственные организации России, от сравнительно небольших частных животноводческих ферм до крупнейших агрохолдингов, имеют различные формы собственности. Поэтому эти предприятия различаются организационно-экономическими возможностями в области обеспечения своей пожарной безопасности, как-то: наличием или отсутствием пожарных депо, автоматических систем обнаружения пожара, мобильной специальной или приспособленной для тушения пожара техникой, пожарно-техническим вооружением, первичными средствами пожаротушения, противопожарным инвентарем, обученных специалистов и сотрудников пожарных формирований [7].

Одна из первоочередных задач руководителя любого объекта и сельскохозяйственного предприятия, в частности, – это создание системы обеспечения пожарной безопасности. Целью создания системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты является предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защита имущества при пожаре.

Система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты включает в себя систему предотвращения пожар, систему противопожарной защиты, комплекс организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности [4].

Соблюдение противопожарного режима в здания и сооружениях сельскохозяйственных объектов, на территориях, прилегающих к этим объектам, в том числе на полях, прилегающих лесных массивах, степях – это законодательно утвержденная обязанность руководителей, ответственных за пожарную безопасность.

Длительное или временное хранение в помещениях животноводческих ферм, складов, зерносушилок, элеваторов, силосов и на открытых площадках значительных объемов кормов, сена, соломы, зерна и других сельскохозяйственных культур, создают благоприятные условия для быстрого распространения пожара [3, 6].

К условиям, способствующим быстрому развитию пожара на объектах сельского хозяйства, относятся такие неблагоприятные факторы, как позднее обнаружение и несвоевременное прибытие пожарно-спасательных подразделений к месту пожара.

Позднее обнаружение пожаров в животноводческих и складских зданиях сельскохозяйственных предприятий связано главным образом с отсутствием или неисправным состоянием в них автоматических систем пожарной сигнализации. Ежегодные планы технического обслуживания и планово-предупредительного ремонта систем пожарной автоматики там, где она была смонтирована по проекту, в большинстве случаев в сельской местности не выполняются. Не производится своевременная замена отработавших свой срок пожарных извещателей, не проверяется исправность низковольтных шлейфов и приемно-контрольных приборов пожарной сигнализации [3]. Фирмы, имеющие лицензию на проектирование, монтаж, наладку, ремонт и техническое обслуживание оборудования и систем противопожарной защиты, как правило, располагаются в крупных населенных пунктах районного значения и обслуживают городские объекты. Руководители и собственники сельских животноводческих предприятий нанимают на эти объекты работников с функциями дежурной пожарной и сторожевой охраны, не задумываясь о том, что только вместе автоматическая система обнаружения пожара и сторожевая охрана дают нужный положительный результат по контролю за пожарной безопасностью объекта.

Несвоевременное прибытие специальной мобильной техники пожарно-спасательных подразделений и приспособленной техники для тушения пожаров добровольных формирований к месту пожара в сельской местности, и, как следствие, развившиеся пожары, обусловлено следующим рядом причин:

- большие расстояния от пожарных депо районных или городских пожарно-спасательных частей до ферм, животноводческих и птицеводческих комплексов, так как владельцы таких сельхозпред-

приятий стараются организовать цепочки производственных процессов как можно короче и зачастую располагают объекты в удаленной сельской местности, ближе к производству;

- отсутствие собственных объектовых пожарных формирований, добровольных пожарных команд и дружин, обеспеченных мобильной техникой или техникой, приспособленной к тушению пожаров, другими эффективными средствами тушения пожаров и пожарно-техническим вооружением в необходимом количестве [3];

- неисправность сельскохозяйственных машин и агрегатов, которые приспособлены для тушения пожаров, а также неподготовленность водителей и лиц, обслуживающих приспособленную технику, не прошедших специальную подготовку по «Программе подготовки водителей ведомственной пожарной охраны» [5];

- позднее обнаружение возникших очагов возгораний, в том числе позднее сообщение в территориальную Единую дежурную диспетчерскую службу (ЕДДС) или пункт связи пожарной части из-за медленного реагирования эксплуатационного персонала объектов;

- сложности с подъездом к месту пожара на сельскохозяйственных объектах, особенно в зимнее время, отсутствие проездов с твердым покрытием к зданиям ферм, плохое состояние дорог на прилегающих к объекту территориях [4];

- отсутствие или неудовлетворительное состояние наружного противопожарного водоснабжения: специально оборудованных по проекту и заполненных водой, утепленных на зимний период, пожарных водоемов, резервуаров, а также оборудованных пожарных пирсов при наличии рек или озер вблизи сельскохозяйственных предприятий [4];

- недостаточная укомплектованность, неисправное состояние или отсутствие первичных средств пожаротушения, пожарного инвентаря в самих зданиях и на территориях животноводческих комплексов и ферм [4];

- неудовлетворительный уровень обучения персонала в области пожарной безопасности, формальное отношение к проведению противопожарных инструктажей, отсутствие практических занятий и совместных тренировок пожарных подразделений с работниками животноводческих ферм по эвакуации животных из зданий, отработок оперативных планов пожаротушения производственных, складских сельскохозяйственных комплексов [4].

Для решения проблем технического обслуживания средств обнаружения пожаров и их ликвидации мобильными средствами пожаротушения в сельскохозяйственном секторе России необходимо:

- координировать деятельность служб экстренного реагирования на федеральном, межрегиональном и региональном уровнях;

- развивать материально-техническую базу профессиональных пожарно-спасательных подразделений и систему добровольных пожарно-спасательных подразделений;

- проводить систематическое обучение собственников, руководителей и специалистов объектов сельскохозяйственного назначения в образовательных учреждениях по дополнительным профессиональным программам в области пожарной безопасности;

- разрабатывать и внедрять новые инновационные технологии в области обнаружения пожаров и оповещения населения, в создании средств спасения людей при пожарах и средств тушения пожаров;

- перерабатывать существующие нормативные материалы и разрабатывать правила на новых принципах обеспечения пожарной безопасности конкретно для объектов сельского хозяйства с учетом современных реалий.

Список использованной литературы

1. Пожары и пожарная безопасность. Статистический сборник. ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. 112 с. https://ptm01.ru/statistika-vniipo-2023-god-pozharyi-i-pozharnaya-bezopansost-statistika-pozharov-i-ix-posledstvij

2. Анализ обстановки с пожарами и их последствиями на территории Российской Федерации за 12 месяцев 2025 г. Департамент надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России, 2026. 17 с. https://vdpo64.ru/uploadedFiles/files/Analiz-obstanovki-s-pozharami-RF-za-2025-pdf

3. Правила противопожарного режима в Российской Федерации: постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 года № 1479. https://www.consultant.ru/ document/cons-doc-LAW-363263

4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности от 22.07.2008 № 123-ФЗ (последняя редакция). https://www.consultant.ru/ document/cons_doc_LAW_78699

5. Пасовец В. Н., Лахвич В. В., Антоненко М. А. Пожары на сельскохозяйственной технике и причины их возникновения // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2021. № 2. https://cyberleninka.ru/article/n/pozhary-na-selskohozyaystvennoy-tehnike-i-prichiny-ih-vozniknoveniya

6. Чемисов С. С., Сметанкина Г. И. Проблемы обеспечения пожарной безопасности в сельской местности // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2012. С. 100-102. https://cyberIeninka.ru/articIe/n/probIemy-obespecheniya-pozharnoy-bezopasnosti-v-selskoy-mestnosti

7. Колобанова Н. А., Колобанов Н. С. Особенности тушения пожаров в сельской местности // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 162-169.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ РОБОТОТЕХНИКА, МЕХАТРОНИКА И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АПК

Ажгалиев Р. С., Воробьева Н. С., Иванов А. Г. Роботизированная платформа для возделывания бахчевых культур под пленкой при непосредственном севе 3
Бабоченко Н. В., Безрук И. О. Вопрос использования роботизированного манипулятора для сбора яблок 9
Бабоченко Н. В., Голубовская Я. Д. Система управления роботизированного грузоподъемного средства 13
Горобцов А. С., Климов К. В., Данилов В. А., Скворцов С. А. Перспективные низкобюджетные шагающие роботы 20
Демидов С. М., Рашоян Г. В., Филиппов Г. С. К решению прямой задачи о положениях для l-координатного механизма обычного вида 25
Дяшкин А. В., Горин А. В. Система управления мобильного робота-манипулятора 30
Дяшкин-Титов В. В., Мухамбетов В. А. Вопрос устойчивости в работе автоматизированного электропогрузчика стрелового типа ... 35
Захаров Е. Н., Несмиянов И. А. Анализ разработанных конструкций манипуляторов на основе треугольной пирамиды и их научных исследований 39
Кривко С. И., Литвинов М. А., Курбанов Р. К., Захарова Н. И. Мониторинг сельскохозяйственных биообъектов с помощью бвс с системой питания на основе водородных топливных элементов 45
Мезникова М. В., Галкин А. В. Технология интеллектуального опрыскивания и технические средства для ее выполнения 51
Потапенков Н. А., Кутырёв А. И. Сравнительный анализ алгоритмов трекинга для отслеживания плодов яблони на линии сортировки в режиме реального времени 57
Скобликов Д. А., Филиппов Р. А. Обоснование параметров электропривода рабочего органа машины для внутрипочвенного внесения жидких удобрений 64
Токарев К. Е. Опыт создания цифровых ИИ-ориентированных технологий в системе точного земледелия 72
Хабибуллин Ф. Ф. Кинематический анализ и проектирование мехатронных устройств на базе пространственных nR механизмов 79

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИКИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Айтмуратов М. Т., Грибенченко А. В., Утемуратова Д. Т., Кудайбергенова К. Определение высоты почвосдвигающей пластинки бритвы хлопкового культиватора 87

Бабоченко Н. В., Дяшкин А. В., Горин А. В., Безрук И. О. Обоснование устойчивости конструкции роботизированного манипулятора при выполнении работ 92
Бабоченко Н. В., Дяшкин-Титов В. В., Голубовская Я. Д., Мухамбетов В. А. Вопрос зоны обслуживания стрелового робота-манипулятора при выполнении погрузочно-разгрузочных работ 97
Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Скрипкин Д. В. Применение чизельных рабочих органов для подрезания корневой системы в садах 101
Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Улыбина Е. И. Технические решения ветрозащитных устройств для штанговых опрыскивателей 107
Воробьева Н. С., Беляев М. В., Воробьев К. А. Обоснование геометрических и кинематических параметров работы роботизированного культиватора 112
Галанский К. В., Гапич Д. С. Влияние бокового сегментирования долот на тяговое сопротивление при выполнении операции по чизельной обработке почвы: результаты полевых испытаний 118
Грибенченко А. В., Любимова Г. А., Бородушкин Е. С., Муренко К. В. Влияние условий эксплуатации на интенсивность и характер износа рабочих органов плуга 124
Коновалов И. П., Косульников Р. А., Коновалов П. В., Олейников Р. Н. Влияние динамической нагруженности на работу МТА 131
Кошенсков Ю. С., Моторин В. А., Любимова Г. А., Апалько В. А. Секция почвообрабатывающего орудия для междурядной обработки картофеля 137
Краснов В. А., Воробьева Н. С., Иванов А. Г., Шарипов Р. В. Устройство автоматизированной рассадопосадочной машины 141
Мартынов И. С., Бородин В. И., Шапров М. Н., Мартынова А. А. Повышение эффективности технологии междурядной обработки бахчевых культур 147
Мордасова М. С., Филиппов Р. А. Вибрационные устройства для уборки урожая ягодных кустарников 151
Нехорошев Д. А., Нехорошев Д. Д., Бирюков М. А., Нехорошев Н. Д. Механизация приготовления концентрированных кормов в личных подсобных хозяйствах 156
Скворцов И. П., Дугин Ю. А., Новиков А. И., Скворцов И. И. К вопросу движения частиц в воздушном потоке мобильного сепаратора 161

Тронев С. В., Жуковский Д. Г., Новиков В. С., Коноплев А. А. К вопросу о средних значениях основных характеристик движения материалов в полостях рабочих органов зерноуборочного комбайна 165
Тронев С. В., Новиков В. С., Жуковский Д. Г., Чернов Д. С. К вопросу разрушения связей зерна с колосом 170
Федоров А. В., Ряднов А. И. Обоснование некоторых конструктивных параметров погрузчика-транспортировщика рулонов сена ... 175
Шапров М. Н., Седов А. В., Павленко Д. С. Применение широкозахватных транспортеров при механизированной уборке бахчевых культур 181

СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Аксенов М. П., Чернявский А. Н. Актуальность предпосевной обработки семян электрическим полем переменного напряжения для повышения урожаности подсолнечника 188
Аксенов М. П., Чернявский А. Н. Установка непрерывного действия для обработки электрическим полем семян зерновых культур 193
Зеляковский Д. В. Измерение синхронизированных векторов электрических параметров для развития математических моделей энергосистем 199
Иванова О. А. Применение датчиков напряжения в распределительных сетях 6-10 кВ 205
Коннов И. О., Аникеев С. В., Богданов С. И. Повышение энергоэффективности электрооборудования при получении перьевой муки 210
Костычев К. В. Энергетический суверенитет молочных ферм на основе солнечно-аккумуляторных микрогридов 216
Кузнецова Т. А. Разработка установки для ультрафиолетового обеззараживания зерна 224
Мещеряков М. П., Якубов В. В., Наталюткин А. В. Энергоэффективные и электрофизические методы в системе предпосевной обработки семян и почвы 229
Ханин Ю. И. Влияние гармонических составляющих тока и напряжения на погрешности систем учёта электроэнергии 234
Черноусов П. С., Гапич Д. С., Черноусова М. А. Альтернативный способ измерения отклонения от заданной глубины обработки почвы 238

Шанцин В. А., Волобуев С. В. Оперативный контроль состояния разборных контактных соединений в силовых схемах 242
Якубов В. В., Мещеряков М. П., Хавронина В. Н. Магнитно-импульсная технология обработки режущего инструмента на основе плоского спирального индуктора 251

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ И ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Амчеславский. О. В., Миронов А. Ю. Применение RiskManager для вычисления величины индивидуального пожарного риска и расчет времени эвакуации людей при пожаре 258
Беломутенко С. В., Епифанова Д. Ю. Анализ аварий на энергетических станциях: причины, последствия и методы минимизации рисков 264
Варламова Е. А., Лигун М. О. Совершенствование системы пожарной профилактики на станциях и в депо ОАО «РЖД» 269
Голатов Д. А., Резчиков П. В. Особенности развития и тушения пожаров в подземных автостоянках 275
Гончарова А. Р., Гопия О. Г. Особенности коммуникативного потенциала сотрудников мчс в условиях стресса 282
Гончарова Я. Г., Карачихин С. В. Тушение лесных пожаров: современные вызовы и решения 286
Гопия О. Г., Горбачев А. Ф. Системы интеллектуального управления безопасностью на промышленных и энергетических объектах 292
Горбачев А. Ф., Гопия О. Г. Анализ причин пожаров в жилых и общественных зданиях и пути их минимизации 298
Епифанова Д. Ю., Беломутенко С. В. Современные проблемы информирования населения в области противопожарной безопасности в медиапространстве 304
Карачихин С. В., Гончарова Я. Г., Гончарова А. Р. Космический мониторинг как способ обнаружения лесных пожаров 311
Колобанова Н. А., Мануйленко И. А., Селиверстов И. В. Анализ обстановки с пожарами и их последствиями в городских поселениях 317
Колобанова Н. А., Мануйленко И. А., Селиверстов И. В. Проблемы современных техногенных систем с экологических позиций 325
Коновалова Г. В. Пожарная опасность и противопожарные мероприятия на складах ядохимикатов и минеральных удобрений .. 334
Князева А. А. Влияние техногенных пожаров на экологическую безопасность урбанизированных территорий 340

Киселев А. А., Маковкин И. А., Курганов В. А., Фурсова Н. В. Эфективность пожаротушения с применением беспилотных летельных аппаратов 346
Крафт Е. С. Развитие школьного спасательного отряда в МОУ СШ № 81 и его влияние на повышении уровня знаний в области безопасности у школьников 353
Курганов В. А. Актуальные проблемы тушения пожаров на объектах энергетики 358
Лигун М. О., Варламова Е. А. Моделирование обстановки обеспечения пожарной безопасности социально-значимых объектов с применением современных информационных технологий 365
Маковкин И. А., Маковкина Л. Н., Киселев А. А. Применение цифровых моделей рельефа для прогнозирования направлений распространения ландшафтных пожаров 370
Можалин З. А., Беломутенко Д. В., Источкина М. В., Свиридонова Н. Н. Комплексный анализ пожарной опасности в лесничествах Волгоградской области 376
Песков А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В., Никоненко М. Г. Влияние цифровых технологий на совершенствование системы обеспечения пожарной безопасности в работе надзорных органов 386
Резчиков П. В., Голатов Д. А. Особенности тушения электротранспортных средств различной мобильности 392
Свиридонова Н. Н., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Особенности изучения бишофита как огнезащитного состава для профилактики и тушения ландшафтных пожаров 398
Селиверстов И. В., Колобанова Н. А., Мануйленко И. А. Особенности проведения аварийно-восстановительных работ на железных дорогах 402
Сергеев Н. А. Проблемы оборудования объектов сельхозпредприятий автоматическими средствами обнаружения пожаров и пожаротушения специальной мобильной техникой 410
СОДЕРЖАНИЕ 417

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Материалы
Международной научно-практической конференции,

г. Волгоград, 26-27 февраля 2026 г.

ТОМ I

Ответственный за выпуск *Ряднов А. А.*

Компьютерная верстка *Дергачевой Е. С.*

Подписано в печать 27.10.2026. Формат 60х84 $^{1/16}$.
Усл. печ. л. 24,65. Тираж 50 экз. Заказ 179.
ИПК ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ «Нива».
400002, Волгоград, пр. Университетский, 26.