Красноярский
ДНИТ ДОМ НАУКИ И ТЕХНИКИ

06-07 НОЯБРЯ 2025 | Красноярск, Россия

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ ПО МАТЕРИАЛАМ VI ВСЕРОССИЙСКОЙ (НАЦИОНАЛЬНОЙ) НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

«НАУКА, ТЕХНОЛОГИИ, ОБЩЕСТВО: ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГ В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ» (НТО-VI-2025)

17 (2025)

г. Красноярск, 2025

VI Всероссийская (национальная) научная конференция: «Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий» (НТО-VI-2025)

17 (2025)

Красноярский краевой Дом науки и техники

Российского Союза научных и инженерных общественных объединений

VI Всероссийская (национальная) научная конференция

«Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий» (НТО-VI-2025)

06-07 ноября 2025 года | Красноярск, Россия

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Красноярск, 2025

УДК 001
ББК 72:30:60:65
ISBN 978-5-6053235-3-2
DOI https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.17

«Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий» (НТО-VI-2025): сборник научных трудов по материалам VI Всероссийской (национальной) научной конференции (06-07 ноября 2025 г.) – Красноярск: Красноярский краевой Дом науки и техники, 2025. – Вып. 17. – 455 с.: ил.

Конференция объединяет работы российских ученых разных поколений – от студентов и школьников, уже проявивших интерес к науке и подготовивших свои первые доклады, до аспирантов и опытных исследователей, активно развивающих свои научные направления. В сборнике представлены результаты исследований в области инноваций в промышленных и информационных технологиях, образования и подготовки кадров, промышленной и экономической безопасности, территориальной устойчивости и технологической независимости России. Материалы будут полезны преподавателям, аспирантам, магистрантам, студентам и специалистам сферы науки и образования.

Все статьи рецензируются и публикуются в авторской редакции. За содержание и достоверность статей ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. Материалы размещены в сборнике в авторской редакции.

При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

Ответственный редактор: Ковалев Игорь Владимирович, доктор технических наук, профессор, президент Красноярского краевого Союза НИО, директор Красноярского краевого Дома науки и техники РосСНИО (Красноярск, Россия).

Редакционная коллегия: Ворошилова Анна Анатольевна, кандидат философских наук, доцент, заместитель директора Красноярского краевого Дома науки и техники РосСНИО (Красноярск, Россия); **Боровинский Дмитрий Владимирович**, кандидат экономических наук, заведующий кафедрой государственного и муниципального управления, ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Красноярск, Россия); **Дроздов Николай Иванович**, доктор исторических наук, профессор, директор Сибирского института Международного инновационного университета (Красноярск, Россия); **Панкина Светлана Николаевна**, кандидат философских наук, доцент (Красноярск, Россия); **Сарамуд Михаил Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры программной инженерии Сибирского федерального университета (Красноярск, Россия); **Ступина Алена Александровна**, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой цифровых технологий управления Сибирского федерального университета (Красноярск, Россия).

© Красноярский краевой Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных объединений, 2025
© Сибирский научный центр ДНИТ, 2025
© Коллектив авторов, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

В.К. Зимогорский, Д.А. Пупкова, Я.К. Зимогорский. Метрологическое обеспечение контроля отверстий при ремонте двигателей для машин АПК: анализ существующих методов выбора средств измерений ……..……..……7-15

П.В. Дружинин. Противопожарная защита жилых зданий повышенной этажности ….……..……..16-22

А.В. Свирин. Автономия воли и пределы её реализации в международном коммерческом арбитраже ……..…..……23-26

Е.С. Аббасов, М.А. Умурзакова. Расчет свободно – конвективного теплообмена в плоских солнечных воздухонагревателях ..……..…..……27-33

Н.Ф. Тихонов. Цифровая трансформация в судовых энергетических установках: причины и цели ……..……..…..……34-39

Н.Н. Чаусов, Н.Ю. Чаусов. Современное состояние и перспективы развития рынка труда в сельском хозяйстве региона …...……..……..…..……40-46

И.А. Чешкин. Исследование пожарно-технических характеристик наполнителя для сэндвич-панелей …...……..……..…..……47-55

О.Л. Коноваленко. Правовой анализ развития медиации в России …...……..…..……56-62

А.А. Дзауров, С.М. Гойгова. Основные заболевания зерновых культур в условиях республики Ингушетия и методы борьбы с ними ……...……..…..……63-66

А.Н. Трубицын. Оценка пожарного риска учреждения здравоохранения ……..…..……67-72

П.Е. Артемьев. Обзор архитектурных решений и методов анализа данных для агрегации археологической информации ……..…..……73-80

М.А. Михайлова, К.К. Размахнин. Исследование применения реагентов пылеподавления для закрепления пылящих поверхностей технологических дорог горнодобывающей отрасли ……...……81-86

А.С. Кузовкин, Е.Д. Бычков. Использование нейронных сетей в телекоммуникационных системах ……87-92

А.В. Касимов, Р.В. Шестов. К вопросу детектирования границ объектов, отображаемых на кадрах видеоданных ……..……..93-105

А.Э. Федотова, В.М. Пестов. Рой дронов как «интеллектуальная стая» средств спасения …..…….....106-111

А.З. Абуханов, А.С. Успанова, Г.А. Галаев, М.М. Хамбиев. Специфика экспертной деятельности негосударственных экспертов в строительно-технической экспертизе …..……...…….112-117

Д.А. Пятков. Цифровой двойник железнодорожного пути: актуальность, проблемы внедрения и перспективы развития ……...…...……...……..…118-127

У.Ф. Насиров, Ш.Ш. Хайруллоев, Д.А. Хидиров, У.М. Исмайилов. Оценка влияния взрывов на устойчивость откосов и выбор безопасного расстояния ……..……...…...……...……..……128-132

Д.И. Ковалев, Е.В. Туева, П.К. Зайцев. К вопросу анализа информационной надежности технологии Smart Dust ……...……...……...……...……..…133-141

В.В. Кривец. Программная система распознавания дорожной информации с поступающего видеопотока (видеокамеры, лидар) и построения траектории движения беспилотного транспортного средства ……...……...……...……...……..……142-148

С.С. Чивчян. Имитационное моделирование распределенных вычислительных систем ……..…149-159

М.А. Кошин, Е.А. Попов. Концепция применения комбинации генетического программирования и дифференциальной эволюции при проектировании искусственных нейронных сетей ……...…160-164

Д. С. Арнаут, А. Б. Остапенко. Защита персональных данных в условиях цифровизации ...…….165-176

А.А. Вертунов, Т.С. Карасева. Анализ системы безопасности в некастодиальных криптокошельках на примере Exodus ……...…….177-181

И.Л. Клендер, А.Н. Шимохин. Особенности создания систем поддержки принятия решений для энергосистем комбинированного типа с малой генерацией ...……...…….182-186

М.Е. Штейнгарт, Т.С. Карасева. Разработка интеллектуальной системы мониторинга и оптимизации вывоза твердых коммунальных отходов на основе IoT-технологий ...……...…….187-193

П.К. Зайцев, Е.В. Туева, П.В. Ендуткин. К вопросу повышения отказоустойчивости технологии Smart Dust для экологического мониторинга в распределённых киберфизических системах ...……...…….194-200

Д.Е. Казарин, К.К. Размахнин. Дроны с ИИ и спутниковой связью: инструмент для предвидения рисков в техносфере ……...……...…….201-205

Д.Д. Рыбка, П.М. Урвачев. Архитектура фон Неймана: актуальность, ограничения и пути развития в современных вычислениях ……...……...…….206-212

Н.А. Днепровский, П.М. Урвачев. Фундаментальные основы и перспективы квантовых вычислений ……213-222

И.И. Тагиров, Р.Т. Хазиева. Разработка методики диагностики и прогнозирования технического состояния электропривода ……...……...……...…….223-228

Б.М. Шифрин, И.В. Елисеев, М.С. Липатов, В.А. Марков. Модель движения материальных и информационных потоков технологического процесса производства фанеры …...……...…….229-237

В.И. Полякова, В.В. Звягинцев. Исследование применения жидкого стекла в качестве противопожарной обработки ……...……...……...…….238-242

А.С. Каратаев, М.Р. Макушева. Эволюция регуляторных мер по защите клиентов розничного банка от мошенничества: от технологического контроля к социально-ориентированным сервисам (на примере 2025 года) ……...……...……...…….243-250

А.З. Абуханов, А.С. Успанова, Г.А. Галаев, М.М. Хамбиев. Базовые научные проблемы безопасности в экспертных исследованиях ...……...……...……...…251-257

В.В. Щетникова, И.П. Радионова, А.Е. Курилов, К. В. Чепелева. Иппотерапия как направление повышения привлекательности сельских территорий ...……...……...…….258-266

Е.А. Воронина, В.В. Звягинцев. Разработка мобильного комплекса для тушения пожаров ...…….267-279

Л.А. Ковалева, В.В. Звягинцев. Оценка качества атмосферного воздуха города Свободный методом биоиндикации ...……...…….280-287

А.А. Катрушенко, П.Д. Тимкин, А.А. Пензин. Дизайн праймеров для изучения экспрессии генов запасных белков в семенах сои в условиях засухи и засоления методом кПЦР …...……...…….288-293

И.В. Полозков. Разработка климатически и технологически адаптированного проекта звукоизоляции межэтажного перекрытия для отделения измельчения ЗИФ АО «Прииск Соловьёвский» (Амурская область) ……...……...…….294-298

А.А. Дзауров, Я.Х-М. Гойгова. Экономическая эффективность применения органических и минеральных удобрений в условиях республики Ингушетия ……...……...……...…….299-303

Т.В. Турушева, Д.В. Пустотынцева. Оценка запыленности атмосферного воздуха территории, прилегающей к Уртуйскому угольному разрезу ……...……...……...…….304-309

К.К. Размахнин, Р.Ж. Эрдынеев. Профилактика аварийных ситуаций на трансформаторных подстанциях с применением интеллектуальных систем ……...……...……...……...…….310-315

М.В. Солдатов. Проблемы наивной реализации Retrieval-Augmented Generation и подходы к их преодолению ……...……...……...……...…….316-323

М.Ю. Букарев. Организация внутреннего экологического аудита и повышение экологической культуры персонала ……...……...……...……...…….324-330

М.А. Парфенова. Проектный и риск-менеджмент в педагогическом дизайне онлайн-курсов по английскому языку …..……..……..……..……..……..……..…….331-340

Д.С. Асташов. Разработка дополнительного пожарного оборудования для тушения степных пожаров ...……..……..……..……..……..……..…….341-346

Д.В. Войко, А.В. Войко. Подходы к совершенствованию управления источниками финансирования предприятия нефтяной отрасли в условиях ESG трансформации ...…….……..…….347-355

К.Б. Карсаков. Новые вызовы риск-менеджмента: совместные проекты в преференциальной среде ……..…….……..…….356-366

Е.В. Ларионов. Методы распознавания дорожной информации с поступающего видеопотока и построения траектории движения беспилотного транспортного средства …..…….……..……...367-375

М.Ю. Букарев. Экологический риск-менеджмент в горнодобывающей промышленности: теоретические основы и стандарты …..…….……..……...376-385

А.А. Грейс, И.В. Ковалев, Ю.А. Соснина, А.П. Энгель. Анализ устойчивости распределённого реестра сетей Smart Dust к атакам и помехам …..……...……..……...386-403

М.Р. Сницкая. Социальное обеспечение как фактор устойчивого экономического роста …..……...……..……..……...404-410

Д.В. Зубцова, Н.В. Погребняк. Великий Коммуникатор: языковые и стилистические средства в политическом дискурсе Рональда Рейгана …..…..……..……...411-421

Т.В. Хышова, М.В. Бакай. Оценка состояния туристической отрасли в Хабаровском крае …..…..……..……..……...422-426

Д.А. Ануфриев, М.Е. Куницын, С.В. Цедрик. Автоматизированный анализ эффективности инвестиционных проектов с учетом экологических ограничений …….……..……...427-431

А.Н. Хавдок. Преимущества и недостатки использования квизов на занятиях по русскому языку как иностранному …….……..……...432-436

Б. Сапаров, К. Шыныбеков, А. Сапаров, Р. Тенелбаев. Влияние давления и температурных режимов на прочность соединения полиэтиленовых водопроводных труб ……437-443

Ю.В. Мамонтова, В.М. Пестов. Применение беспилотных летательных технологий при проведении поисково-спасательных и специальных работ в зонах чрезвычайных ситуаций …….…….444-449

Л.Р. Сотникова. Совершенствование методики испытания вакуумных выключателей …….450-454

УДК 658.562.44
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.1001

EDN RWPIRQ

Метрологическое обеспечение контроля отверстий при ремонте двигателей для машин АПК: анализ существующих методов выбора средств измерений

В.К. Зимогорский*, Д.А. Пупкова, Я.К. Зимогорский

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», ул. Тимирязева, 49, Москва, 127434, Россия

*E-mail: zimogorskij@rgau-msha.ru

Аннотация. В статье проводится всесторонний анализ существующих методов выбора средств измерений (СИ) для контроля линейных размеров отверстий при ремонте двигателей сельскохозяйственной техники. Особое внимание уделено методикам, разработанным в диссертационных исследованиях А.Р. Журавлевой и Н.Ж. Шкарубы, которые предлагают переход от традиционного подхода, основанного на стоимости или коэффициенте уточнения, к технико-экономической оптимизации, ориентированной на минимизацию суммарных потерь, включающих как затраты на измерения, так и экономический ущерб от ошибок контроля (неправильного забракования и принятия деталей). Рассматриваются недостатки классических методов (выбор по коэффициенту уточнения, по допускам калибров, по принципу безошибочности) и обосновывается необходимость комплексного подхода, учитывающего специфику ремонтного производства. Приводятся графические зависимости, иллюстрирующие эффективность предложенной методики на примере выбора СИ для контроля коренных и шатунных опор двигателей ЯМЗ-238, что подтверждает ее практическую значимость для повышения качества и экономической эффективности ремонтных работ в агропромышленном комплексе.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, ремонт двигателей, контроль отверстий, средства измерений, выбор средств измерений, технико-экономическая оптимизация, потери от погрешности измерений, неправильное забракование, неправильное принятие, АПК.

Metrological support for hole inspection in engine repair for agricultural machinery: analysis of existing measurement instrument selection methods

V.K. Zimogorskiy*, D.A. Pupkova, Ya.K. Zimogorskiy

Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127434, Russia

*E-mail: zimogorskij@rgau-msha.ru

Abstract. This article provides a comprehensive analysis of existing methods for selecting measuring instruments (MI) for controlling linear hole dimensions during the repair of agricultural machinery engines. Particular attention is paid to the methodologies developed in the dissertations of A.R. Zhuravleva and N.Zh. Shkaruba, which propose a shift from the traditional cost-based or refinement coefficient approach to a techno-economic optimization focused on minimizing total losses, including both measurement costs and the economic damage caused by control errors (incorrect rejection and acceptance of parts). The shortcomings of classical methods (selection by refinement coefficient, by gauge tolerances, by the principle of error-free control) are examined, and the necessity of a comprehensive approach that accounts for the specifics of repair production is substantiated. Graphical dependencies are presented, illustrating the effectiveness of the proposed methodology using the example of selecting MIs for controlling main and connecting rod bearings of YaMZ-238 engines, confirming its practical significance for improving the quality and economic efficiency of repair work in the agro-industrial complex

Keywords: metrological support, engine repair, hole inspection, measuring instruments, selection of measuring instruments, techno-economic optimization, losses from measurement error, incorrect rejection, incorrect acceptance, agro-industrial complex.

1. Введение

Качество ремонта сельскохозяйственных машин, их надежность и долговечность напрямую зависят от точности выполняемых технологических операций, одной из ключевых среди которых является контроль геометрических параметров деталей [1]. Особенно критичным является контроль размеров отверстий в ответственных соединениях, таких как коренные и шатунные опоры коленчатых валов двигателей, где даже незначительные отклонения могут привести к преждевременному выходу двигателя из строя, значительным экономическим потерям для сельхозпроизводителя и снижению конкурентоспособности отечественного ремонтного сектора [2]. В этой связи, обеспечение высокого уровня метрологического обеспечения ремонтного производства, а именно — рациональный выбор средств измерений (СИ), становится одной из важнейших задач [3].

Традиционные подходы к выбору СИ, основанные на упрощенных критериях, таких как стоимость прибора или коэффициент уточнения, зачастую не позволяют достичь оптимального баланса между затратами на измерения и качеством контроля. Они не учитывают экономический ущерб, возникающий в результате ошибок первого и второго рода — неправильного забракования годных деталей и неправильного принятия бракованных. В условиях ремонтного производства, где детали имеют широкий разброс размеров и часто находятся на пределе допустимого износа, этот ущерб может многократно превышать затраты на приобретение и эксплуатацию более точных, но дорогих СИ [4].

В данной статье проводится анализ существующих методов выбора СИ для контроля отверстий, с акцентом на современные технико-экономические подходы, разработанные в диссертационных работах А.Р. Журавлевой и Н.Ж. Шкарубы. Целью анализа является демонстрация того, что наиболее эффективной стратегией является выбор СИ, обеспечивающего минимум суммарных издержек, включающих как прямые затраты на измерения, так и косвенные потери от ошибок контроля.

2. Классификация и критический анализ традиционных методов выбора средств измерений

Выбор СИ является комплексной задачей, на решение которой влияет множество факторов: метрологические характеристики (пределы измерений, цена деления, предельная

погрешность), конструктивные особенности объекта контроля, требования к точности, объем производства, квалификация персонала и, конечно, экономические показатели [5]. Существующие методы можно условно разделить на несколько групп.

2.1. Выбор по коэффициенту уточнения (коэффициенту запаса точности)

Этот метод является одним из самых распространенных и простых. Его суть заключается в сравнении точности СИ и точности изготовления (или восстановления) контролируемой детали. Коэффициент уточнения k_T определяется как отношение допуска на изготовление T к нормативной погрешности измерения [Δ *изм*] [6]:

$$k_T = \frac{T}{2[\Delta \text{ изм}]} \quad (1)$$

Значения k_T варьируются от 1,5 до 10. Для ответственных параметров рекомендуется использовать верхнюю границу, для менее важных — нижнюю. Например, при контроле технологических процессов часто используется k_T= 3…6, что соответствует погрешности измерения 16,7...33,3% от допуска [7]. Согласно ГОСТ 8.549-86, для линейных размеров [Δ *изм*] принимается равной 20...35% от T, что соответствует k_T= 2,5…1,4.

Недостатки метода:

1. Отсутствие экономической составляющей. Метод не учитывает стоимостные характеристики СИ и потенциальные потери от ошибок контроля. Выбор СИ с k_T= 10 для неответственного параметра приведет к неоправданным капитальным затратам.
2. Статичность. Не учитывает изменчивость процесса и объем производства. Для мелкосерийного ремонта применение дорогостоящего высокоточного СИ может быть экономически нецелесообразно.
3. Упрощенность. Не рассматривает вероятностную природу погрешностей измерения и контролируемых параметров, что не позволяет оценить реальный риск ошибок I и II рода.

2.2. Выбор по допускам рабочих предельных калибров

Этот метод основан на допущении, что результаты измерений универсальными СИ не должны выходить за границы поля допуска на величину, большую, чем возможные

погрешности контроля этими же деталями рабочими предельными калибрами [7]. Расчетная предельная погрешность измерений Δ_{lim} определяется по формуле:

$$\Delta_{lim} = \sqrt{(\frac{T}{2})^2 + l_{max}^2 * k_z^2} \quad (2)$$

где l_{max} — наибольший выход полей допусков калибров за границы поля допуска контролируемого размера, k_z — коэффициент, зависящий от принятой вероятности α.

Недостатки метода:

1. Ориентация на калибры. Метод изначально разработан для сравнения с калибрами, которые сами по себе имеют значительные погрешности и не позволяют получить количественную информацию о размере детали.
2. Сложность расчетов. Требует знания параметров калибров, что не всегда применимо при выборе универсальных СИ.
3. Недостаточная точность. Не обеспечивает высокой достоверности контроля для ответственных соединений.

2.3. Выбор по принципу безошибочности контроля

Основная идея этого метода заключается в ограничении вероятностей ошибок I рода (браковка годных деталей — P_I) и II рода (принятие бракованных деталей — P_{II}) [8]. Цель — добиться их минимальных значений. Однако полное исключение погрешности измерения невозможно, поэтому на практике устанавливаются приемлемо малые значения P_I и P_{II}. Вероятность безошибочного контроля N_0 определяется как:

$$N_0 = 1 - P_I - P_{II} \quad (3)$$

Недостатки метода:

1. Высокая стоимость. Для достижения очень малых значений PI и PII требуется применение СИ с исключительно высокой точностью, что экономически нецелесообразно для большинства ремонтных операций.
2. Сложность реализации. Требует сложных расчетов вероятностных характеристик, знания законов распределения контролируемых параметров и погрешностей измерений, что в условиях ремонтного предприятия зачастую затруднительно.

2.4. Выбор по технико-экономическим показателям

Этот подход, пытается связать точность измерений с удельными издержками на контрольные операции [9]. Целевая функция минимизации суммарных издержек G представлена как:

$$G = B(\sigma) + C(\sigma) \rightarrow min \quad (4)$$

где $B(\sigma)$ — затраты на измерения, $C(\sigma)$ — дополнительные издержки из-за погрешности измерений (например, расходы на устранение последствий отказов).

Недостатки метода:

1. Упрощенные зависимости. Функции B(σ) и C(σ) часто задаются в виде гиперболических или квадратичных зависимостей, что не всегда отражает реальную картину. Например, функция потерь от погрешности измерений может быть несимметричной и иметь сложный вид.
2. Отсутствие учета специфики ремонта. Метод разработан преимущественно для серийного производства новых изделий и не учитывает особенности дефектации и контроля изношенных деталей, где зона рассеяния размеров значительно шире и смещена относительно поля допуска.

3. Современный подход: технико-экономическая оптимизация по критерию минимизации суммарных потерь

Анализ вышеизложенных методов показывает, что ни один из них в чистом виде не удовлетворяет требованиям современного ремонтного производства. Наиболее перспективным направлением является разработка и применение комплексных методик, которые учитывают как технические, так и экономические аспекты выбора СИ. В этом контексте особое значение имеют диссертационные исследования А.Р. Журавлевой [2] и Н.Ж. Шкарубы [3], предложившие методики, основанные на минимизации суммарных годовых издержек на измерительный процесс.

Суть подхода, разработанного в указанных работах, заключается в следующем. Суммарные годовые издержки $\Sigma И_Г$ на измерения складываются из двух основных компонентов:

1. Годовых затрат на измерения (ΣЗГ). Включают в себя амортизационные отчисления, затраты на поверку, заработную плату контролеров, затраты на энергоресурсы и материалы.
2. Годовых потерь от погрешности измерений (ΣПГ). Включают в себя потери, возникающие из-за ошибок контроля:
   - Потери от неправильного забракования годных деталей (ошибки I рода).
   - Потери от неправильного принятия бракованных деталей (ошибки II рода), которые могут проявиться на последующих этапах (комплектация, сборка, обкатка, эксплуатация у потребителя) в виде затрат на переделку, рекламации, утраты репутации.

Математически это выражается формулой:

$$\Sigma И_{\Gamma} = \Sigma З_{\Gamma} + \Sigma П_{\Gamma} \rightarrow min \quad (5)$$

А.Р. Журавлева в своей диссертации [2] детально проработала методику расчета как затрат, так и потерь для условий ремонта двигателей. Она предложила конкретные формулы для расчета потерь при контроле шатунных и коренных опор, учитывая стоимость деталей, затраты на устранение дефектов и вероятности ошибок, которые зависят от погрешности применяемого СИ. В результате анализа было показано, что для контроля шатунных опор, имеющих относительно низкую стоимость, наиболее целесообразно использовать индикаторные нутромеры с измерительными головками МИГ-1 или МИГ-2, так как в этом случае суммарные издержки минимальны. Для контроля более дорогостоящих коренных опор (блоков цилиндров) потери от ошибок контроля становятся определяющими, и оптимальным выбором оказывается высокоточная электронная пробка ЦД3М, несмотря на ее высокую стоимость [2].

Н.Ж. Шкаруба в своей докторской диссертации [3] развивает и углубляет этот подход. Она предлагает комплексную методику технико-экономического обоснования выбора универсальных СИ не только для свободных размеров, но и для допускового контроля размеров деталей, образующих соединения (например, отверстие-вал). Ее методика включает в себя:

1. Исследование вероятностных характеристик измерительного процесса.
2. Расчет годовых потерь от погрешности измерения.

3. Технологию выбора пары СИ для контроля размера отверстия и размера вала с учетом их взаимного влияния на качество сборки.

Особую ценность представляет разработанная Шкарубой Н.Ж. компьютерная программа для расчета вероятностных характеристик рассеяния действительных зазоров и натягов в соединениях, что позволяет количественно оценить влияние погрешности измерения на качество сборки и, как следствие, на надежность двигателя.

Эффективность предложенного подхода наглядно демонстрируют графические зависимости. На рисунке 1 (см. ниже) показаны суммарные годовые издержки при контроле деталей, образующих соединение «коренная шейка коленчатого вала, восстановленного под 1-й ремонтный размер — коренная опора в сборе с ремонтным вкладышем». На рисунке 2 (см. ниже) — аналогичные зависимости для соединения «коренная шейка нового коленчатого вала — коренная опора в сборе с новым вкладышем». Анализ графиков показывает, что использование нутромера НИЦ 160-0,002 и рычажной скобы СР-125-0,002 позволяет минимизировать суммарные издержки. При этом для новых деталей они составляют 80 421 руб., а для ремонтных — 269 295 руб. Замена менее точных базовых средств измерения на указанные более точные позволила получить значительный экономический эффект: 262 805 руб. для ремонтных деталей и 157 546 руб. для новых, что в сумме составляет 420 351 руб. при программе ремонта 100 двигателей. Этот эффект достигается за счет снижения потерь от погрешности измерения на 47% и суммарных годовых издержек на 45%.

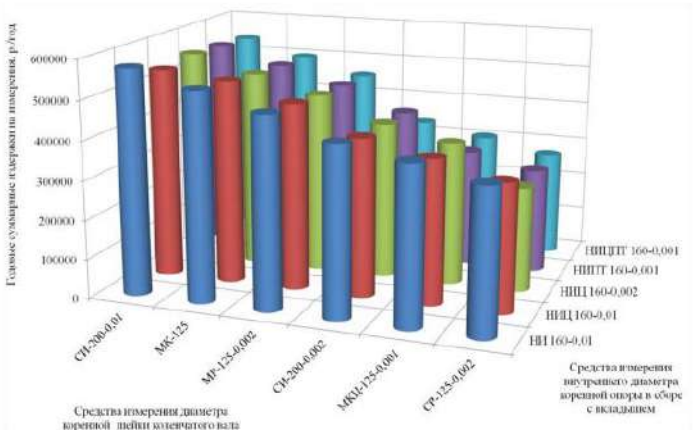


Рисунок 1. Суммарные годовые издержки измерительного процесса деталей, образующих соединение «коренная шейка коленчатого вала, восстановленного под 1-й ремонтный размер — коренная опора в сборе с ремонтным вкладышем» двигателей ЯМЗ-238.

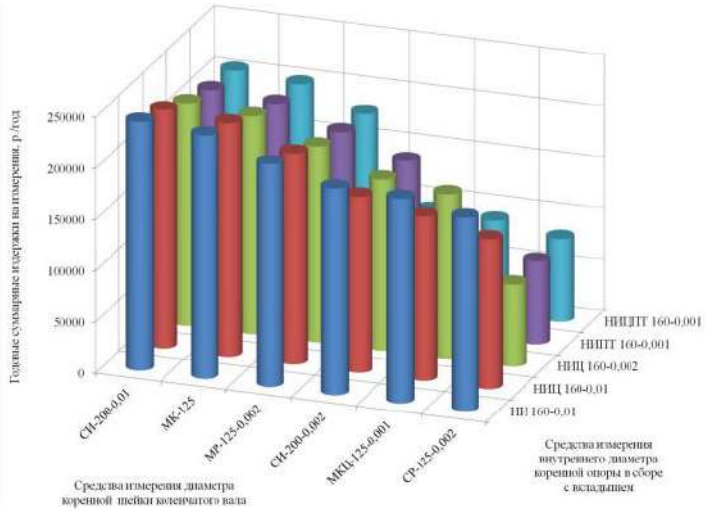


Рисунок 2. Суммарные годовые издержки измерительного процесса деталей, образующих соединение «коренная шейка нового коленчатого вала — коренная опора в сборе с новым вкладышем» двигателей ЯМЗ-238.

4. Заключение

Проведенный анализ существующих методов выбора средств измерений для контроля отверстий при ремонте двигателей машин АПК позволяет сделать следующие выводы.

Традиционные методы (по коэффициенту уточнения, по допускам калибров, по принципу безошибочности) обладают рядом существенных недостатков, главным из которых является игнорирование экономической составляющей процесса измерения. Они не позволяют найти оптимальное решение, обеспечивающее баланс между затратами на контроль и качеством выпускаемой продукции.

Наиболее перспективным и научно обоснованным подходом является технико-экономическая оптимизация, предложенная в диссертационных работах А.Р. Журавлевой и Н.Ж. Шкарубы. Суть этого подхода заключается в выборе СИ, обеспечивающего минимум суммарных годовых издержек, которые включают как прямые затраты на измерения, так и косвенные потери от ошибок контроля (неправильного забракования и принятия деталей).

Методика, разработанная Н.Ж. Шкарубой, является наиболее комплексной, так как она учитывает влияние погрешности измерения на качество сборки сопрягаемых деталей и позволяет выбрать оптимальную пару СИ для контроля отверстия и вала. Подтвержденная практическими расчетами и графическими зависимостями (рис. 1, 2) эффективность этой

методики делает ее незаменимым инструментом для повышения качества и экономической эффективности ремонтного производства в агропромышленном комплексе.

Внедрение подобных методик на ремонтных предприятиях позволит не только снизить издержки, но и повысить надежность и ресурс отремонтированной техники, что является стратегически важной задачей для сельского хозяйства России.

Таким образом, переход от интуитивного или упрощенного выбора СИ к научно обоснованному, основанному на минимизации суммарных потерь, является необходимым шагом для совершенствования метрологического обеспечения и повышения конкурентоспособности отечественного ремонтного сектора АПК.

Список литературы

1. Леонов О.А. Метрологическое обеспечение производства: Учеб. Пособие / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба. – М.: РНИИИТЭИ, 2017. – 180 с.
2. Журавлева А.Р. Разработка методики выбора средств измерений для контроля отверстий при ремонте сельскохозяйственной техники: дис. ... канд. техн. Наук / А.Р. Журавлева. – М., 2012. – 176 с.
3. Шкаруба Н.Ж. Совершенствование метрологического обеспечения ремонтного производства АПК: автореф. дис. ... д-ра техн. Наук / Н.Ж. Шкаруба. – М., 2019. – 40 с.
4. Алексеев В.В. Метрология, стандартизация, сертификация / В.В. Алексеев. – М.: Академия, 2010. – 384 с.
5. Артемьев Б.Г. Справочное пособие для работников метрологических служб / Б.Г. Артемьев, С.М. Голубев. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 279 с.
6. Дунин-Барковский И.В. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / И.В. Дунин-Барковский. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 352 с.
7. РД 50-98-86. Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм (по применению ГОСТ 8.051-81). – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 84 с.
8. Бородачев Н.А. Основные вопросы теории точности производства / Н.А. Бородачев. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – 196 с.
9. Миф Н.П. Оптимизация точности измерений в производстве / Н.П. Миф. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 136 с.

УДК 614.849
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.1002
EDN RWPIRQ

Противопожарная защита жилых зданий повышенной этажности

П.В. Дружинин

Забайкальский государственный университет, ул. Александрово-Заводская, 30, Чита, 672000, Россия

E-mail: petr.mchs01@mail.ru

Аннотация. В статье проанализированы особенности внутреннего противопожарного водопровода в зданиях повышенной этажности. Особое внимание уделено цели системы организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Перечислен состав системы организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Ключевые слова: пожарная безопасность, организационно-технические мероприятия, здания повышенной этажности, внутренний противопожарный водопровод

Fire protection of high-story residential buildings

P.V. Druzhinin

Transbaikal State University, 30 Aleksandrovo-Zavodskaya st., Chita, 672000, Russia

E-mail: petr.mchs01@mail.ru

Abstract. The article analyzes the features of internal fire-fighting water supply in high-rise buildings (from 10 to 25 floors high) using the example of a 24-story apartment building with built-in or attached social and utility facilities. Many authors note that the main problems inherent in internal water supply are its high cost. Particular attention is paid to the purpose of the system of organizational and technical measures to ensure fire safety. The legislative basis for the complex of organizational and technical measures in the area under consideration is listed. The composition of the system of organizational and technical measures to ensure fire safety is listed.

Keywords: fire safety, organizational and technical measures, high-rise buildings, internal fire-fighting water supply.

1. Введение

Активное развитие высотного строительства в последние десятилетия стало заметной чертой архитектуры большинства развитых государств. Россия не является исключением — здесь рост числа зданий повышенной этажности сопровождается ужесточением требований к инженерным и противопожарным системам [1]. Современные небоскрёбы не только формируют силуэт мегаполисов, но и становятся испытанием для специалистов, отвечающих за безопасность их эксплуатации.

Причины активного освоения высотного строительства в первую очередь экономические. Дефицит земли в центральных районах крупных городов делает возведение многоэтажных комплексов рациональным решением: при ограниченной площади участка можно создать значительный объём полезных помещений. Однако подобные объекты требуют сложных инженерных систем — устойчивости к ветровым нагрузкам, скоростных лифтов, мощных коммуникаций и эффективной противопожарной защиты [2].

Высотные сооружения традиционно рассматриваются как показатель технологического потенциала страны. Их возведение требует объединения усилий архитекторов, инженеров, производителей материалов и органов государственного надзора. Фактически, каждая новая высотка становится не только архитектурным объектом, но и демонстрацией научно-технического прогресса [6].

Современные тенденции проектирования связывают небоскрёбы с принципами устойчивого развития. «Зелёные» здания предусматривают энергоэффективность, переработку ресурсов, сбор дождевой воды и озеленение крыш, что способствует снижению эксплуатационных затрат и повышению экологической устойчивости [7].

Особое внимание уделяется внедрению интеллектуальных систем управления (BMS), которые контролируют вентиляцию, освещение, энергопотребление и пожарную безопасность. В результате высотное здание становится целостным организмом, где все системы объединены в единую цифровую структуру обеспечения комфорта и безопасности [3].

2. История и развитие высотного строительства в России

Формирование отечественной высотной архитектуры происходило постепенно и отражало социально-политические изменения эпохи. Ещё в 1920 году В. Е. Татлин предложил проект Башни III Интернационала — первого амбициозного замысла небоскрёба в России.

Хотя его реализация не состоялась, идея стала символом новаторства советской инженерной мысли [6].

Следующим шагом стало проектирование Дворца Советов — грандиозного сооружения высотой до 400 метров с планируемой стометровой статуей Ленина на вершине. Несмотря на то что война прервала строительство, замысел оказал значительное влияние на развитие проектной школы того времени [7].

В 1950-е годы идею единого монумента сменила концепция ансамбля высотных зданий. Так появились знаменитые «сталинские высотки», возведённые в Москве с 1952 по 1955 годы. Самым высоким из них стал главный корпус МГУ на Воробьёвых горах, достигший 242 метров [7].

В 1970-х годах акцент сместился на массовое жильё, но отдельные высотные доминанты продолжали строиться — например, жилые башни у площади Победы в Ленинграде.

Новый этап начался в постсоветский период. В 2007 году в Москве был завершён «Триумф-Палас» высотой 264 метра — первое современное высотное здание нового времени. Позже проект «Москва-Сити» вывел столицу в число крупнейших деловых центров Европы [7]. Сегодня рекорд принадлежит 462-метровому Лахта-центру в Санкт-Петербурге, который сочетает инженерную изысканность и комплексную противопожарную систему [3].

3. Проблемы и решения в области пожарной безопасности

Пожары в зданиях повышенной этажности относятся к категории чрезвычайно опасных происшествий, так как их локализация и тушение сопряжены с рядом значительных трудностей. Во-первых, эвакуация людей из таких объектов является сложной из-за большой численности жильцов и сотрудников, протяжённости лестничных клеток и узости эвакуационных коридоров. Во-вторых, доступ пожарных подразделений к очагу возгорания часто ограничен конструктивными особенностями здания, включая узкие проёмы, удалённость пожарных подъездов и наличие высоких этажей, что затрудняет использование стандартного оборудования и техники [7].

Распространение продуктов горения, в частности дыма и токсичных газов, по вертикальным шахтам и каналам вентиляции происходит чрезвычайно быстро, создавая опасные условия для людей и препятствуя оперативной работе пожарных. В связи с этим проектирование современных высотных зданий требует обязательного внедрения

комплексных противопожарных систем, способных эффективно предотвращать распространение огня и дыма, а также обеспечивать контроль температуры и давления в инженерных коммуникациях.

Ключевым элементом такой инфраструктуры является внутренний противопожарный водопровод (ВПВ), который обеспечивает круглосуточную и оперативную подачу воды на все этажи здания. С помощью ВПВ пожарные краны, спринклерные и дренчерные установки получают необходимый поток воды, позволяя локализовать возгорание на ранних стадиях и минимизировать материальный ущерб [3].

Однако, как отмечают специалисты, проектирование, монтаж и эксплуатация ВПВ сопряжены с существенными финансовыми и техническими затратами. Необходимость установки насосных станций, автоматизированных систем управления, стойких трубопроводов и оборудования для контроля давления приводит к высокой стоимости реализации системы. Тем не менее, эти затраты оправданы, поскольку именно надежность внутреннего противопожарного водопровода напрямую влияет на безопасность жильцов и эффективность действий пожарных в критических ситуациях [6].

4. Анализ системы внутреннего противопожарного водопровода (ВПВ)

Рассмотрим организацию внутреннего противопожарного водопровода (ВПВ) на примере 24-этажного жилого дома. Согласно требованиям СП 10.13130.2009 [3], пожарные краны диаметром 50 мм устанавливаются в специально оборудованных шкафах на высоте примерно 1,35 м, что обеспечивает удобство доступа для жильцов и обслуживающего персонала. Каждый кран комплектуется рукавом длиной 20 м и стволом с соплом диаметром 16 мм, что позволяет формировать две струи воды, обеспечивая эффективное орошение помещения в случае возгорания.

Для поддержания стабильного давления и расхода воды применяется насосная установка HYDRO MX 1/1 2CR32-4 (Q=8,7 л/с, H=57,7 м, N=2×7,5 кВт), оснащённая системой автоматического, дистанционного и ручного управления (п. 4.2.7 СП 10.13130.2009) [3]. Управление насосами может осуществляться как дистанционно, так и вручную, а контроль давления осуществляется автоматически; пуск насосов возможен прямо из пожарных шкафов, расположенных рядом с кранами (п. 4.2.8 СП 10.13130.2009) [3].

Стояки водопровода выполнены из металлических труб диаметром 50–65 мм (п. 7.1.3 СП 30.13330.2012) [3], а для подключения пожарных автомобилей предусмотрены специальные патрубки и площадка, рассчитанная на два транспортных средства.

Внутри квартир устанавливаются краны с распылителями, обеспечивающие подачу воды во все зоны помещений, что позволяет жильцам оперативно реагировать на очаг возгорания (ч. 6 ст. 17 ФЗ №384-ФЗ, п. 7.4.5 СП 54.13330.2011) [6]. Для защиты мусоросборных камер используются спринклерные оросители, а в мусоропроводах монтируются автоматические системы пожаротушения (п. 9.30 СП 54.13330.2011) [3].

5. Система организационно-технических мероприятий

Рассмотрим устройство внутреннего противопожарного водопровода (ВПВ) на примере 24-этажного жилого дома. Согласно требованиям СП 10.13130.2009 [3], пожарные краны диаметром 50 мм устанавливаются в специально оборудованных шкафах на высоте около 1,35 м, что обеспечивает удобный доступ для жильцов и обслуживающего персонала. Каждый кран комплектуется рукавом длиной 20 м и стволом с соплом диаметром 16 мм, что позволяет формировать две струи воды для эффективного орошения помещения в случае возгорания.

Для обеспечения стабильного давления и расхода воды на всех этажах здания используется насосная установка HYDRO MX 1/1 2CR32-4 (Q=8,7 л/с, H=57,7 м, N=2×7,5 кВт), оборудованная системой автоматического, дистанционного и ручного управления (п. 4.2.7 СП 10.13130.2009) [3]. Автоматическое регулирование позволяет поддерживать заданное давление в пределах 0,05–0,1 МПа на каждом этаже. Дистанционный и ручной пуск насосов осуществляется из пожарных шкафов, расположенных рядом с кранами (п. 4.2.8 СП 10.13130.2009) [3], что обеспечивает оперативное реагирование при возникновении чрезвычайной ситуации.

Для равномерного распределения воды по этажам применяются стояки из металлических труб диаметром 50–65 мм (п. 7.1.3 СП 30.13330.2012) [3]. Расход воды корректируется с учётом этажности: на нижних этажах давление поддерживается около 0,35 МПа, на средних — 0,40 МПа, на верхних — 0,45 МПа, что обеспечивает стабильное орошение помещений независимо от высоты. Для подключения пожарных машин предусмотрены специальные патрубки и площадка, рассчитанная на два транспортных средства, что облегчает работу пожарных расчётов.

В квартирах установлены краны с распылителями, которые обеспечивают доступ воды во все зоны помещения (ч. 6 ст. 17 ФЗ №384-ФЗ, п. 7.4.5 СП 54.13330.2011) [6]. Спринклерные оросители применяются для защиты мусоросборных камер, а в мусоропроводах монтируются автоматические системы пожаротушения (п. 9.30 СП 54.13330.2011) [3].

Особое внимание уделяется учёту динамических характеристик системы: насосы обеспечивают время срабатывания менее 10 секунд, что позволяет поддерживать необходимый напор сразу после активации крана. Дополнительно предусмотрены резервные линии подачи воды, которые включаются автоматически при падении давления ниже критического уровня, обеспечивая непрерывность работы системы на протяжении всего времени возможного пожара.

Таким образом, современный ВПВ сочетает в себе продуманное распределение трубопроводов, автоматизированное управление насосами, резервирование и интеграцию с системами контроля, что позволяет обеспечить высокую эффективность пожаротушения и безопасность жильцов многоэтажного дома [3; 6].

6. Заключение

Таким образом, обеспечение пожарной безопасности зданий повышенной этажности требует комплексного подхода, включающего инженерные, организационные и управленческие меры. Несмотря на высокую стоимость ВПВ, отказ от таких систем недопустим, так как именно они формируют основу безопасности жителей [6, 7].

На примере 24-этажного жилого дома можно видеть, что эффективная противопожарная защита достигается сочетанием технических средств, современных нормативов и систематической подготовки людей. Только при их взаимодействии обеспечивается реальная безопасность и минимизация последствий пожара.

Список литературы

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 г. (с изменениями и дополнениями) // Собрание законодательства Российской Федерации от 28 июля 2008 г. № 30 (часть I) ст. 3579.
2. Правила противопожарного режима в Российской Федерации, утвержденные Постановлением Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479. – URL: https://docs.cntd.ru/document/565837297 (дата обращения 25.08.2025).

3. СП 10.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности (с Изменением № 1). – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200071153?section=status (дата обращения 25.08.2025).
4. ГОСТР 22.9.11-2013 Национальный стандарт Российской Федерации «Аварийно-спасательные средства спасения из высотных зданий» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200108283?section=status (дата обращения 29.08.2025).
5. Методические рекомендации МЧС России от 11.10.2011 № 2-4-60-12-19. – URL: https://docs.cntd.ru/document/456079938 (дата обращения 29.08.2025).
6. Макаров, А.С. Основные проблемы внутреннего противопожарного водопровода / А.С. Макаров, И.А. Левковец // Международный научный журнал «Вестник науки». – 2020. – № 2 (23). Т. 3. – С. 59-61. EDN: CUXJLR.
7. Облиенко, М.В. Противопожарное водоснабжение высотных зданий / М.В. Облиенко, А.В. Облиенко, А.Н. Гусаков // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. –2013. – С. 448-450. EDN: WELITZ. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/protivopozharnoe-vodosnabzhenie-vysotnyh-zdaniy (дата обращения 29.08.2025).

УДК 347.91/95

EDN ADTXMD

Автономия воли и пределы её реализации в международном коммерческом арбитраже

А.В. Свирин*

МФЮА, ул. Серпуховский вал, д.17 к.1., Москва г, 115191, Россия

*E-mail: Andrey.svirin@list.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию правовой природы международного коммерческого арбитража, особенностям реализации автономии воли сторон при выборе применимого права и пределам этой автономии в условиях взаимодействия с государственными судами. Рассматриваются вопросы коллизионного регулирования и анализируются основные подходы (voie indirecte и voie directe) к определению применимого права при отсутствии соглашения сторон. Автор показывает эволюцию подходов от жёсткого следования коллизионным нормам к денационализированным методам выбора права, а также подчёркивает тенденцию к укреплению партнёрских отношений между арбитражем и национальными судами. В заключении делается вывод о необходимости баланса между свободой усмотрения арбитров и принципом правовой определённости для обеспечения эффективности арбитражного разбирательства.

Ключевые слова: международный коммерческий арбитраж, автономия воли**.**

Autonomy of will and its limits in international commercial arbitration

A.V. Svirin*

MFUA, 17,1, street Serpuhovskiy val., Moscow, 115191, Russia

*E-mail: Andrey.svirin@list.ru

Abstract. The article is devoted to the study of the legal nature of international commercial arbitration, the implementation of the autonomy of will of the parties when choosing the applicable law, and the limits of such autonomy in interaction with state courts. The paper examines conflict-of-laws regulation and analyzes the main approaches (voie indirecte and voie directe) to determining the applicable law in the absence of an agreement between the parties. The author shows the evolution from strict adherence to conflict-of-laws rules to denationalized methods of law selection, emphasizing the trend towards strengthening partnership relations between arbitration and national courts. The conclusion highlights the need to balance the arbitrators' discretion and the principle of legal certainty to ensure the efficiency of arbitration proceedings.

Keywords: international commercial arbitration, autonomy of will, voie indirecte, voie directe, arbitrability, conflict-of-laws rules.

1. Введение

Международный коммерческий арбитраж представляет собой один из наиболее эффективных институтов разрешения трансграничных коммерческих споров. Его специфика заключается в возможности сторон самостоятельно определять применимое право, состав арбитров и процессуальные правила. Автономия воли сторон является краеугольным принципом арбитража, однако в ряде случаев она сталкивается с необходимостью соблюдения императивных норм публичного порядка.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Цель исследования заключается в анализе пределов реализации автономии воли сторон в международном коммерческом арбитраже и выявлении соотношения между свободой усмотрения арбитров и контролем со стороны государственных судов. Для достижения этой цели исследуются исторические и современные подходы к определению применимого права в отсутствие соглашения сторон.

3. Методы и материалы исследования

Методологическую основу исследования составляют сравнительно-правовой, формально-юридический и системный подходы. Использованы нормативные акты, включая Нью-Йоркскую конвенцию 1958 г., Европейскую конвенцию 1961 г., Типовой закон ЮНСИТРАЛ 2006 г., Закон Российской Федерации «О международном коммерческом арбитраже» и судебную практику Верховного Суда РФ. Научная новизна исследования проявляется в предложении концепции функционального баланса между автономией воли и правовой определённостью.

4. Полученные результаты

Эволюция международного арбитражного права демонстрирует переход от обязательного применения коллизионных норм lex loci arbitri к гибким моделям voie directe, допускающим непосредственное применение материального права. Согласно статье 28 Типового закона ЮНСИТРАЛ, арбитры при отсутствии указаний сторон вправе применить право, определённое ими как наиболее уместное. Российское законодательство (ст. 28 Закона РФ № 5338-1) закрепляет аналогичный подход, что позволяет арбитрам учитывать международные стандарты.

Постановление Пленума Верховного Суда РФ № 53 (2019 г.) придало концепции партнёрства между арбитражем и судами нормативное оформление. Подчёркивается необходимость максимальной поддержки и минимального вмешательства судов в деятельность арбитражей. Этот принцип корреспондирует с международной практикой и способствует укреплению доверия к российскому арбитражу.

5. Выводы

Международный коммерческий арбитраж демонстрирует тенденцию к расширению усмотрения арбитров при определении применимого права и к укреплению партнёрской модели взаимодействия с государственными судами. Эффективность арбитража во многом зависит от баланса между автономией воли сторон и принципом правовой определённости. В современных условиях международного права автономия воли остаётся основой арбитражного процесса, а пределы её реализации определяются необходимостью обеспечения публичных интересов и соблюдения верховенства права.

Благодарности

Автор выражает признательность научному руководителю и коллегам за конструктивные рекомендации при подготовке исследования.

Список литературы

1. Конвенция ООН о признании и приведении в исполнение иностранных арбитражных решений (Нью-Йорк, 1958 г.) — в силе для Российской Федерации с 1960 г.
2. Европейская конвенция о внешнеторговом арбитраже (Женева, 1961 г.) — в силе для Российской Федерации с 1964 г.
3. Гаагская конвенция о соглашениях о выборе суда (Hague Convention on Choice of Court Agreements, 2005 г.) — подписана РФ, не ратифицирована.
4. Гаагская конвенция о признании и исполнении иностранных судебных решений по гражданским или коммерческим делам (Hague Judgments Convention, 2019 г.) — не ратифицирована РФ.
5. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть третья) от 26.11.2001 № 146-ФЗ — в ред. 2024 г., ст. 1186.

6. Закон Российской Федерации от 07.07.1993 № 5338-1 «О международном коммерческом арбитраже» — в ред. 2024 г.
7. Постановление Пленума Верховного Суда РФ от 10.12.2019 № 53 «О выполнении судами функций содействия и контроля в отношении третейского разбирательства, международного коммерческого арбитража».
8. Типовой закон ЮНСИТРАЛ о международном торговом арбитраже (ред. 2006 г.) — рекомендательный акт ООН.
9. Правила арбитража международных коммерческих споров МКАС при ТПП РФ (утв. Приказом ТПП РФ от 11.01.2017 № 6) — действующая редакция 2023 г.
10. Регламент МАК при ТПП РФ — действующая редакция 2023 г.

УДК 621
EDN TADBDY
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.1004

Расчет свободно – конвективного теплообмена в плоских солнечных воздухонагревателях

Е.С. Аббасов*, М.А. Умурзакова

Ферганский государственный технический университет, ул. Ферганская 86, Фергана, 150100, Узбекистан

*E-mail: erkinabbasov@yndex.ru

Аннотация. В статье обсуждается вопрос расчета конвективной теплоотдачи в канале плоского солнечного воздухонагревателя, при восхождении воздушного потока за счет термогравитационной конвекции в канале нагревателя. Для получения формулы расчета теплообмена авторы используют уравнения теплового баланса и теплопередачи составленного для условий свободного движения теплоносителя. Особенностью такого расчета является вычисление массового расхода воздушного теплоносителя, основанного на использовании понятия скорости потока, возникающего вследствие влияния объемной силы из-за разности плотностей воздуха.

Ключевые слова: солнечная радиация, плоский солнечный воздухонагреватель, термогравитационная конвекция, объемная сила, теплоотдача.

Calculation of free-convective heat transfer in flat solar air heaters

E.S. Abbasov*, M.A. Umurzakova

Fergana State Technical University, Fergana street 86, Fergana, 150100, Uzbekistan

*E-mail: erkinabbasov@yndex.ru

Abstract. The article discusses the issue of calculating convective heat transfer in the channel of a flat solar air heater, when the air flow rises due to thermogravitational convection in the heater channel. To obtain a formula for calculating heat transfer, the authors use the heat balance and heat transfer equations compiled for conditions of free movement of the coolant. A feature of this calculation is the calculation of the mass flow rate of the air coolant, based on the use of the concept of flow velocity, which arises due to the influence of volumetric force due to the difference in air densities.

Keywords: solar radiation, flat solar air heater, thermogravitational convection, volumetric force, heat transfer.

1. Введение

Республика Узбекистан находится в крайне благоприятном с точки зрения солнечного излучения месте земного шара, в котором преобладает особенно в летние месяцы прямая солнечная радиация. Согласно полученным измерениям интенсивность солнечной радиации в регионах республики может достигать 700 – 800 вт/м^{2}. Кроме того, республика обладает значительными запасами природного газа. Однако несмотря на такие природные возможности до сегодняшнего дня большое количество тепловой энергии, выработанной на тепловых электростанциях, расходуется на тепло потребляющие установки, такие как сушильные, отопительные системы, а также системы, связанные с переработкой фруктов и овощей.

В этой связи в последние несколько лет правительством республики Узбекистан уделяется большое внимание частичной замене в тех отраслях, где это целесообразно, тепловой энергии, полученной традиционным способом на альтернативную тепловую энергию полученной, в частности, путем преобразования солнечной энергии в специальных устройствах – коллекторах.

К таким отраслям можно отнести: сушильные системы, системы отопления (воздушные) и системы горячего водоснабжения.

Среди солнечных приемных устройств, собирающих энергию, можно выделить плоские солнечные воздухонагреватели, которые в последние годы приобретают значительную популярность благодаря их простоте, надежности и невысокой стоимости.

Солнечные воздухонагреватели могут быть с успехом использованы в сушильной установке, причем такие нагреватели могут функционировать и в условиях отсутствия принудительного движения воздуха, так как в этом случае воздушный теплоноситель легко движется вверх в каналах нагревателя, за счет подъёмных сил. Подробные исследования в области теплообмена в каналах таких нагревателей проводятся в основном в странах Ближнего востока, а также Африки [1-5].

В республиках Средней Азии изучение коллекторов как водяного, так и воздушного типа проводятся силами научно – исследовательских институтов и университетов. Анализируя ряд зарубежных источников таких исследований следует отметить, что по мнению авторов данной статьи в настоящее время мало уделено внимание расчетам свободно конвективного теплообмена в каналах воздухонагревателя, хотя дополнительные исследования такого вида теплообмена могли бы стать основой для проектирования и

массового изготовления этих устройств, которые уже сейчас используются в многочисленных фермерских хозяйствах.

2. Материалы и методы

Для решения указанной задачи воспользуемся известными в литературе [6-8] уравнениями.

Следует отметить, что согласно указанным источникам, посвященных теплообмену расчет свободно – конвективного теплообмена в каналах устройств может быть основан на следующих представлениях.

Наиболее распространенным случаем свободного движения является термогравитационная конвекция в неравномерно нагретом воздухе, когда легкие частицы всплывают вверх.

Скорость свободного движения зависит от разности температур нагретых и холодных частиц воздуха на входе в коллектор и на его выходе. Эту скорость называют характерной скоростью u_0 и наиболее известное выражение для такой скорости получается, если предположить, что объёмная сила, действующая на единицу массы $g(\rho_{вх} - \rho_{вых})$ на расстоянии l производит работу $g(\rho_{вх} - \rho_{вых})l$. Эта работа пропорциональна кинетической энергии движущегося потока $\rho_{ср}{u_0}^2/2$. Где $\rho_{ср} = (\rho_{вх} + \rho_{вых})/2$.

Однако в литературе предполагается что $\frac{g(\rho_{вх} - \rho_{вых})l}{\rho_{ср}{u_0}^2} = 1$, откуда

$$u_0 = [\, g(\rho_{вх} - \rho_{вых})l/\rho_{ср}]^{1/2} \qquad (1)$$

Такое определение скорости u_0 соответствует ламинарному свободно – конвективному движению, когда вязкие, инерционные и объемные силы – величины одного порядка. Здесь уместно считать, что на вертикальной стенке формируется пограничный слой, который постепенно теряет устойчивость и может переходить в турбулентный. На рисунке 1 показан профиль температуры и скорости в режиме свободной конвекции жидкой среды вдоль вертикальной нагретой стенки.

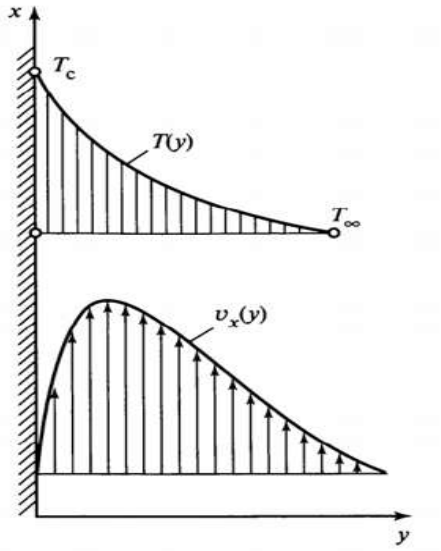


Рисунок 1. Распределение температур и скорости жидкой среды на вертикальной нагретой стенке.

Скорость на стенке равна нулю, затем она быстро увеличивается, достигает максимума, после чего постепенно уменьшается до нуля на большом расстоянии от стенки. Область изменения температуры жидкости от температуры стенки T_c до температуры вдали от стенки $T\infty$ называется тепловым пограничным слоем. При свободной конвекции тепловой и динамический пограничные слои взаимозависимы и их следует рассматривать совместно.

Учитывая, что основным показателем теплообмена является коэффициент теплоотдачи от поверхности к омывающей среде, получим формулу для его расчета, в условиях нагрева воздуха в воздушном солнечном воздухонагревателе.

Основными уравнениями расчета являются уравнение теплового баланса (уравнение 2) и уравнение теплоотдачи (уравнение 3).

$$Q = G \cdot c_p \cdot (t'' - t') \quad (2)$$

$$Q = \propto \cdot F \cdot \Delta t_{\text{лог}} \quad (3)$$

Особенностью в данном расчете является определение расхода воздуха в коллекторе за счет свободной конвекции (уравнение 4).

$$G = [\, g(\rho_{\text{вх}} - \rho_{\text{вых}}) l/\rho_{\text{ср}}]^{1/2} \cdot h \cdot a \quad (4)$$

В итоге формула расчета выглядит так (уравнение 5):

$$\propto = [\, g(\rho_{\text{вх}} - \rho_{\text{вых}}) l/\rho_{\text{ср}}]^{\frac{1}{2}} \cdot h \cdot a \cdot c_p \cdot (t'' - t') \,/(a \cdot L \cdot \Delta t_{\text{лог}}), \quad (5)$$

где $\Delta t_{\text{лог}}$ – логарифмический температурный напор.

В расчетах рекомендуется применять формулу плотности воздуха (уравнения 6 и 7):

$$\rho = (3,4839 \cdot 100)/(t + 273) \quad (6)$$

$$\Delta t_{\text{лог}} = (\Delta t_{max} - \Delta t_{min})/\ln((\Delta t_{max}/\Delta t_{min}) \quad (7)$$

Здесь $\Delta t_{max} = t_{\text{ст}} - t'$, $\Delta t_{min} = t_{\text{ст}} - t''$, $t_{\text{ст}}$ – температура стенки воздухонагревателя.

3. Результаты и обсуждение

На рисунке 2 показан экспериментальный образец солнечного коллектора, на котором в летний период 2025 года проводились измерения температур воздуха и стенки нагревателя с помощью тепловизора и датчика температур (рисунок 3). В таблице 1 показаны результаты измерений температур и результаты вычислений коэффициента теплоотдачи по формуле (5).

Рисунок 2. Общий вид солнечного воздухонагревателя.

Рисунок 3. Тепловизор и датчик температур.

Таблица 1. Результаты измерений температур и вычислений коэффициента теплоотдачи.

Часы	t'	t''	t_w	$\propto$
9:00	25,3	75,4	86,9	37,6
10:00	30,1	85,5	99,9	36,3
11:00	33,4	88,8	104,7	35,3
12:00	30,3	91,8	109,6	40,5
13:00	32,1	95,8	108,1	40,2
14:00	32	93,7	111,6	38,8

Как показывают эксперименты и выполненные расчеты коэффициенты теплоотдачи могут колебаться в зависимости не только от солнечного поступления в воздушный коллектор, но и от степени прогрева наружного воздуха t'. эксперименты также показывают высокую степень нагрева воздуха на выходе из нагревателя практически до трех раз по сравнению с температурой поступающего воздуха.

4. Заключение

В результате проведенного исследования показано, что плоский солнечный воздухонагреватель имеет возможность обеспечивать горячим воздухом сушильные установки в летнее время в условиях республики даже в пассивном режиме работы, т.е. в отсутствии вентилятора. Кроме того исследования показали, что простая конструкция солнечного воздухонагревателя в условиях ферганского региона при небольших финансовых вложениях сможет обеспечивать не только в летнее время, но и в осенние дни малые фермерские хозяйства энергией, расходуемой на отопление жилых построек. В статье предложен способ расчета основного показателя конвективного теплообмена – теплоотдачи, которых необходим при проектировании таких устройств. Полученная формула расчета конвективного теплообмена справедлива только при термогравитационной конвекции.

Список литературы

1. Fan, W. A multi – objective design optimization strategy for hy brid photovoltaic thermal collector (PVT) – solar air heater (SAH) systems with fins / W. Fan, G. Kokogiannakis, Z. Ma. // Sol Energy. – 2018. – 163. P. 315-328.

2. Kong, D. Experimental study of solar photovoltaic / thermal (PV/T) air collector drying performance / D. Kong D, Y. Wang, M. Li, V. Keovisar, M. Huang, Q. Yu // Sol Energy. – 2020. – 208. –P. 978-989.
3. Chizlene Boussouar. Studi of the Thermal Perfomance of solar air Collectors with and without Perforated Baffles / Chizlene Boussouar, Brahim Rostane, Khaled aliane, Dineshkumar Ravi, Michal Jan Geca, Arkadiusz Gola // Energies. – 2024. – 17(3812). – P. 3-20.
4. Sajjad Tariq A. Shafi. Improvig Solar Air Heater Perfomance by Using New Novelty Perforated V-Shaped Barriers / Sajjad Tariq A. Shafi, Mohammed K. Al – Saadi, Ameer Abed Jaddoa // TERRA JOULE JOURNAL. – 2025. – 1. – P. 27-36.
5. Zhang, J. Systematic review of solar air collector technologies: Performance evalution, structure design and application analisis. / J. Zhang, T. Zhu // Sustainable Energy Tecnologies fnd Assesments. – 2022. 54. – 102885. – P. 2-15
6. Солодов, А.П. Тепломассообмен в энергетических установках. Инженерные методы расчета: электронный курс. / А.П. Солодов. – М.: Издательство МЭИ, 2015.
7. Кейс, В.М. Компактные теплообменники / В.М. Кейс. – М.: Энергия, 1967.
8. Аббасов, Е.С. Вопросы расчета температуры абсорбера и нагрева воздуха в солнечных воздушных коллекторах / Е.С. Аббасов, М.А. Умурзакова // Общество и инновации. – 2024. – 5(2). – С. 176-182.

УДК 629.12

EDN UGTPQG

Цифровая трансформация в судовых энергетических установках: причины и цели

Н.Ф. Тихонов*

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, пр. Московский, 15, Чебоксары, 428015, Россия

*E-mail: ds2585@mail.ru

Аннотация. Актуальность данной работы обусловлена тем, что внедрение цифровых технологий в судостроение не только оптимизирует производственные процессы, но и способствует снижению издержек, улучшению взаимодействия с заказчиками и повышению общей конкурентоспособности отрасли на мировом рынке. В условиях экономической нестабильности и растущих требований к экологической безопасности, судостроительные компании вынуждены искать новые подходы к проектированию и эксплуатации судов, что делает цифровую трансформацию не просто желательной, а необходимой. Особое внимание уделено причинам и целям цифровой трансформации, что поможет выявить основные факторы, способствующие внедрению цифровых технологий в судостроение. Примеры успешной цифровой трансформации продемонстрируют, как конкретные компании смогли реализовать свои проекты и какие результаты они получили. Интегрированные информационные системы, как важный элемент цифровой трансформации, также займут центральное место в исследовании. Эти системы обеспечивают более эффективное проектирование судов и модернизацию устаревших, что является критически важным для повышения конкурентоспособности.

Ключевые слова: энергопотребление, искусственный интеллект, экология, управление, безопасность

Digital transformation in marine power plants: causes and goals

N.F. Tikhonov*

I.N. Ulyanov Chuvash State University, 15 Moskovsky Ave., Cheboksary, 428015, Russia

*E-mail: ds2585@mail.ru

Abstract. The relevance of this work is due to the fact that the introduction of digital technologies in shipbuilding not only optimizes production processes, but also helps to reduce costs, improve customer interaction and increase the overall competitiveness of the industry in the global market. In conditions of economic instability and growing demands for environmental safety, shipbuilding companies are forced to look for new approaches to the design and operation of ships, which makes digital transformation not just desirable, but necessary. Special attention is paid to the causes and goals of digital transformation, which will help identify the main factors contributing to the introduction of digital technologies in shipbuilding. Examples of successful digital transformation will demonstrate how specific companies have been able to implement their projects and what results they have achieved. Integrated information systems, as an important element of digital transformation, will also take a central place in the research. These systems enable more efficient ship design and retrofitting of obsolete vessels, which is critical for improving competitiveness.

Keywords: energy consumption, artificial intelligence, ecology, management, security.

1. Введение

Цифровая трансформация судовых энергетических установок представляет собой важный и актуальный аспект современного судостроения, который требует глубокого анализа и понимания. В условиях стремительного развития технологий и глобализации экономики, судостроительная отрасль сталкивается с необходимостью адаптации к новым реалиям, что делает исследование цифровых технологий в этой области особенно значимым. Судовые энергетические установки, являясь ключевыми компонентами морских судов, играют решающую роль в обеспечении их эффективной работы, безопасности и экологической устойчивости [1].

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Данная работа направлена на исследование цифровой трансформации судовых энергетических установок, что позволит не только понять текущие тенденции, но и предсказать будущее развитие этой важной области.

3. Методы и материалы исследования

3.1. Цифровая трансформация: причины и цели

Цифровая трансформация в судовых энергетических установках представляет собой важный шаг, который обусловлен необходимостью адаптации к быстро меняющимся условиям рынка и требованиям клиентов. Одним из первичных экономических факторов, способствующих этой трансформации, является стремление к повышению эффективности эксплуатации судов. Сложные условия международной конкуренции заставляют судоходные компании искать способы оптимизации затрат, улучшения ресурсопользования и снижения влияния на окружающую среду. В это время технологии позволяют значительно снизить эксплуатационные расходы за счет внедрения интеллектуальных систем управления, аналитики больших данных и других инструментов [2, 3].

Клиенты становятся более требовательными в отношении уровня сервиса и качества продукта. Современные заказчики ожидают от судов не только надежности и безопасности, но и повышения экологической устойчивости. Применение цифровых технологий помогает компаниям соответствовать этим ожиданиям и предоставлять более качественный и прозрачный сервис, что в свою очередь способствует укреплению их рыночной позиции. Поддержание конкурентоспособности требует от компаний инвестиций в новые технологии и

повышение уровня автоматизации, что связано с необходимостью постоянного мониторинга и анализа данных.

Производительность и безопасность также являются значительными целями цифровизации. Современные инструменты позволяют осуществлять предиктивный анализ состояния оборудования, что уменьшает вероятность аварий и аварийных простоев и, соответственно, снижает затраты на техническое обслуживание и ремонт. Оптимизация работы энергетических установок через применение данных о состоянии систем и них требуется для повышения общей надежности флота и улучшения планирования эксплуатации.

Одной из значительных целей трансформации является минимизация выбросов и соблюдение новых экологических нормативов. Рост озабоченности по поводу изменения климата и экологии заставляет компании пересматривать свои подходы к традиционным методам работы. Применение цифровых решений предоставляет новые возможности для мониторинга и управления потреблением топлива, что способствует более эффективному управлению энергетическими установками.

Автоматизация процессов служит еще одной важной целью цифровой трансформации [4]. С использованием новейших технологий можно существенно сократить время на обработку данных и принятие решений. Это позволяет компаниям адаптироваться к изменяющимся условиям рынка и запросам потребителей. Интеграция на разных уровнях производства и эксплуатации становится более актуальной, что открывает новые горизонты для взаимодействия различных систем и сокращает время реакции на неожиданные события.

Таким образом, причины, ведущие к необходимости цифровой трансформации в судовых энергетических установках, разнообразны. Они включают экономические факторы, требования клиентов и стремление поддерживать высокие стандарты безопасности и экологии. Очевидно, что переход к цифровым технологиям обеспечит не только краткосрочные выгоды, но и станет залогом устойчивого развития в будущем. Это способствует подготовке отрасли к новым вызовам, активно возникающим в глобализированном и высокотехнологичном мире.

4. Полученные результаты

4.1. Интегрированные информационные системы

Интегрированные информационные системы (ИИС) представляют собой комплексные решения, которые объединяют различные компоненты управления, обмена данными и анализа

информации в одну целостную платформу. Процесс цифровой трансформации судовых энергетических установок подразумевает активное использование таких систем для оптимизации проектирования и взаимодействия с клиентами.

В проектировании новых судовых энергетических установок ИИС поддерживают интеграцию данных, что позволяет специалистам в реальном времени отслеживать параметры работы различных систем [5]. Все данные, начиная с проектирования и заканчивая эксплуатацией, консолидируются в едином интерфейсе, что способствует более точному и быстрому принятию решений. Программное обеспечение обеспечивает возможность моделирования и симуляции, что позволяет выявлять оптимальные конфигурации и обеспечивать соблюдение нормативных требований.

Параллельно с этим, ИИС улучшают взаимодействие с клиентами, предоставляя им доступ к информации о статусе о обслуживании, диагностике и производительности систем. Это позволяет клиентам заранее планировать техническое обслуживание и реагировать на потенциальные проблемы [6]. Большая прозрачность в коммуникациях повышает уровень доверия и удовлетворенности клиентов, поскольку они могут отслеживать жизненный цикл оборудования и получать прогнозы о сроках выполнения работ.

Одним из ключевых аспектов ИИС является их способность к адаптации. При фрагментированном управлении каждое подразделение могло бы работать в своем информационном поле, что затрудняло бы совместимость и уровень взаимодействия. ИИС устраняют эти барьеры, объединяя информацию от различных сотрудников и состояний систем, тем самым повышая эффективность работы всей команды. Кроме того, интеграция данных позволяет использовать машинное обучение и алгоритмы искусственного интеллекта для оптимизации работы энергетических установок и предсказывания их производительности.

Развитие технологий облачных вычислений также способствовало расширению возможностей ИИС [7]. Облачные хранилища дают возможность предприятиям хранить и обрабатывать большие объемы данных вне зависимости от местоположения, что не только снижает затраты на IT-инфраструктуру, но и повышает гибкость систем. Разработка аналитических инструментов в реальном времени становится доступной, что позволяет по-новому взглянуть на управление операциями и поддержкой судовых энергетических установок.

Не менее важным аспектом ИИС является кибербезопасность. С увеличением объемов данных и их интеграции возрастает риск кибератак. Эффективная система защиты

информации становится столь же важной, как и сами технологические инновации, поскольку утечки данных могут привести к критическим сбоям в работе и значительным финансовым потерям.

Таким образом, интегрированные информационные системы выступают важным элементом в процессе цифровой трансформации судовых энергетических установок, обеспечивая более высокую степень взаимодействия между различными компонентами процесса, повышая уровень взаимодействия с клиентами и создавая гибкую основу для дальнейшего развития технологий. Реализация интегрированных решений требует продуманного подхода и инвестиций, однако результаты в виде повышения эффективности, безопасности и качества обслуживания оправдывают эти затраты.

5. Выводы

Цифровая трансформация судовых энергетических установок представляет собой важный этап в развитии судостроительной отрасли, который не только меняет подходы к проектированию и эксплуатации судов, но и открывает новые горизонты для повышения их эффективности и конкурентоспособности.

Список литературы

1. Анализ состояния и перспектив развития судостроительной отрасли России [электронный ресурс]. – URL: https://delprof.ru/press-center/open-analytics/analiz-sostoyaniya-i-perspektiv-razvitiya-sudostroitelnoj-otrasli-rossii (дата обращения: 30.10.2025).
2. Черный, С. Г. Обзор процессов формирования и повышения энергоэффективности на судах (нормативные и экономические аспекты) / С. Г. Черный, А. С. Соболев // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. – 2023. – № 3(56). – С. 78-89. – https://doi.org/10.24866/2227-6858/2023-3/78-89. – EDN FHHSFT.
3. Тихонов, Н. Ф. Высокотемпературные системы охлаждения (ВТО) / Н. Ф. Тихонов // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 100-5. – С. 170-173. – https://doi.org/10.18411/trnio-08-2023-263. – EDN UYJTGH.
4. Надеждина, О. А. Энергоэффективность в транспортной отрасли: значимость систем автоматического управления / О. А. Надеждина, Е. Г. Шумихина // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 7-2(94). – С. 187-190. – https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-7-2-187-190. – EDN DKLESZ.

5. Тихонов, Н. Ф. Система смазки современных судовых дизелей / Н. Ф. Тихонов // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 100-5. – С. 55-58. – DOI https://doi.org/10.18411/trnio-08-2023-230. – EDN LXBYNL.
6. Холиков, И. В. Организация безопасности на морском транспорте как фактор обеспечения национальной безопасности Российской Федерации / И. В. Холиков, М. С. Куприянович // Право в Вооруженных Силах – Военно-правовое обозрение. – 2024. – № 3 (320). – С. 46-54.
7. Епихин, А.И. Искусственный интеллект, перспективы применения в управлении судовыми энергетическими установками / А.И. Епихин, С.И. Кондратьев // Эксплуатация морского транспорта – 2020. – № 4. – С. 95-99. – https://doi.org/10.34046/aumsuomt97/17.

УДК 331.5
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.1006

EDN SDGPFW

Современное состояние и перспективы развития рынка труда в сельском хозяйстве региона

Н.Н. Чаусов, Н.Ю. Чаусов*

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, ул. Степана Разина, 26, Калуга, 248023, Россия

*E-mail: chausovny@tksu.ru

Аннотация. В статье представлен комплексный анализ современного состояния и перспектив развития рынка труда в сельском хозяйстве Калужской области. Исследование охватывает ключевые аспекты занятости и безработицы, качественные характеристики трудовой сферы и систему кадрового обеспечения агропромышленного комплекса региона. Авторы выявляют сохраняющиеся структурные проблемы, такие как устойчивый дефицит квалифицированных кадров, особенно механизаторов, и их заметное старение, что усугубляется демографическим спадом в сельской местности. Серьезной проблемой остаются неблагоприятные условия труда, ведущие к высокому уровню производственного травматизма, а также отставание уровня заработной платы в аграрном секторе от среднерегиональных показателей. Проанализирована эффективность действующих мер государственной поддержки, включая систему непрерывного аграрного образования и программу поддержки молодых специалистов. На основе проведенного анализа предложены конкретные направления совершенствования кадровой политики. Сделан вывод о необходимости развития образовательно-производственных кластеров, повышении привлекательности аграрных профессий за счет гарантированного уровня доходов и улучшения условий труда, а также реализации масштабных программ по стимулированию закрепления молодежи на селе через жилищные проекты и развитие инфраструктуры. Результаты исследования могут быть использованы органами власти для разработки более эффективных программ развития аграрного сектора.

Ключевые слова: рынок труда, сельское хозяйство, занятость, безработица, кадровое обеспечение, Калужская область.

The current state and prospects for the development of the labor market in regional agriculture

N.N. Chausov, N.Yu. Chausov*

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, 26 Stepana Razina St., Kaluga, 248023, Russia

*E-mail: chausovny@tksu.ru

Abstract. This article presents a comprehensive analysis of the current state and prospects for the development of the labor market in agriculture in the Kaluga Region. The study covers key aspects of employment and unemployment, the qualitative characteristics of the labor sphere, and the human resources system for the region's agro-industrial complex. The authors identify persistent structural problems, such as a persistent shortage of skilled labor, especially machine operators, and a noticeable aging of the workforce, which is exacerbated by demographic decline in rural areas. Unfavorable working conditions, leading to a high rate of occupational injuries, and the fact that wages in the agricultural sector lag behind the regional average remain a serious problem. The effectiveness of existing government support measures, including the continuous agricultural education system and the young specialists support program, was analyzed. Based on this analysis, specific areas for improving human resources policy were proposed. The authors concluded that it is necessary to develop educational and production clusters, increase the attractiveness of agricultural professions by guaranteeing income levels and improving working conditions, and implement large-scale programs to encourage youth retention in rural areas through housing projects and infrastructure development. The study's results can be used by government agencies to develop more effective programs for agricultural sector development.

Keywords: labor market, agriculture, employment, unemployment, human resources, Kaluga Region.

1. Введение

Рынок труда является одним из ключевых индикаторов социально-экономического развития любого региона [1]. В сельской местности он приобретает особую значимость, поскольку определяет не только экономическую стабильность, но и уровень качества жизни населения. Сельское хозяйство относится к числу основных отраслей, обеспечивающих продовольственную безопасность [2] и занятость сельского населения [3]. В условиях современных вызовов, включая технологическую трансформацию, демографические сдвиги и изменение структуры аграрного производства, эффективное регулирование занятости становится приоритетной задачей для органов государственной власти [4]. На рынке труда имеют место тенденции, обуславливающие дефицит кадров во всех ключевых отраслях экономики [5]. В этой связи особую актуальность приобретает исследование региональных особенностей рынка труда в аграрном секторе, что обусловлено существенными различиями в природно-климатических, экономических и социальных условиях разных территорий.

2. Цель исследования

Целью настоящего исследования является анализ рынка труда в сельском хозяйстве Калужской области, выявление ключевых проблем и разработка рекомендаций по его совершенствованию.

3. Методы и материалы исследования

В качестве материалов исследования использовались данные Росстата и Калугастата, ведомственной статистики, законодательные, нормативные правовые акты Калужской области, а также труды отечественных авторов по проблемам рынка труда, аграрной экономики и регионального развития. Для достижения поставленной цели и решения задач в исследовании применялся комплекс общенаучных и специальных методов, основанных на системном подходе. В качестве основного инструментария были использованы методы статистического, сравнительного, структурного, нормативно-правового анализа и метода группировок. Статистический анализ применялся для выявления динамики и структуры ключевых показателей рынка труда (уровень занятости и безработицы, численность занятых в АПК, уровень заработной платы, демографические тенденции, показатели производственного травматизма). На его основе были рассчитаны относительные и средние величины. Сравнительный анализ использовался для сопоставления показателей Калужской

области со среднероссийскими значениями и данными по Центральному федеральному округу, а также для выявления различий между городской и сельской местностью. Структурный анализ позволил оценить качество кадрового потенциала аграрного сектора (возрастная и образовательная структура работников, обеспеченность кадрами по категориям). Метод группировок был применен для классификации данных по таким признакам, как возраст работников, уровень образования, профессия (например, группировка механизаторов по возрастным категориям), что позволило выявить структурные диспропорции. Нормативно-правовой анализ использовался для оценки существующей системы государственного регулирования рынка труда в аграрной сфере региона и выработки рекомендаций по ее совершенствованию. Комплексное применение указанных методов обеспечило достоверность полученных результатов, обоснованность выводов и практических рекомендаций.

4. Полученные результаты

Согласно данным Росстата, в 2023 году уровень безработицы в Калужской области составил 2,4%, что ниже среднероссийского показателя (3,2%) и среднего по Центральному федеральному округу (2,5%). Положительная динамика является результатом целенаправленной политики органов региональной власти, направленной на повышение уровня и качества жизни населения [6]. За период с 2017 по 2023 год общая численность безработных в регионе сократилась более чем в 1,6 раза – с 22,3 тыс. до 13,6 тыс. человек.

Одним из ключевых показателей, характеризующих рынок труда, является занятость [7]. В сельском хозяйстве региона наблюдается устойчивый рост занятости. В 2023 году в аграрном секторе было занято 26 791 человек, что составляет 5,0% от общей численности занятых в экономике области. За период с 2021 по 2023 год доля занятых в сельском хозяйстве увеличилась с 4,8% до 5,0%. Следует отметить сокращение разрыва между уровнем занятости в городской и сельской местности. Если в 2019-2022 годах он составлял в среднем 5,5%, то в 2024 году снизился до 2,7%, что свидетельствует о положительной динамике в создании новых рабочих мест и улучшении условий жизни на селе.

Несмотря на позитивную макростатистику, рынок труда в аграрном секторе региона сталкивается с рядом системных проблем. К ним можно отнести: дефицит квалифицированных кадров; старение кадрового состава; демографический спад; неблагоприятные условия труда; производственный травматизм; относительно низкий

уровень оплаты труда.

Как показывают исследования [8], обеспеченность организаций АПК руководителями и специалистами в 2020 году составляла 91,6%, рабочими - 87,8%. Дефицит кадров по категориям, работающих составляет 281 и 1317 человек соответственно. Особую остроту приобретает проблема сезонной нехватки механизаторов. На период весенне-полевых и уборочных работ 2020 года недостаток в механизаторах составлял 137 и 178 человек или 11,2% и 23,67% от их потребности. Данные ведомственного статистического наблюдения свидетельствуют, что из 3054 человек, замещающих в 2020 году должности руководителей и специалистов, лишь 1849 человек (60,5%) имеют высшее образование и 1010 человек (33,1%) - среднее образование. Из числа руководителей сельскохозяйственных организаций более четверти не имеют профильного аграрного образования. Анализ возрастной структуры механизаторов показывает тенденцию увеличения их среднего возраста. Если в 2016 году удельный вес трактористов-машинистов в возрасте свыше 60 лет составлял 6,7% от их общей численности, то в 2020 году уже 11,5%. Удельный вес молодёжи в возрасте до 30 лет среди механизаторов не превышает 12%. Указанные проблемы сохраняют свою актуальность.

Исследования показали, что численность сельского населения Калужской области за период с 2018 по 2024 год увеличилась на 13159 человек. Однако, естественная убыль сельского населения наблюдалась на всем протяжении анализируемого периода и в 2023 году составила 1532 человек. Коэффициенты рождаемости в сельской местности ниже, а смертности выше, чем в городской.

Сельское хозяйство характеризуется значительным удельным весом рабочих мест с вредными и опасными условиями труда. В 2023 году 27,5 % работников аграрного сектора были заняты на работах с вредными и (или) опасными условиями труда. Наиболее распространенными производственными факторами являются тяжесть труда и напряженность трудового процесса. В 2023 году в сельском хозяйстве региона пострадало на производстве 24 человека. Уровень производственного травматизма составил 2,3 случая на 1000 работающих при среднеобластном показателе по всем отраслям экономики 0,8 случая.

Среднемесячная заработная плата работников, занятых в сельском хозяйстве области (растениеводство и животноводство, охота и предоставление соответствующих услуг в этих областях) в 2024 году составила 69528,6 рублей, что ниже среднего уровня по региону (74196,7 рублей). При этом, покупательная способность средней заработной платы в Калужской области на протяжении многих лет остается ниже среднероссийского уровня [9].

В Калужской области разработана и реализуется комплексная система государственного регулирования рынка труда [10]. В аграрной сфере реализуется система непрерывного образования «агротехнокласс – колледж/вуз – предприятие АПК». На базе 29 школ региона создано 64 агротехнологических класса, где более 600 подростков углубленно изучают биологию, химию, физику и проходят практику на предприятиях-партнерах. Подготовка кадров с высшим образованием для села осуществляется, прежде всего, Калужским филиалом РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Ежегодный выпуск филиала составляет около 200 человек.

На системной основе реализуется поддержка молодых специалистов. Законом Калужской области «О дополнительных мерах поддержки молодых специалистов сельскохозяйственного производства» установлены дополнительные меры социальной поддержки: ежеквартальные денежные выплаты; ежегодное денежное пособие по истечении первого, второго и третьего года работы; социальная поддержка по оплате жилых помещений и коммунальных услуг [11]. За последние пять лет молодым специалистам ежегодно выплачиваются единовременные пособия и ежеквартальные денежные выплаты на сумму более 23 млн. рублей.

В рамках государственной программы «Комплексное развитие сельских территорий в Калужской области» [12] на период с 2024 по 2030 год планируется направить 1400522,072 тыс. рублей бюджетных средств и 397965,627 тыс. рублей из иных источников. С 2020 года на реализацию региональных мероприятий было выделено в общей сложности 2,7 млрд рублей. Построено около 10 тыс. квадратных метров жилья, объекты инфраструктуры, благоустроено более 260 общественных территорий, отремонтировано 26 км дорог. В 2025 году на развитие сельских территорий планируется освоить более 1,5 млрд рублей. Средства будут направлены на реализацию проектов в пяти опорных населенных пунктах, включая строительство и реконструкцию объектов социальной и инженерной инфраструктуры, а также жилищное строительство [13]. В частности, в Медынском районе ведется строительство жилого квартала для аграриев. Жильё предоставляется специалистам агропромышленного комплекса на льготных условиях при обязательстве работать на сельхозпредприятиях региона не менее 10 лет.

На основе проведенного исследования предлагается реализация комплекса мер по следующим направлениям: совершенствование системы кадрового обеспечения (развитие образовательно-производственных кластеров, внедрение системы персонального

распределения выпускников, формирование областного целевого заказа); повышение привлекательности аграрных профессий (гарантированный уровень заработной платы, развитие социальных гарантий, улучшение условий и охраны труда); стимулирование закрепления молодежи на селе (реализация жилищных программ, развитие инфраструктуры, формирование позитивного имиджа сельского образа жизни); развитие межрегионального сотрудничества (привлечение квалифицированных кадров, координация с ведущими аграрными вузами, обмен лучшими практиками). Предложенные меры могут быть использованы органами государственной власти при разработке программ развития аграрного сектора.

5. Выводы

Проведенное исследование показало, что рынок труда в сельском хозяйстве Калужской области характеризуется противоречивыми тенденциями. С одной стороны, отмечается рост занятости, снижение уровня безработицы и инвестиционная активность в аграрном секторе. С другой стороны, сохраняются структурные проблемы: дефицит квалифицированных кадров, старение кадров, низкая привлекательность аграрных профессий для молодежи и дисбаланс между спросом и предложением на рынке труда.

Реализуемые в регионе меры государственной поддержки оказывают положительное влияние на ситуацию в аграрном секторе. Однако для достижения качественно нового уровня кадрового обеспечения необходима комплексная модернизация системы подготовки и закрепления кадров в сельском хозяйстве.

Список литературы

1. Чаусов, Н. Ю. Социально-экономическое развитие региона и его оценка / Н.Ю. Чаусов // Российский экономический интернет-журнал. – 2022. – № 4.
2. Шаурина, О.С. Продовольственная безопасность России: состояние и новые реалии / О.С. Шаурина, А.А. Мигел, И. Г. Еребакан, К. Мамметназарова // Естественно-гуманитарные исследования. – 2025. – № 3(59). – С. 574-576.
3. Чаусов, Н. Ю. Проблемы формирования рабочих кадров в сельском хозяйстве // Научные труды Калужского государственного университета имени К.Э. Циолковского: материалы докладов, Калуга, 12-13 апреля 2023 года. – Калуга: ФГБОУ ВО Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, 2023. – С. 165-171.

4. Кадровое обеспечение в сельском хозяйстве / Е. М. Кот, И. Ф. Пильникова, С. В. Петрякова [и др.] // Российский научный вестник. – 2024. – № 11. – С. 55-58.
5. Субботина, Т. Н. Дефицит кадров в российской экономике: состояние, проблемы, пути решения // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2024. – № 6-2(112). – С. 115-119.
6. Чаусов, Н.Ю. Повышение уровня и качества жизни населения как приоритетная задача государственного управления в регионе // Russian Economic Bulletin. – 2021. – Т. 4, № 5. – С. 253-259.
7. Жукевич, Г. В. Республика Карелия: проблемы занятости и безработицы. – Петрозаводск: Кар. фил. Сев.-Зап. акад. гос. службы, 2001. – 219 с.
8. Chausova, L. Peopleware of the Region's AIC Industry // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems, Volume 1, Volozhenin. Vol. 353. – Ussuriysk: Springer, 2022. – P. 264-274.
9. Чаусов, Н. Н. Экономико-статистическая оценка занятости и качества трудовой сферы как критерия качества жизни в регионе // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 2, № 8(161). – С. 182-190.
10. Чаусова, Л. А. Государственное регулирование рынка труда в регионе и его эффективность // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2023. – Т. 6, № 10(139). – С. 62-71.
11. Закон Калужской области «О дополнительных мерах поддержки молодых специалистов сельскохозяйственного производства» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/450365739 (дата обращения 10.10.2025).
12. Государственная программа «Комплексное развитие сельских территорий в Калужской области» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/407062699 (дата обращения 10.10.2025).
13. На комплексное развитие сельских территорий Калужской области в 2025 году выделено рекордное финансирование – свыше полутора миллиардов рублей // Портал органов власти Калужской области. – URL: https://admoblkaluga.ru/news/item-26379/ (дата обращения 10.10.2025).

УДК 691-419
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.1007

EDN UIDZTU

Исследование пожарно-технических характеристик наполнителя для сэндвич-панелей

И.А. Чешкин*

ФБГОУ Забайкальский государственный университет, ул. Александро-Заводская, 34, Чита, 672000, Россия

*E-mail: ivan.cheshkin.95@mail.ru

Аннотация. В статье представлен обзор теплоизоляционных материалов с акцентом на их пожарно-технические характеристики, обозначены основные сферы применения теплоизоляции в строительстве и промышленности; рассмотрены ключевые показатели пожарной безопасности (горючесть, воспламеняемость, дымообразование, токсичность, распространение пламени, огнестойкость). Были проведены лабораторные испытания пожарно-технических характеристик (параметров горючести) образцов наполнителя для сэндвич-панелей. Результаты исследований показали, что исследуемые характеристики соответствуют заявленным в документах производителя, и соответствует классу пожарной опасности для данного теплоизолирующего материала.

Ключевые слова: теплоизоляционные материалы, пожарно-технические свойства, горючесть, огнестойкость, воспламеняемость.

Study of fire-technical characteristics of filler for sandwich panels

I.A. Cheshkin*

Transbaikal State University, 34 Aleksandro-Zavodskaya Street, Chita, 672000, Russia

*E-mail: ivan.cheshkin.95@mail.ru

Abstract. The article provides an overview of thermal insulation materials with a focus on their fire safety characteristics. It outlines the main areas of application for thermal insulation in construction and industry, and examines key fire safety indi cators (flammability, ignitability, smoke generation, toxicity, flame spread, and fire resistance). Laboratory tests of fire safety characteristics (flammability parameters) were conducted on samples of filler material for sandwich panels. The research resu lts demonstrated that the studied characteristics comply with the values declared in the manufacturer's documentation and meet the fire hazard class specified for this thermal insulation material.

Keywords: thermal insulation materials, fire-technical properties, combustibility, fire resistance, flammability.

1. Введение

Теплоизоляционные материалы являются неотъемлемой частью процесса строительства в XXI веке. Для уменьшения теплопотерь используются пенополистиролы, минеральную вату, пенополиуретан, стекловату, перлит, керамзит и т.д. Однако при их выборе критически важно учитывать пожарно-технические характеристики, от которых зависят безопасность зданий и людей. Поэтому исследование пожарно-технических свойств теплоизоляционных материалов является **актуальной задачей**.

2. Цель исследования

Целью работы является исследование пожарно-технических характеристик наполнителя для сэндвич-панелей.

3. Полученные результаты исследования

Теплоизоляционные материалы используются в таких сферах строительства как: жилое строительство, промышленное строительство, защита инженерных систем разнообразной направленности, транспорт, энергетика. Основные документы, регулирующие пожарно-технические требования к теплоизоляции: ФЗ № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1]; ГОСТ Р 57270 - 2016 «Материалы строительные. Методы испытания на горючесть [2].

При использовании данных материалов учитываются следующие пожарно-технические свойства: горючесть; воспламеняемость; способность к дымообразованию; токсичность продуктов горения; распространение пламени по поверхности [10]. Горючесть является важнейшим свойством в строительстве.

Использование теплоизоляционных материалов без учета пожарно-технических свойств приводит к серьезным последствиям. На рисунке 1 представлены общие статистические данные о пожарах за 2020-2024 год на территории Российской Федерации [3].

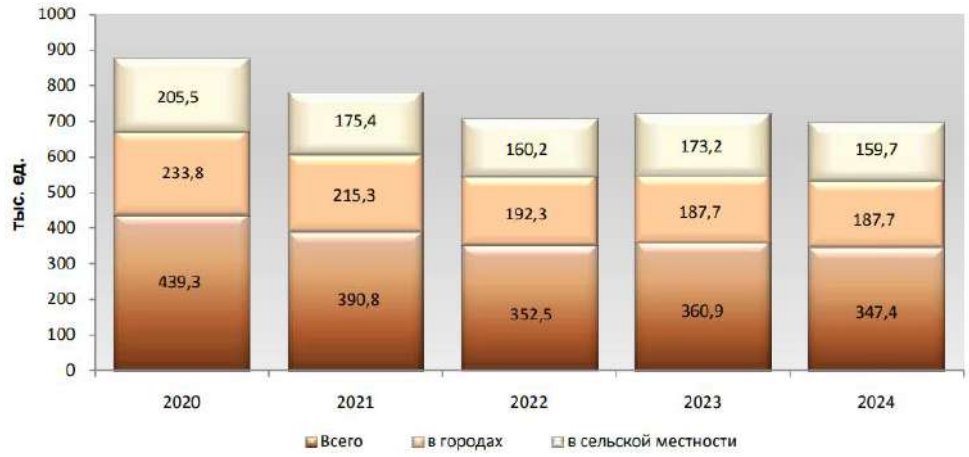


Рисунок 1. Динамика пожаров в РФ, 2020-2024 гг [3].

За 5 лет (рисунок 1) наблюдается постепенное снижение количества пожаров как городах, так и сельской местности. Однако преобладающим показателем средних величин индивидуального риска в структуре чрезвычайных ситуаций РФ является средняя величина ИР гибели людей при пожарах, также как в Забайкальском крае [4], где она превышает в несколько раз допустимый риск ($2{,}320 \cdot 10^{-5}$ по ГОСТ Р 22.10.02). По-прежнему наблюдается большое количество пожаров, возникших по причине нерегламентированного использования теплоизоляционных материалов. Так, в марте 2021 года в г. Самара произошел пожар в торговом центре «Скала» (рисунок 2) [5].

Рисунок 2. Пожар на фасаде ТЦ «Скала» [5].

Возгорание началось в нижней части, которая под штукатуркой была утеплена пенопластом. Внутри по нему огонь перекинулся на следующий этаж и поднялся дальше на навесной фасад, выполненный из композитных панелей и утеплённый каменной ватой. Фотографии с места события наглядно показывают главное «слабое» место, в том числе приведшее к распространению пожара. В результате пенопласт выгорел полностью, так как нечем было локализовать огонь и снизить температуру горения.

На рисунке 3 представлены последствия пожаров в Москве и Владивостоке [6].

Рисунок 3. Горение утепленных навесных фасадов в Москве (слева) и Владивостоке (справа).

Нарушение требований пожарной безопасности к использованию теплоизоляции при утеплении фасада здания привело к тому, что возгорание в квартире на 17-м этаже 31-этажного высотного здания на ул. Бабушкина в Москве привело к мгновенному распространению огня по всему фасаду до кровли здания. Фасад был утеплен пенопластом [6].

Способность к дымообразованию – свойство теплоизоляционных материалов, пренебрегать которым категорически нельзя. Это связано с тем, что в процессе горения возникают токсичные продукты, которые зачастую приводят к летальным случаям. Согласно статистике, основной причиной смерти во время пожаров является отравление угарным газом.

В рамках исследования составлена сравнительная таблица, демонстрирующая различия пожарно-технических свойств различных теплоизоляционных материалов. Обобщение данных (таблица 1) позволит определить наиболее приемлемую область применения для каждого материала [7].

Таблица 1. Пожарно-технические свойства различных теплоизоляционных материалов.

Характеристики	Щебень из пеностекла	Пенополиуретан (жёсткий)	Экструдированный пенополистирол	Минеральная вата	Керамзит
Плотность насыпная, кг/м3	100-105	40-80	25-38	100-200	250-600
Теплопроводность в сухом состоянии, Вт/(м-К)	0,064	0,029-0,041	0,027-0,035	0,038-0,058	0,099-0,14
Теплопроводность в условиях эксплуатации «А»/»Б», Вт/(м-К)	0,065 / 0,067	0,04-0,05	0,032-0,036	0,041-0,085	0,11-0,19
Паропроницаемость, мг/(м*ч*Па)	0,2	0,05	0,02-0,06	0,3-0,6	0,23-0,26
Температурный интервал эксплуатации/°С	от -200 до +550	от -130 до +130	от -70 до +75	от -180 до +700	от -150 до +900
Уровень горючести, группа	НГ	Г3-Г4	Г3-Г4	НГ	НГ
Уровень воспламеняемости группа	—	В3	В2-В3	—	—
Уровень дымообразование, группа	—	Д3	Д3	—	—

Согласно данным таблицы 1 минеральные теплоизоляционные материалы относятся к классу пожарной опасности НГ (негорючие). Наименьший коэффициент теплопроводности у пенополиуретана и пенополистерола. Минимальный диапазон рабочих температур у пенополистерола, максимальный у минеральной ваты и керамзита. При анализе пожарно-технических свойств полимерных теплоизоляционных материалов выявлено, что все представленные пенополистиролы относятся к классу пожарной опасности Г3-Г4, все пенополиуретаны к категории Г3-Г4 [11].

В июле 2025 года в ФБГУ «Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» по Забайкальскому краю» были проведены лабораторные испытания пожарно-технических характеристик (параметров горючести) образцов наполнителя для сэндвич-панелей [8-11].

Целью испытания было определение параметров горючести по ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть». Метод I «Метод испытания на горючесть для отнесения строительных материалов к негорючим или к горючим».

Рисунок 4. Фрагмент панели.

В данном случае испытания проводились для внутреннего слоя изделия (полимерный утеплитель). Размеры фрагмента 20Х0,5Х0,5 см (рисунок 4).

Для испытаний было подготовлено 5 цилиндрических образцов из исследуемого материала с размерами диаметр – 45 мм, высота 50 мм (рисунок 5).

Рисунок 5. Образцы для исследования параметров горючести.

Перед испытаниями образцы кондиционировали в сушильном шкафу при температуре $(60\pm5)^0$С в течение 20 часов; после чего охлаждали. Затем определяли массу каждого образца с точностью 0,1 г.

Рисунок 6. Измерение массы материалы до испытаний.

В ходе испытания проводили регистрацию показаний термопар (в печи, в центре и на поверхности образца), определяли наличие и продолжительность устойчивого пламенного

горения образца. Результаты испытаний образцов исследуемого материала представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты исследования показателей горючести

№ образца для испытания	Температура в печи, ^{0}C			Прирост температуры в печи, Тп.п. = Тп.м. - Тп.к., ^{0}C	Температура на поверхности образца, ^{0}C		Прирост температуры на поверхности образца, Тп.о. = Тп.о.м. - Тп.о.к., ^{0}C	Температура в центре образца, ^{0}C		Прирост температуры в центре образца, Тц.о. = Тц.м. - Тц.к., ^{0}C	Продолжительность устойчивого пламенного горения образца, начальная, Тп.н.	Масса образца, г		Потеря массы образца, %
	начальная, Тп.н.	максимальная, Тп.м.	конечная, Тп.к.		максимальная, Тп.о.м.	конечная, Тп.о.к.		максимальная, Тц.м.	конечная, Тц.к.			до испытания	после испытания	
1	748	806	755	51	814	757	57	817	754	63	16	1,109	0	100
2	749	803	759	44	808	762	46	816	756	60	15	1,148	0	100
3	750	804	757	47	810	753	57	815	753	62	16	1,096	0	100
4	752	807	755	52	808	754	54	809	750	59	14	1,135	0	100
5	755	805	761	44	804	760	44	810	757	53	15	1,149	0	100
Среднее значение по результатам 5 испытаний				47,6			51,6			59,4	15,2			100

По результатам 5 испытаний все пять образцов потеряли 100% массы. Данное испытание подтвердило высокий уровень горючести материала, а так же ограничения по его использованию.

В таблице 3 представлены результаты следующего исследования, которое заключалось в определении времени, в течение которого продолжается горение пенополистирольных плит PIR после удаления источника огня.

Рисунок 7. Проведение испытаний образцов на время самостоятельного горения.

Таблица 3. Результат испытаний.

№ п/п	№ образца	Время горения образца (сек.)
1	Образец №1	0
2	Образец №2	0
3	Образец №3	0
4	Образец №4	1,5
5	Образец №5	0
6	Образец №6	2,1

Среднее значение результатов испытаний образцов согласно ГОСТ Р 50588-2012 составили 0,6 с. Полученное время соответствует показателям, заявленным в документах производителя, и соответствует классу пожарной опасности для данного теплоизолирующего материала.

4. Выводы

Таким образом, результаты исследований показали, что исследуемые характеристики соответствуют заявленным в документах производителя, и классу пожарной опасности для данного теплоизолирующего материала.

Грамотный подбор теплоизоляционных материалов с учётом его горючести, дымообразования и токсичности позволит обеспечить не только энергоэффективность, но и безопасность сооружений на долгие годы.

Список литературы

1. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федеральный закон № 123-ФЗ. - [Принят Государственной Думой 4 июля 2008 года. Одобрен Советом Федерации 11 июля 2008 года]. // Собрание законодательства РФ. – 22.07.2008.
2. ГОСТ Р 57270-2016. Национальный стандарт Российской Федерации. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть. [утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 18.11.2016 N 1713-ст].
3. Информационно-аналитический сборник. Статистика пожаров и их последствий. – URL: https://propb.ru/upload/medialibrary/9df/qf3bzlz9zyqkol6x8szgjxalm0rgw8le/2025_sbornik_pozhary_i_pozh._bezop._v_2024_g._11.06.25_.pdf (дата обращения: 01.10.2025).

4. Звягинцев, В.В. Чрезвычайные ситуации Забайкальского края 2016-2021 годы / В.В. Звягинцев, О.Ю. Звягинцева // Безопасность-2022: Материалы Всероссийской научно-практической конференции / Отв. редактор В.В. Звягинцев. – Чита, 2022. – С. 126-130.
5. Пожары на фасадах. – URL: https://ancb.ru/publication/read/11263 (дата обращения: 23.08.2025).
6. Пожары на фасадах. Кто виноват? – URL: https://ancb.ru/publication/read/11263 (дата обращения: 21.10.2025).
7. Сравнение теплоизоляции из пеностекольного щебня с традиционными теплоизоляционными материалами. – URL: https://www.propenosteklo.ru/sravneniya/ (дата обращения: 21.10.2025)
8. Протокол № 250 испытаний на пожарную опасность ФПС «Испытательной пожарной лаборатории по Забайкальскому краю».
9. Протокол № 45 ФПС «Испытательной пожарной лаборатории по Забайкальскому краю» от 05.09.2025 г.
10. Противопожарные требования при применении в строительстве систем фасадных теплоизоляционных композиционных с наружными защитно-декоративными штукатурными слоями. (Рекомендации). – Москва.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2014. – 55 с.
11. Толстов А.В. Теплопроводность утеплителей. – URL: https://nav.tn.ru/knowledge-base/materialy/teploizolyatsiya/mineralnayavata/teploprovodnost-utepliteley-sravnenie-i-tablitsa-koeffitsientov/ (дата обращения: 21.10.2025).

УДК 346.9

EDN QJJVEJ

Правовой анализ развития медиации в России

О.Л. Коноваленко*

Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема, ул. Широкая, 70А, Биробиджан, 679000, Россия

*E-mail: konovalenko_ol@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются особенности развития и нормативно-правового закрепления института медиации в Российской Федерации. Отмечается актуальность медиации как альтернативного способа разрешения споров в условиях возрастания нагрузки на судебные системы и глобализации правовых процессов. Автор анализирует теоретико-правовые основы медиации, раскрывая ее понятие, принципы (добровольность, конфиденциальность, нейтральность и др.) и место среди других способов разрешения споров. Прослеживается эволюция медиации в России – от появления первых пилотных проектов и принятия Федерального закона 2010 года до последних изменений законодательства.

Ключевые слова: медиация, альтернативное урегулирование споров, эффективность медиации, Федеральный закон о медиации.

Legal analysis of the development of mediation in Russia

O.L. Konovalenko*

Sholom-Aleichem Priamursky State University, st. Shirokae, 70A, Birobidzhan, 679000, Russia

*E-mail: konovalenko_ol@mail.ru

Annotation. This article examines the development and legal framework for mediation in the Russian Federation. It highlights the relevance of mediation as an alternative dispute resolution method in the context of increasing burdens on judicial systems and the globalization of legal processes. The author analyzes the theoretical and legal foundations of mediation, exploring its concept, principles (voluntariness, confidentiality, neutrality, etc.), and its place among other dispute resolution methods. The author traces the evolution of mediation in Russia, from the emergence of the first pilot projects and the adoption of the 2010 Federal Law to the latest legislative changes.

Keywords: mediation, alternative dispute resolution, mediation effectiveness, Federal Law on Mediation.

1. Введение

Актуальность темы исследования обусловлена мировыми тенденциями увеличения популярности медиации как альтернативного способа разрешения споров. Медиация позволяет разгрузить судебную систему, сократить время и расходы на рассмотрение конфликтов, а также сохранить или восстановить партнерские отношения между сторонами спора. Во многих странах мира институт медиации получил законодательное закрепление и поддержку на государственном уровне, что свидетельствует о признании его эффективности.

Для Российской Федерации развитие медиации также является актуальной задачей: несмотря на принятие специального закона в 2010 году, процедура медиации все еще применяется редко по сравнению с традиционным судебным разбирательством.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Целью настоящей работы является анализ развития и правового регулирования института медиации в России. Для достижения указанной цели поставлены следующие задачи: это исследовать теоретико-правовые основы института медиации, раскрыть понятие и принципы медиации, ее место в системе способов разрешения споров и проследить эволюцию законодательства о медиации в России, охарактеризовать современное состояние нормативного регулирования и практики применения медиативных процедур.

3. Методы и материалы исследования

В работе используются общенаучные методы анализа и синтеза, формально-юридический метод при изучении нормативных актов.

4. Полученные результаты

Рассмотрим теоретико-правовые основы института медиации. Медиация (от лат. *mediare* – посредничать) представляет собой особую форму переговоров, при которой нейтральный независимый посредник (медиатор) содействует сторонам конфликта в выработке взаимоприемлемого решения.

В российском законодательстве данное понятие закреплено в ст. 2 Федерального закона от 27.07.2010 г. № 193-ФЗ «Об альтернативной процедуре урегулирования споров с участием посредника (процедуре медиации)» (далее – Закон о медиации): процедура медиации определяется как способ урегулирования споров при содействии медиатора на основе

добровольного согласия сторон, направленный на достижение ими взаимоприемлемого решения [1].

Ключевыми принципами медиации являются добровольность участия сторон, конфиденциальность процесса, равноправие сторон, беспристрастность и независимость медиатора, а также ориентация на сотрудничество и поиски компромисса. Эти принципы в целом разделяются всеми правовыми системами, использующими медиацию, что подтверждает универсальность данного института. Наиболее сложным, как видится, практикующими медиаторами, особенно на начальном этапе профессиональной деятельности в качестве медиатора является соблюдение принципа нейтральности (включающий беспристрастность и независимость медиатора).

Как форма альтернативного разрешения споров медиация занимает особое место наряду с переговорным процессом, судебным примирением и третейским разбирательством (арбитражем). В отличие от арбитража, решения в медиации не имеют обязательной силы, однако при этом достигнутое между сторонами медиативное соглашение при соблюдении определенных условий может получать юридическую силу обычной гражданско-правовой сделки либо утверждаться судом или нотариусом для придания ему исполнимости, что в последствие увеличило количество заключаемых медиативных соглашений [2-3].

В медиации медиатор не наделен властными полномочиями и не выносит решения по существу спора, ведь его задача – выявить общие для сторон интересы, организовать конструктивный диалог, помочь сторонам прийти к взаимопониманию. Данный подход основан на идее консенсуального, а не состязательного разрешения конфликт. Благодаря этому медиация часто позволяет сохранить деловые, семейные или иные отношения между сторонами, что затруднительно при чисто судебном решении, где есть выигрывающая и проигрывающая сторона и решения принятые по убеждению суда.

Теоретической основой института медиации служат концепции переговоров и мирного урегулирования споров, которые взяли начало в работах по конфликтологии, психологии и юриспруденции. Медиация вобрала в себя черты как правового процесса (четкая регламентация процедуры, то есть соблюдение правил поведения, определенных медиатором на первой сессии, юридические последствия соглашений), так и неформального общения. В правовой науке медиация все чаще рассматривается как самостоятельный институт, но при этом и одновременно, как часть широкой системы примирительных процедур (переговоры, ведение претензионной работы, примирение в судах и др.) [5].

Развитие института медиации в Российской Федерации началось, как видится под влиянием как внутренних потребностей судебной системы, так и международных тенденций. Первые инициативы по внедрению примирительных процедур в России относятся еще к началу 2000-х годов, когда в отдельных регионах и судах предпринимались эксперименты по применению медиации и иных способов урегулирования споров. Однако долгое время медиация не имела специальной правовой базы, что делало ее невозможным для применения на законных основаниях. Однако, необходимо при этом отметить, что практикующие юристы часто основывают свою деятельность на принципах, позднее нашедших отражение в Федеральном законе.

Событием стало принятие Федерального закона от 27 июля 2010 г. № 193-ФЗ «Об альтернативной процедуре урегулирования споров с участием посредника (процедуре медиации)», вступившего в силу с 1 января 2011 года [1]. Данный Закон о медиации впервые в российском праве ввел легальное определение медиации, закрепил принципы процедуры, требования к медиаторам, порядок заключения соглашений о медиации и медиативных соглашений, а также основные правила проведения процедуры. Принятие этого закона было во многом стимулировано международным опытом.

Закон о медиации 2010 года ограничил сферу применения процедуры спорами, возникающими из гражданских, трудовых и семейных правоотношений, а также из предпринимательской деятельности. Он не распространяется на коллективные трудовые споры и случаи, когда конфликт затрагивает права третьих лиц или публичные интересы [1].

Медиация по закону возможна как во внесудебном порядке (до обращения в суд), так и параллельно с судебным процессом (по соглашению сторон, если суд приостанавливает разбирательство). Важной особенностью российского подхода стало то, что медиация носит исключительно добровольный характер: стороны вправе свободно решать, прибегать ли к процедуре, а принудительное направление спора на медиацию законом не предусмотрено. Это отражает общую концепцию медиации как добровольного процесса, однако ставит успех ее применения в зависимость от доброй воли и информированности участников спора.

Закон 2010 года установил также требования к медиаторам. Согласно ст. 15, медиатором на профессиональной основе может быть лицо не моложе 25 лет, имеющее высшее образование и прошедшее специальную подготовку по медиации [1].

В то же время закон допускает проведение медиации и непрофессиональными медиаторами - в этом случае медиатором может выступать любое дееспособное лицо старше

18 лет, избранное сторонами, при условии отсутствия у него заинтересованности в исходе спора. Вводится понятие саморегулируемых организаций медиаторов – некоммерческих объединений, призванных вырабатывать стандарты и программы обучения, однако вступление медиаторов в такие организации носит добровольный характер (ст. 16-18 закона). Однако в настоящее время, все чаще появляются инициативы, об обязательности вступления медиаторов в саморегулируемые организации.

Тезисное осмысление юридической природы внесудебной (невысокий уровень формализации процедуры), досудебной (стороны обращаются к медиатору по договоренности) и медиации в процессе судебного разбирательства привела к выводу о том, что, хотя фундаментом использования медиации является социальная система общества, она требует более четкой юридической регламентации [4].

Таким образом, в российском законодательстве была заложена модель сочетания государственного регулирования ключевых параметров процедуры с элементами саморегуляции профессионального сообщества медиаторов.

За время, прошедшее с момента вступления в силу закона, в него были внесены некоторые изменения, отражающие эволюцию подходов государства к медиации. Одно из важных дополнений было сделано Федеральным законом № 197-ФЗ от 26.07.2019, которым расширена сфера применения медиации на споры, вытекающие из публичных правоотношений, рассматриваемые в порядке административного судопроизводства [1].

Ранее медиация официально не охватывала споры с участием государственных органов, теперь же стало возможным применять ее, например, в некоторых административных спорах (при соблюдении условий добровольности и непритязания на публичный интерес). Также законодательно были уточнены процедуры взаимодействия медиации с судопроизводством: в процессуальные кодексы введены нормы, позволяющие судье отсрочить судебное разбирательство для проведения медиации по ходатайству сторон. Но стоит отметить, что судей до сих пор «пугает» отсутствие взаимосвязанного документооборота с медиаторами, поэтому видится необходимым внести изменения в Федеральный закон, которые бы упорядочивали это взаимодействие.

Ещё одно существенное новшество – введение механизма удостоверения медиативного соглашения у нотариуса. С 2019 года медиативное соглашение, заключенное по результатам процедуры медиации, может быть нотариально удостоверено, в результате чего оно приобретает силу исполнительного документа [6]. Это нововведение направлено на

повышение исполнимости соглашений, достигнутых на медиации, и преодоление недоверия сторон к «юридической силе» результатов медиации. Фактически, нотариальное удостоверение ставит медиативное соглашение в один ряд с мировым соглашением, утвержденным судом, облегчая его принудительное исполнение при необходимости. Ведь, в случае неисполнения достигнутых договоренностей, вторая сторона имеет право обратиться в Федеральную службу судебных приставов для возбуждения исполнительного производства, минуя обращение в суд.

Несмотря на создание нормативной базы, практика применения медиации в России развивается медленно. По данным исследований и статистики судебной системы, количество дел, урегулированных посредством медиации, крайне невелико. Так на прошедшем в сентябре 2025 года на Дальнем Востоке России Форуме по медиации «Медиация 3.0 «Запад-Восток» были озвучены данные, показывающие, что даже в крупных городах Дальнего востока в последний год заключено от 0 до 20 медиативных соглашений, что может говорить о слабой осведомленности граждан и представителей бизнеса о процедуре медиации, недоверие к ней со стороны юристов и судей, отсутствие желания заключать медиативные соглашения нотариусами.

Тем не менее, можно отметить, что есть и положительные моменты, например, растет количество центров медиации, обученных профессиональных медиаторов, курсы по медиации включаются в программы подготовки юристов, открываются магистерские программы подготовки медиаторов.

5. Выводы

Таким образом, российский опыт развития медиации пока можно охарактеризовать как начальный этап формирования института – от заимствования правовых основ и первых пилотных проектов к постепенному наращиванию практики, которое, впрочем, сталкивается с существенными барьерами различного характера.

Список литературы

1. Об альтернативной процедуре урегулирования споров с участием посредника (процедуре медиации): Федеральный закон № 193 от 27.07.2010 г.
2. Комиссия ООН по праву международной торговли (UNCITRAL). Типовой закон о международной коммерческой медиации и международных мировых соглашениях,

достигнутых в результате медиации (2018) // UNCITRAL Model Law on International Commercial Mediation and International Settlement Agreements Resulting from Mediation, 2018.

3. Конвенция ООН о международных мировых соглашениях, заключенных с помощью медиации (Нью-Йорк, 2018) // Режим доступа: UNCITRAL, Texts and Statutes, Mediation (Singapore Convention on Mediation).
4. Борисевич М.М, Пятневич И.Н.// Юридический журнал, 2023, № 3. С 88-92.
5. Вершинина Е. В., Коновалов Д. В., Новиков В. С., Хохлачева С. В. Понятие и виды медиации в законодательстве и правовой доктрине России, Франции, Испании и США // Вестник гражданского процесса. 2020. Т. 10, № 6. С. 137–176.
6. Королькова В. В., Лепнина А. А. Сравнительный анализ медиации в Российской Федерации и зарубежных законодательствах // Грядущим поколениям завещаем: творить добро в защиту права. Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Ногинск, 2021. С. 37–41.

УДК 632.4:633.1

EDN RXIBNW

Основные заболевания зерновых культур в условиях республики Ингушетия и методы борьбы с ними

А.А. Дзауров[1*], С.М. Гойгова[2]

[1]Ассистент кафедры «Агрономия и МСХ» ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет»
[2]Студентка 3 курса Агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет»

[*]E-mail: dzaurovamiran@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по выявлению распространенных заболеваний зерновых культур в агроклиматических условиях Республики Ингушетия. Установлен видовой состав патогенов, поражающих озимую пшеницу, ячмень и овес. Дана характеристика наиболее вредоносных болезней: мучнистой росы, бурой ржавчины, септориоза, корневых гнилей. Проанализированы их фенология, условия развития и вредоносность. Предложены комплексные меры защиты, включающие агротехнические, селекционные и химические методы. Особое внимание уделено адаптации систем защиты к местным почвенно-климатическим условиям и экономическим аспектам применения фунгицидов.

Ключевые слова: зерновые культуры, заболевания, мучнистая роса, ржавчина, септориоз, корневые гнили, защита растений, Республика Ингушетия.

The main diseases of grain crops in the conditions of the republic of Ingushetia and methods of their control

A. A. Dzaurov[1*], S.M. Goygova[2]

[1]Assistant Professor, Department of Agronomy and Ministry of Agriculture, Ingush State University
[2]Third-Year Student, Faculty of Agricultural Engineering, Ingush State University

*E-mail: dzaurovamiran@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of studies to identify common diseases of grain crops in the agroclimatic conditions of the Republic of Ingushetia. The species composition of pathogens affecting winter wheat, barley and oats has been established. Characteristics of the most harmful diseases are given: powdery mildew, brown rust, septoria, root rot. Their phenology, development conditions and harmfulness are analyzed. Comprehensive protection measures are proposed, including agrotechnical, selection and chemical methods. Special attention is paid to the adaptation of protection systems to local soil and climatic conditions and economic aspects of fungicide application.

Keywords: grain crops, diseases, phytopathogens, powdery mildew, rust, septoria, root rot, plant protection, Republic of Ingushetia.

1. Введение

Зерновое хозяйство является основой агропромышленного комплекса Республики Ингушетия. Урожайность и качество зерна в значительной степени определяются уровнем поражения посевов болезнями. Благоприятные почвенно-климатические условия региона (умеренные температуры, достаточное увлажнение в весенний период) способствуют не только росту и развитию растений, но и распространению патогенов [1]. В связи с этим изучение видового состава заболеваний, их биологических особенностей и разработка эффективных мер борьбы являются актуальными задачами для местного сельхозпроизводства.

2. Материалы и методы

Исследования проводились в 2022-2023 гг. на посевах озимой пшеницы, ярового ячменя и овса в хозяйствах Назрановского и Сунженского районов Республики Ингушетия. Фитосанитарный мониторинг осуществляли маршрутным методом с применением общепринятых методик [2]. Видовую принадлежность патогенов устанавливали с помощью микроскопического анализа. Оценку развития болезней проводили по общепринятым шкалам.

3. Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований выявлен комплекс заболеваний, существенно влияющих на продуктивность зерновых культур в регионе.

1. Мучнистая роса (возбудитель Blumeria graminis DC.) Широко распространена во всех зонах республики. Проявляется в виде белого паутинистого налета на листьях и стеблях, который позднее уплотняется и становится мучнистым. Максимальное развитие наблюдается в фазу кущения-выхода в трубку при температуре +15...+20°С и высокой относительной влажности воздуха. Потери урожая могут достигать 10-15%.

2. Бурая ржавчина (возбудитель Puccinia triticina Eriks.) Наиболее вредоносное заболевание в предгорной зоне. Характеризуется появлением на листьях беспорядочно расположенных пустул ржаво-бурого цвета. Развитию болезни способствуют умеренные температуры (+18...+25°С) и наличие капельной влаги. В годы эпифитотий недобор урожая может составлять 20-30%.

3. Септориоз (возбудитель Zymoseptoria tritici Desm.) Проявляется в виде светло-бурых пятен с темной каймой и пикнидами в центре. Наибольшее распространение отмечено в зонах

с достаточным увлажнением. Патоген сохраняется на растительных остатках и является одним из факторов ухудшения качества зерна.

4. Корневые гнили (возбудители: Bipolaris sorokiniana, Fusarium spp.) Получили широкое распространение в условиях нарушения севооборотов и минимальной обработки почвы. Проявляются в побурении и разрушении корневой системы, основании стебля, что приводит к пустоколосице и белоколосице. Развитию способствуют высокая влажность почвы и температурный стресс [3-4].

Методы борьбы для эффективного контроля заболеваний предложен комплекс мер:

1. Агротехнические методы:

- Соблюдение севооборотов с возвращением зерновых не ранее чем через 2-3 года;
- Использование здорового, протравленного семенного материала;
- Своевременная обработка почвы и уничтожение растительных остатков;
- Сбалансированное внесение минеральных удобрений.

2. Селекционно-генетические методы:

- Возделывание устойчивых и толерантных сортов, адаптированных к местным условиям;
- Для Ингушетии рекомендованы сорта: озимая пшеница — «Гром», «Таня», ячмень — «Раушан», «Зерноградский 73».

3. Химические методы:

- Протравливание семян препаратами: «Дивиденд Стар» (0,5-1,0 л/т), «Скарлет» (0,4-0,5 л/т);
- Обработка вегетирующих растений фунгицидами: «Альто Супер» (0,4-0,5 л/га), «Рекс Дуо» (0,4-0,6 л/га), «Фоликур» (1,0 л/га);
- Обработки проводить при достижении экономического порога вредоносности: для листостебельных заболеваний — при поражении 5-10% листовой поверхности, для корневых гнилей — при поражении 10-15% растений [5].

Экономическая эффективность. Применение комплексной системы защиты зерновых культур позволяет снизить поражение болезнями на 70-80% и повысить урожайность на 15-20%. Окупаемость затрат на защитные мероприятия составляет 3-5 раз.

4. Заключение

В условиях Республики Ингушетия зерновые культуры поражаются комплексом заболеваний, среди которых наиболее вредоносны мучнистая роса, бурая ржавчина, септориоз и корневые гнили. Для эффективного контроля патогенов необходима интегрированная система защиты, сочетающая агротехнические, селекционные и химические методы с учетом почвенно-климатических особенностей региона. Перспективным направлением является разработка зональных систем защиты растений на основе мониторинга фитосанитарной обстановки.

Список литературы

1. Баркинхоев М.М. Природно-климатические ресурсы Ингушетии / М.М. Баркинхоев [и др.]. – Нальчик: Эль-Фа, 2002. – 156 с.
2. Методы фитопатологических исследований / под ред. В.И. Долженко. – СПб.: ВИЗР, 2013. – 280 с.
3. Санин С.С. Защита зерновых культур от болезней / С.С. Санин. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 184 с.
4. Фитосанитарное состояние посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2023 году и прогноз развития вредных объектов в 2024 году. – М.: ФГБУ «Россельхозцентр», 2024. – 112 с.
5. Чулкина В.А. Интегрированная защита растений от болезней / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2016. – 320 с.

УДК 614.841
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.1010

EDN RYDYOM

Оценка пожарного риска учреждения здравоохранения

А.Н. Трубицын

ФБГОУ «Забайкальский государственный университет», ул. Александро-Заводская, 34, Чита, 672000, Россия

E-mail: ktif_1987@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается актуальная проблема обеспечения пожарной безопасности в учреждениях здравоохранения. Проанализированы нормативные документы, регламентирующие оценку пожарных рисков в учреждениях здравоохранения (ФЗ № 123, СП 486.1311500.2020, СП 1.13130.2020 и др.); описаны ключевые этапы расчёта пожарного риска согласно действующей методике (Приказ МЧС России № 382); выделены специфические факторы, влияющие на величину риска в медучреждениях (планировочные решения, эвакуационные пути, системы противопожарной защиты, человеческий фактор); приведены типовые сценарии развития пожара и их вероятностные характеристики для различных отделений больницы; представлены примеры расчётов по определению времени эвакуации, блокирования путей и индивидуального пожарного риска.

Ключевые слова: пожарный риск, учреждение здравоохранения, расчёт пожарного риска, эвакуация, противопожарная защита, безопасность пациентов.

Assessment of fire risk in healthcare facilities

A.N. Trubitsin

Trans-Baikal State University, 34 Aleksandro-Zavodskaya Street, Chita, 672000, Russia

E-mail: ktif_1987@mail.ru

Abstract. The article addresses the urgent issue of ensuring fire safety in healthcare facilities. The study analyses regulatory documents governing fire risk assessment in healthcare facilities (Federal Law No. 123, SP 486.1311500.2020, SP 1.13130.2 Newton.2020, etc.); describes the key stages of fire risk calculation in accordance with the current methodology (Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia No. 382); identifies specific factors affecting the level of risk in medical institutions (planning solutions, evacuation routes, fire protection systems, human factor); provides typical fire development scenarios and their probabilistic characteristics for various hospital departments; presents calculation examples for determining evacuation time, route blockage, and individual fire risk.

Keywords: fire risk, healthcare facility, fire risk calculation, evacuation, fire protection, patient safety.

1. Введение

Учреждения здравоохранения – особая категория объектов с повышенными требованиями к безопасности. В больницах, поликлиниках, санаториях и других медицинских организациях круглосуточно пребывают люди, значительная часть которых имеет ограниченные возможности к самостоятельной эвакуации: пациенты в тяжёлом состоянии, послеоперационные больные, пожилые люди, дети. Именно поэтому проблемы расчета пожарных рисков в медицинских учреждениях приобретают критическое значение.

Актуальность темы обусловлена несколькими ключевыми факторами:

1. Медицинские учреждения выполняют жизненно важные функции, и любое происшествие, связанное с пожаром, может привести не только к материальным потерям, но и к необратимым последствиям для здоровья и жизни пациентов.
2. Больницы включают множество зон с различными классами пожарной опасности: операционные с кислородным оборудованием, лаборатории с химическими реактивами, складские помещения, палаты с круглосуточным пребыванием людей. Это создаёт комплексные риски, требующие системного подхода к их минимизации.
3. В отличие от большинства общественных зданий, эвакуация из медучреждений является многоэтапным процессом, часто требующим участия персонала для перемещения лежачих больных, использования специализированного оборудования и координации действий десятков сотрудников.

2. Цель исследования

Целью работы является оценка уровня пожарной безопасности медицинского учреждения стационарной помощи населению путем расчета пожарных рисков на примере городской клинической больницы.

3. Полученные результаты

В процессе исследования были проанализированы статистические данные о пожарах и причинах их возникновения за 2020-2024 годы. За период с 2020 по 2024 год наблюдается устойчивая тенденция к уменьшению числа возгораний. Наибольшее сокращение произошло в 2021-2022 годах (на 48 542 и 38 255 случаев соответственно). В 2023 году

зафиксирован небольшой рост (на 8 383 пожара), но в 2024 году показатель снова снизился — на 13 456 случаев по сравнению с 2023 годом [2].

Рисунок 1. Статистика пожаров за 2020-2025 гг.

Несмотря на общую положительную динамику, проблема пожаров остаётся актуальной, особенно в сельской местности. На рисунке 2 наглядно представлено соотношение количества пожаров и объёма материального ущерба [2].

Рисунок 2. Соотношение количества пожаров и размера материального ущерба.

Согласно представленных данным, снижение количества пожаров за пять лет не привело к снижению материального ущерба. Это может свидетельствовать о том, что происходят пожары в крупных зданиях, предприятиях, возгорание которых наносит огромный ущерб.

Для дальнейшего снижения количества возгораний требуется усиление профилактической работы, модернизация систем обнаружения и тушения пожаров, а также повышение ответственности граждан.

Происходят крупные пожары и в учреждениях здравоохранения. Рассмотрим некоторые из них.

8.11.2024 года произошел крупный пожар в больнице № 3 города Екатеринбурга. Пожар произошел по причине несоблюдения требований при проведении кровельных работ на крыше больницы. По данным МЧС, площадь возгорания составила 300 квадратных метров. Пожар уже потушили. Всего из здания эвакуировали 350 человек, включая 50 детей. Пострадало 3 человека [3].

28.01.2024 года произошел пожар в лаборатории городской больницы № 18 г. Казани. Огнем было охвачено 60 квадратных метров, эвакуировано 22 человека [1].

27.10.2025 года пожар произошел в пансионате больницы имени Куватова города Уфы. Возгорание произошло на 4 этаже здания. Огонь охватил площадь 18 метров квадратных.

Возникают пожары, приводящие к гибели сотрудников и пациентов учреждений здравоохранения. Так при в 2022 году произошел пожар в Районной больнице Татарстана, возникший по причине короткого замыкания. Погибли человека, 88 эвакуированы.

Представленные данные подтверждают необходимость тщательного исследования пожарных рисков в учреждениях здравоохранения.

Нами проведено исследование пожарных рисков городской клинической больницы № 1 г. Читы. Оценка пожарных рисков производилась в соответствии с нормативами, установленными Постановлением правительства Российской Федерации от 31 марта 2009 года N 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска».

Для проведения исследования нами проведен выбор сценариев, при которых могут возникнуть наихудшие последствия пожара. Формулировка сценариев включала следующие этапы [4]:

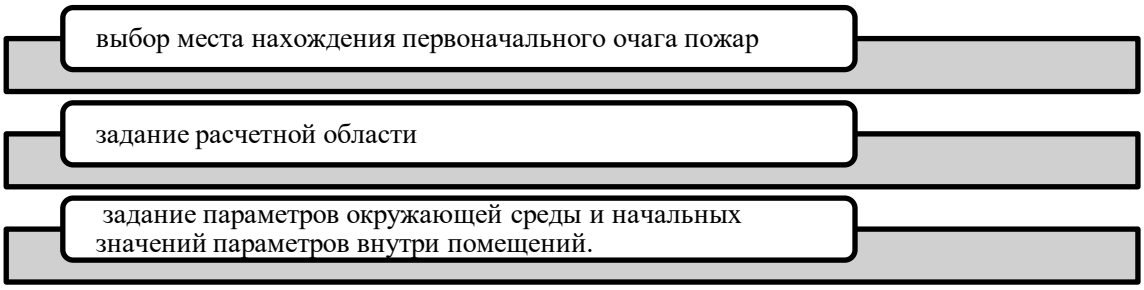


Рисунок 3. Этапы построения сценариев пожара.

При выборе места возникновения пожара учитывалась горючая нагрузка, вероятность распространения пожара, расположение эвакуационных выходов и тд [5].

В результате для расчетов выбран сценарии пожара в гардеробной, расположенной на 1 этаже здания. В таблице 1 представлен сводный расчет эвакуации со всех дверных проемов.

Таблица 1. Сводный расчет эвакуации.

Название выхода	Расчетное время эвакуации (секунд)	Критическая продолжительность пожара (секунд)	Время блокирования путей эвакуации	Вероятность эвакуации
Выход_0 (3-0 Э-0)	367,1	600	>600	0,999
Выход_1 (3-0 Э-0)	473,2	600	>600	0,999
Выход_2 (3-0 Э-0)	477,1	600	478,4	0,950
Выход_3 (3-0 Э-0)	449,8	600	478,4	0,950
Выход_4 (3-0 Э-0)	261,5	600	>600	0,999
Выход_5 (3-0 Э-0)	245,5	600	>600	0,999
Выход_6 (3-0 Э-0)	245,5	600	>600	0,999
Выход_7 (3-0 Э-0)	561,5	600	503.7	0,966

Выявлено, что время скопления < 6 минут. Вероятность эвакуации по всем выходам составляет 0,867.

Класс функциональной пожарной опасности – Ф1.1 [6].

Расчетная величина индивидуального пожарного риска $Q_{\text{В}}$ рассчитывается по формуле (уравнение 1):

$$Q_{\text{в},i} = Q_{\text{п},i} \times \left[1 - \left(P_{\text{э},i} + \left(1 - P_{\text{э},i}\right) \times P_{\text{сп},i}\right)\right] \quad [6], \qquad (1)$$

Частота возникновения пожаров $Q_{\text{п},i}$ в здании в течение года в расчете на учреждение равна $1{,}3 \times 10^{-2}$ год$^{-1}$;

Вероятность эвакуации $P_{\text{э},i}$ из зданий функциональной пожарной опасности Ф1.1 рассчитывается по формуле (уравнение 2):

$$P_{э,i} = \frac{N_{\sum,i} - N_{неэв,i}}{N_{\sum,i}} \times 0{,}999;$$
$$P_{э,i} = \frac{490-24}{490} \times 0{,}999 = 0{,}950; \quad (2)$$

Вероятность спасения $P_{сп,i}$ определяется по формуле (уравнение 3):

$$P_{сп,i} = 1 - (1 - К_{п.з,i})(1 - К_{ФПС,i})(1 - К_{ф,i})(1 - К_{эв,i}) \quad (3)$$
$$К_{п.з,i} = 1 - (1 - К_{обн} \times К_{соуэ})(1 - К_{обн} \times К_{пдз});$$
$$К_{п.з,i} = 1 - (1 - 0{,}8 \times 0{,}8)(1 - 0{,}8 \times 0{,}8) = 0{,}87;$$
$$P_{сп,i} = 1 - (1 - 0{,}87)(1 - 0{,}95)(1 - 0{,}75)(1 - 0) = 0{,}9983;$$
$$Q_{в,i} = 1{,}3 \times 10^{-2} \times [1 - (0{,}950 + (1 - 0{,}950) \times 0{,}9983)] = \mathbf{1{,}1 \times 10^{-6}}$$

Вывод: расчетная величина индивидуального пожарного риска превышает допустимое значение 10^{-6} в год.

4. Выводы

Расчетная величина индивидуального пожарного риска превышает допустимое значение 10^{-6} в год, что является нарушением требований нормативных документов по пожарной безопасности. Поэтому предлагается внести возможные изменения в объемно-планировочные решения, а именно оборудовать проемы коридоров перед эвакуационными выходами № 1, 2, 3, 7 тамбур-шлюзами. Данные изменения позволят повысить вероятность эвакуации людей из здания, тем самым понизив величину индивидуального пожарного риска.

Список литературы

1. В больнице Казани потушили пожар. – URL: https://ria.ru/20240128/kazan-1923979657.html (дата обращения 21.09.2025).
2. Информационно-аналитический сборник. Статистика пожаров и их последствий за 2024 год – URL: https://propb.ru/upload/medialibrary/9df/qf3bzlz9zyqkol6x8szgjxalm0rgw8le/2025_sbornik_pozhary_i_pozh._bezop._v_2024_g._11.06.25_.pdf (дата обращения 21.09.2025).
3. Пожар в Больнице Екатеринбурга – URL: https://www.1tv.ru/news/2024-11-18/492917-krupnyy_pozhar_v_bolnitse_ekaterinburga_potushen (дата обращения 21.09.2025).

4. Панов А.Н.Козлов А.А. Алгоритм выбора сценариев пожара в зданиях, сооружениях и строениях классов функциональной пожарной опасности Ф 1.3 и Ф 1.2// Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России» -2021. -№ 1.
5. Климичева А.В. Оценка мер пожарной безопасности объектов здравоохранения (на примере «НИИ детской онкологии, гематологии и трансплантологии им. Р.М. Горбачевой») // Вестник науки. – 2024.- № 9.
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 31.03.2009 г. N 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска».

VI Всероссийская (национальная) научная конференция: «Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий»

(НТО-VI-2025)

17 (2025)

УДК 004.413.2 + 930

EDN COVCJC

Обзор архитектурных решений и методов анализа данных для агрегации археологической информации

П.Е. Артемьев*

Сибирский федеральный университет, пр. Свободный, 79, Красноярск, 660041, Россия

*E-mail: petrovaa@kdau.ru

Аннотация. В данной статье представлен критический анализ современных подходов к проектированию программных комплексов для агрегации информации. В результате проведенного обзора были выявлены проблемы археологии, связанные с ростом объема разноформатной информации и слабой интеграцией данных. Актуальность данного обзора обусловлена отсутствием в специальной литературе работ, посвященных созданию агрегатора научной археологической информации с использованием современных методов машинного обучения и интеграцией картографической информации. Статья систематизирует архитектурные подходы к веб-приложениям, оценивает их применимость, выявляет пробелы: устаревшие технологии, неадаптированные методы анализа. Результаты обзора демонстрируют значимость интеграции современных технологий обработки данных и сервис-ориентированной архитектуры для создания эффективного агрегатора научной археологической информации, подчеркивая необходимость разработки методологической базы, учитывающей специфику археологических исследований.

Ключевые слова: архитектура программного обеспечения, веб-приложение, археология, анализ данных, агрегатор информации, сервис-ориентированная архитектура

An overview of architectural solutions and data analysis methods for aggregating archaeological information

P.E. Artemev*

Siberian Federal University, 79 Svobodny pr., Krasnoyarsk, 660041, Russia

*E-mail: petrovaa@kdau.ru (автора-корреспондента, отступ до и после)

Abstract. The article presents a critical analysis of approaches to designing software complexes for archaeological data processing. The review identifies challenges in archaeology related to the growing volume of multi-format information and poor data integration. The relevance stems from the lack of literature on creating an archaeological data aggregator using modern machine learning methods and cartographic integration. The paper systematizes architectural approaches to web applications, evaluates their applicability, and identifies gaps: outdated technologies and non-adapted analysis methods. Results highlight the importance of modern data processing technologies and service-oriented architecture for developing an effective archaeological information aggregator.

Keywords: software architecture, web application, archaeology, data analysis, information aggregator, service-oriented architecture

1. Введение

В последние десятилетия происходит значительный рост объема доступной информации, связанной с археологическими исследованиями, однако существующие базы данных и ресурсы часто являются фрагментированными и разрозненными. Это создает существенные трудности для специалистов в этой области, так как доступ к необходимой информации затруднен, а возможности для комплексного анализа ограничены.

В качестве основы для анализа предметной области были найдены общие методические материалы по использованию методов анализа данных и компьютеризации в археологии, а также подходы к проектированию веб-приложений [1-8]; схожие проекты по своей реализации, концепции и предметной области [9-11]; схожие проекты по реализации и концепции, но имеющие отличную предметную область [12-22].

Автором установлено, что в настоящее время в предметной области «археология» отсутствуют работы, посвящённые реализации агрегатора научной археологической информации с использованием новых методов машинного обучения и использования картографической информации, представленной в открытых данных по археологии, можно рассматривать данную работу как первую в данной области.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Целью данной обзорной статьи является систематизация и критический анализ существующих подходов к проектированию программных комплексов для обработки археологической информации, выявление пробелов в современных решениях и обоснование методологической базы для разработки инновационного агрегатора научной археологической информации, способного преодолеть выявленные ограничения существующих систем.

Основными задачами данной обзорной статьи являются:

- провести анализ методов анализа данных в археологии;
- исследовать архитектурные подходы к проектированию веб-приложений;
- проанализировать существующие проекты в смежных областях;
- выявить недостатки современных решений;
- определить инновационные аспекты предполагаемого проекта.

3. Методы и материалы исследования

3.1. Методы анализа археологических данных

В анализе археологической информации активно применяются статистические методы и интеллектуальный анализ данных. Исследования [1, 2, 3, 7, 8] демонстрируют использование дисперсионного, кластерного анализа, метода повторной выборки, регрессионного анализа и других техник. Ключевые проблемы включают неполноту данных, фрагментарность информации и несопоставимость данных из разных источников. Особое внимание уделяется классификации, кластеризации и прогнозированию временных рядов для выявления археологических культур и их закономерностей. Методы машинного обучения (нейронные сети, деревья решений) показывают перспективность в обработке сложных археологических данных, однако требуют адаптации под специфику предметной области.

3.2. Архитектурные подходы к веб-приложениям

Анализ архитектурных решений [4] выявляет три основных подхода к проектированию веб-приложений: монолитный, модульный и сервис-ориентированный. Монолитный подход экономичен на начальных этапах, но требует значительных затрат на поддержку в долгосрочной перспективе. Модульный подход обеспечивает лучшую структуризацию кода и упрощает поддержку, но требует больше ресурсов на стадии проектирования. Сервис-ориентированный подход наиболее сложен в реализации, но предоставляет максимальную гибкость и масштабируемость, что критически важно для сложных систем агрегации данных. Выбор архитектурного решения должен основываться на масштабе проекта и доступных ресурсах.

3.3. Геоинформационные системы и археология

Исследования [5, 6] подчеркивают важность ГИС в археологических исследованиях. Геоинформационные системы делятся на три категории: фокусирующиеся на уже выявленных памятниках (например, «Археологическое наследие Кузбасса»), системы, содержащие информацию о потенциальных памятниках, и системы, аккумулирующие данные о сельских поселениях. Тенденции развития включают интеграцию геоинформатики с естественными науками и внедрение ГИС-методов на всех этапах исследований, что значительно сокращает временные и трудовые затраты.

3.4. Существующие системы и агрегаторы

Анализ существующих решений [9-22] выявляет несколько ключевых направлений:

Специализированные археологические системы (работы [9, 10, 11]) демонстрируют базовые функции агрегации данных, но используют устаревшие технологии и имеют ограниченные аналитические возможности.

Агрегаторы в смежных областях (работы [12-20]) представляют современные технические решения: веб-сервисы на React.js, PHP и Java, с использованием AJAX, API для интерактивных карт, нейронных сетей для анализа текста и изображений. Особо выделяются системы, использующие BERT, ResNet, VGG и LSTM для извлечения признаков, а также DBSCAN для кластеризации.

Ключевые недостатки существующих решений включают: отсутствие интеграции картографической информации с текстовыми источниками, использование устаревших технологий и методов анализа, недостаточное описание архитектурных решений и отсутствие комплексного подхода к агрегации разноформатной информации. Критически важно отметить, что в специальной литературе отсутствуют работы, посвященные созданию агрегатора научной археологической информации с использованием современных методов машинного обучения и интеграцией картографической информации, что определяет инновационный характер предполагаемого проекта.

4. Полученные результаты

В результате обзора были сформулированы следующие выводы:

1. Ряд работ демонстрирует значимость применения различных статистических методов (дисперсионный, кластерный анализ и др.) для обработки археологических данных. Важно, что недостатки текущих методов (например, неполнота данных) подчеркивают необходимость в разработке более адаптированных к специфике археологических исследований методик [1-3].
2. Другая группа работ показывает значительный прогресс в автоматизации анализа. Эти системы могут улучшить качество извлечения и интерпретации археологических данных, что является неотъемлемой частью научного прогресса в данной области [2, 5, 6, 9].
3. В некоторых работах, рассматривающих архитектурные подходы, отмечается, что выбор между монолитным, модульным и сервис-ориентированным подходом зависит от

масштабируемости и бюджета проектов. Это говорит о том, что для малых проектов уместно применять монолитный подход, однако, для крупных проектов становится важным модульное или сервис-ориентированное проектирование для эффективного управления ресурсами [4].

4. В большинстве работ применяется современный технологический стек, включая PHP, JavaScript, и React.js, что подчеркивает тренд на использование популярных технологий разработки для создания надежных и высококачественных приложений [10, 12, 13].
5. В некоторых работах результаты визуализации данных (графиков, диаграмм, карт) показали важную роль представления информации в оптимальном формате, что положительно сказывается на восприятии результатов анализа конечными пользователями [5, 6, 13].
6. В ряде работ представлено использование методов кластерного анализа для обработки и представления результатов. Это подчеркивает значимость алгоритмов для анализа больших данных и отображения результатов в интерактивном формате [7, 13, 14].
7. В другой группе работ отсутствует достаточно технического описания и предполагаемой архитектуры, что затрудняет понимание реализации проекта и его потенциала. Это говорит о необходимости более детального описания технической стороны разработок для лучшего усвоения информации [9, 11].

5. Выводы

Таким образом, обзор подчеркивает важность интеграции статистических методов, современных технологий разработки и внимания к архитектурным особенностям при создании решений для анализа данных и разработки веб-приложений. Необходимость более точного описания методов и технологий также является ключевым аспектом для повышения качества исследований и разработки в данных областях.

С другой стороны, выявлено, что работы, посвящённых агрегированию разноформатной научно-технической информации по археологии, с целью оперирования картографической, статической, научной и научно-технической информацией на сегодняшний день отсутствуют.

Список литературы

1. Холюшкин, Ю. П. Некоторые подходы к анализу данных в археологии / Ю. П. Холюшкин, В. С. Костин // Вестник НГУЭУ. – 2015. – № 4. – С. 240-258. – EDN VFZKVH. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_25224049_50298898.pdf (дата обращения: 17.10.2025).
2. Холюшкин, Ю. П. Очерки по науковедению (юбилейный выпуск): монография в журнале / Ю. П. Холюшкин, В. С. Костин, Е. Е. Витяев [и др.] // Информационные технологии в гуманитарных исследованиях. – 2018. – № 23. – С. 4-118. – EDN YYPTZB. – URL: https://prometeus.nsc.ru/elibrary/infohum/2018-023.pdf (дата обращения: 17.10.2025).
3. Белова, Е. Б. Компьютеризованный статистический анализ для историков / Е. Б. Белова, Л. И. Бородкин, И. М. Гарскова [и др.] ; под ред. Л. И. Бородкина, И. М. Гарсковой. – Москва: Издательство Московского государственного университета, 1999. – 187 с. – EDN SBRVEN. – URL: https://www.hist.msu.ru/Departments/Inf/Stud/textbook.htm (дата обращения: 17.10.2025).
4. Богданенко, Д. А. Подходы к архитектурному проектированию веб-приложений / Д. А. Богданенко // Молодой ученый. – 2018. – № 9 (195). – С. 24-29. – URL: https://moluch.ru/archive/195/48609/ (дата обращения: 18.10.2025).
5. Горлышкин, Н. Е. Геоинформационные системы как инструмент по изучению памятников археологии Нового времени (по материалам Западной Сибири) / Н. Е. Горлышкин // СибСкрипт. – 2023. – Т. 25, № 6(100). – С. 726-734. – https://doi.org/10.21603/sibscript-2023-25-6-726-734. – EDN UJLFPB. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_55809555_33922402.pdf (дата обращения: 19.10.2025).
6. Shlykov, K. E. Modern specificity of the application of GIS methods in Russian archaeology / K. E. Shlykov // Молодой ученый. – 2023. – No. 20(467). – P. 674-676. – EDN ZRKLBJ. – URL: https://moluch.ru/archive/467/102812/ (дата обращения: 19.03.2025).
7. Деревянко, А. П. Методы информатики в археологии каменного века / А. П. Деревянко, А. Ф. Фелингер, Ю. П. Холюшкин. – Новосибирск: Новосибирское отделение, 1989. – 272 с. – ISBN 5-02-029020-3. – EDN SXOMZH.
8. Холюшкин, Ю. П. Задачи археологии и методы их решения: монография / Ю. П. Холюшкин, Е. Е. Витяев, В. С. Костин // Информационные технологии в гуманитарных исследованиях. – 2013. – № 18. – С. 3-97. – EDN SDIXKH. URL: https://www.prometeus.nsc.ru/elibrary/infohum/2013-018.pdf (дата обращения: 19.10.2025).

9. Витяев, Е. Е. WEB-система интеллектуального анализа археологических данных / Е. Е. Витяев, В. С. Костин, Ю. П. Холюшкин // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: История, филология. – 2013. – Т. 12, № 7. – С. 97-105. – EDN RCGQJJ. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_20301386_71034219.pdf (дата обращения: 17.10.2025).
10. Виноградская, М. Ю. Проектирование модели веб-сайта «археология» / М. Ю. Виноградская, Е. И. Шаронов // Дневник науки. – 2023. – № 1(73). – EDN PIARCA. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_50437601_99179818.pdf (дата обращения: 17.10.2025).
11. Сомов, А. К. Цифровая платформа Енисейской Сибири “Сибириана” / А. К. Сомов, Е. Р. Брюханова, О. А. Антамошкин, Т. С. Плешкова // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2024. – Т. 17, № 9. – С. 1782-1789. – EDN RMZJPT. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_74508942_37595956.pdf (дата обращения: 17.10.2025).
12. Лапина, Т. И. Разработка и реализация интернет-платформы агрегатора автосервисов / Т. И. Лапина, В. А. Сарычев, В. Ю. Цевка // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 40-58. – https://doi.org/10.21869/2223-1536-2022-12-2-40-58. – EDN PISNZI. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_49350797_91411111.pdf (дата обращения: 17.10.2025).
13. Васильченко, И. Д. Разработка веб-сервиса для поиска лекарственных препаратов / И. Д. Васильченко // Шаг в науку. – 2017. – № 3. – С. 35-39. – EDN YXDAYX. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_36964606_76001412.pdf (дата обращения: 17.10.2025).
14. Казакова, Е. Б. Единая информационная система и единый агрегатор торговли "Березка" в системе государственных закупок и их правовое регулирование / Е. Б. Казакова, А. Ю. Шишкова // Наука. Общество. Государство. – 2020. – Т. 8, № 2(30). – С. 162-173. – DOI 10.21685/2307-9525-2020-8-2-18. – EDN TRNFVY. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_43054672_51584298.pdf (дата обращения: 17.10.2025).
15. Колосок, И. Н. Demand Response агрегатор как бизнес-процесс в условиях цифровизации энергетики / И. Н. Колосок, Е. С. Коркина // Релейная защита и автоматизация. – 2021. – № 4(45). – С. 62-67. – EDN FSLLSW. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_47270705_17232797.pdf (дата обращения: 17.10.2025).

16. Кацуба, С. С. Разработка агрегатора тематических электронных ресурсов / С. С. Кацуба // 80-я научная конференция студентов и аспирантов Белорусского государственного университета : Материалы конференции. В 3-х частях, Минск, 10–20 марта 2023 года. – Минск: Белорусский государственный университет, 2023. – С. 351-354. – EDN AJZUBD. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_68514606_19170510.pdf (дата обращения: 19.10.2025).
17. Vassallo V. et al. Tools and Ontologies for the Aggregation and Management of Cypriot Archaeological Datasets // Internet Archaeology. – 2023. – Т. 64. – URL: https://intarch.ac.uk/journal/issue64/10/ia.64.10.pdf (дата обращения: 19.10.2025).
18. Zhao, Y. WebEntree: A Web service aggregator [Technical note] / Y. Zhao // IBM Systems Journal. – 1998. – Vol. 37, no. 4. – P. 584-595. – https://doi.org/10.1147/sj.374.0584. – URL: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5387130 (дата обращения: 17.10.2025).
19. Binhaq, A. A. Design Platform Financial Aggregator in Agriculture / A. A. Binhaq // Jurnal Sistem Cerdas. – 2019. – Vol. 2, no. 1. – P. 34-46. – https://doi.org/10.37396/jsc.v2i1.16. – URL: https://apic.id/jurnal/index.php/jsc/article/view/16/18 (дата обращения: 17.10.2025).
20. Хайдаров Ш. И. Атласов Д. И., Кравец О. Я. Извлечение надежного сигнала из гетерогенных данных // Современные инновации, системы и технологии – Modern Innovations, Systems and Technologies. 2024. – Том 4, № 1. – С. 0122-0132. – https://doi.org/10.47813/2782-2818-2024-4-1-0122-0132.
21. Smirnov, D. Pharmacy Aggregator Web Application / D. Smirnov. – Bachelor of Engineering Thesis. – 2019. – 57 p. – URL: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/266434/DaniilSmirnov%20Thesis%20Final.pdf?sequence=2&isAllowed=y (дата обращения: 17.10.2025).
22. Хайдаров Ш. И. Алгоритмы вычисления оценок, основанных на минимизации ошибок при классификации объектов // Современные инновации, системы и технологии – Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2025. – Т. 5, № 2. – С. 5021-5028. – https://doi.org/10.47813/2782-2818-2025-5-2-5021-5028.

УДК 622.807.2

EDN HXZRHB

Исследование применения реагентов пылеподавления для закрепления пылящих поверхностей технологических дорог горнодобывающей отрасли

М.А. Михайлова[1*], К.К. Размахнин[2]

[1]ФГБОУ ВО Забайкальский государственный университет, ул. Александро-Заводская, 30, Чита, 672039, Россия
[2]д.т.н., руководитель Читинского филиала Института горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, профессор ФГБОУ ВО ЗабГУ, г. Чита, 672039, Россия

[*]E-mail: mashakochneva@mail.ru

Аннотация. В условиях интенсификации добычи полезных ископаемых одной из наиболее острых проблем остаётся запылённость технологических автомобильных дорог. Традиционные методы пылеподавления, основанные на поливе водой, не обеспечивают долговременного эффекта и требуют значительных эксплуатационных затрат. В работе представлены результаты экспериментальных исследований применения химических реагентов пылеподавления для закрепления поверхностей технологических дорог. Проведён сравнительный анализ двух типов реагентов: хлористого кальция и органо-минерального состава на основе лигносульфонатов. Рассмотрено влияние различных концентраций реагентов на снижение запыленности, прочностные характеристики дорожного покрытия и экономическую эффективность.

Ключевые слова: проблема запыленности технологических дорог, горнодобывающая отрасль, методы пылеподавления, анализ хлористого кальция и органо-минерального состава на основе лигносульфонатов.

Study of the use of dust suppression reagents to fix the dusting surfaces of technological roads of the Mining Industry

M.A. Mikhaylova[1*], K.K. Razmakhnin[2]

[1]Transbaikal State University, 30 Aleksandro-Zavodskaya St., Chita, 672039, Russia
[2]D.E.Sc., Head of the Chita Branch of the N.A. Chinakal Mining Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Professor, Transbaikal State University, Chita, 672039, Russia

*E-mail: mashakochneva@mail.ru

Abstract. In the context of the intensification of mining, one of the most acute problems remains the dustiness of technological highways. Traditional methods of dust suppression based on watering with water do not provide a long-term effect and require significant operating costs. The paper presents the results of experimental studies of the use of chemical dust suppression reagents for fixing the surfaces of technological roads. A comparative analysis of two types of reagents was carried out: calcium chloride and organo-mineral composition based on lignosulfonates. The influence of different concentrations of reagents on dust reduction, strength characteristics of the road surface and economic efficiency is considered.

Keywords: dustiness of technological roads, mining industry, dust suppression methods, calcium chloride, organic-mineral composition based on lignosulfonates.

1. Введение

Запылённость технологических дорог — это комплексная производственная и экологическая проблема. Пыль, образующаяся при движении автотранспорта по грунтовым дорогам карьеров, оказывает отрицательное воздействие:

- ухудшает видимость, повышая риск дорожно-транспортных происшествий;
- способствует износу деталей автомобилей (фильтры, тормозные системы);
- приводит к загрязнению атмосферы и ухудшению санитарных условий труда;
- отрицательно влияет на здоровье работников, вызывая заболевания дыхательных путей.

Согласно данным, уровень запылённости на технологических дорогах может превышать санитарные нормы в 5-10 раз. Это требует поиска эффективных решений для её снижения.

Применение воды в качестве традиционного средства пылеподавления имеет ряд недостатков: кратковременный эффект (1–2 часа), большие эксплуатационные расходы на поливные машины, высокая испаряемость в жаркий период. В связи с этим актуальным направлением становится применение химических реагентов, способных закреплять мелкодисперсные частицы и обеспечивать длительное пылеподавляющее действие [1].

Помимо этого, следует учитывать, что интенсивное движение карьерных автосамосвалов, грузоподъёмностью от 50 до 220 тонн, сопровождается образованием облаков пыли, распространяющихся на десятки метров от дорожного полотна. Это существенно ухудшает условия труда персонала и становится причиной регулярных жалоб со стороны работников. Более того, в ряде регионов, где горнодобывающая промышленность располагается в непосредственной близости к населённым пунктам, проблема пылеобразования выходит за рамки производственной и становится социальной [2]. Таким образом, разработка и внедрение эффективных методов пылеподавления представляет собой не только техническую, но и экологическую задачу.

2. Постановка задачи

Цель исследования – оценить эффективность применения химических реагентов пылеподавления для закрепления поверхностей технологических дорог.

Объекты и методы исследования.

1. Объекты исследования

Исследования проводились на участках технологических дорог горнодобывающей отрасли. В качестве покрытия выступал уплотнённый суглинок с примесью щебня (до 15%).

2. Применяемые реагенты

В работе были использованы два типа реагентов:

1. Хлористый кальций ($CaCl_2$) – традиционный реагент, обладающий гигроскопичностью, удерживающий влагу в верхнем слое покрытия.

– Концентрации: 10% и 20%.

2. Органо-минеральный состав на основе лигносульфонатов – отход целлюлозно-бумажной промышленности, обладающий связующими свойствами.

– Концентрации: 15% и 25%.

3. Методика проведения

Опытные участки (длиной 100 м каждый) были обработаны выбранными реагентами. Контрольный участок оставался без обработки.

Показатели эффективности:

- уровень запыленности воздуха (мг/м³) при движении автосамосвала 90 т;
- прочность верхнего слоя дороги (МПа) по динамическому зондированию;
- продолжительность действия эффекта (сутки);
- экономические показатели (расход реагента на 1 км дороги, руб.).

Для повышения достоверности результатов каждый участок был обработан не менее трёх раз с последующим усреднением показателей. Контрольные измерения производились в одинаковых погодных условиях (температура воздуха +25…+28 °C, влажность 40-45%, скорость ветра до 3 м/с). Измерение концентрации пыли осуществлялось с использованием пылемера ПУ-5 в точке, расположенной на расстоянии 5 метров от оси дороги, на высоте 1,5 м от поверхности. Прочностные характеристики определялись с помощью динамического зонда ЗД-1 с шагом 10 м вдоль участка.

4. Полученные результаты

Было проведено исследование уровня запыленности технологических дорог горнодобывающего предприятия, анализ прочности дорожного покрытия и расчет экономической эффективности использования реагентов. Результаты представлены в таблицах ниже.

1. Уровень запыленности

Таблица 1. Исследование уровня запыленности.

Участок	Концентрация реагента	Запыленность, мг/м^3	Снижение относительно контроля, %
Контроль	-	950	-
$CACl_2$	10	340	-64 %
$CACl_2$	20%	280	-71 %
ЛС	15 %	250	- 74 %
ЛС	25 %	190	- 80 %

2. Прочность дорожного покрытия

Таблица 2. Анализ прочности дорожного покрытия.

Участок	Прочность до обработки	Прочность после обработки
Контроль	0,45	0,43
$CACl_2$ 10 %	0,47	0,52
$CACl_2$ 20 %	0,46	0,56
ЛС 15 %	0,44	0,58
ЛС 25 %	0,45	0,62

3. Длительность эффекта

- $CACl_2$: 10-12 суток.
- Лигносульфонаты: до 20 суток.

4. Экономическая эффективность

Таблица 3. Расчет экономической эффективности.

Реагент	Концентрация	Расход на 1 км, руб.	Продолжительность действия, сут.	Стоимость 1 суток эффекта, руб.
$CACl_2$	10 %	55 000	10	5 500
$CACl_2$	20 %	70 000	12	5 833
ЛС	15 %	90 000	17	5 294
ЛС	25 %	115 000	20	5 750

5. Обсуждение результатов

Результаты показали (таблица 1), что оба реагента эффективно снижают запылённость, однако различаются по механизму действия. $CaCl_2$ удерживает влагу за счёт гигроскопичности, но при этом ускоряет коррозию техники. Лигносульфонаты формируют связующую плёнку, которая не только подавляет пыль, но и укрепляет структуру покрытия [3].

При этом более высокая концентрация реагентов увеличивает эффективность, но рост затрат не всегда оправдан. На практике оптимальным выбором может быть использование $CaCl_2$ при ограниченном бюджете, либо применение лигносульфонатов для повышения экологичности и долговременности эффекта [4].

Следует отметить, что эффективность пылеподавления во многом зависит от минералогического состава грунта (таблица 2). На песчаных и супесчаных дорогах хлористый кальций демонстрирует меньшую эффективность вследствие высокой фильтрации раствора, тогда как лигносульфонаты образуют устойчивую плёнку практически на любых грунтах. Важным фактором является также интенсивность движения: при высокой нагрузке свыше 2000 т/сут эффективность снижается в среднем на 10–15%, что требует либо увеличения концентрации реагента, либо сокращения межполивного интервала.

Расчет экономической эффективности использования лигносульфонатов и $CaCl_2$ представлен в таблице 3.

В экологическом аспекте лигносульфонаты имеют очевидное преимущество, так как являются продуктами переработки древесины и не оказывают коррозионного воздействия на технику. $CaCl_2$, напротив, при регулярном применении может вызывать ускоренное разрушение металлических конструкций, что следует учитывать при планировании долгосрочных мероприятий по пылеподавлению [5].

6. Выводы

1. Применение химических реагентов позволяет снизить запылённость технологических дорог на 65-80% по сравнению с контрольным участком.
2. Хлористый кальций обеспечивает кратковременный эффект, но более экономичен на старте.

3. Лигносульфонаты оказывают долговременное действие (до 20 суток), укрепляют покрытие и обладают большей экологичностью.
4. Оптимальный выбор реагента определяется балансом между стоимостью, длительностью действия и требованиями к экологической безопасности.
5. Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение комбинированного применения реагентов, например, последовательного использования $CaCl_2$ и лигносульфонатов. Такой подход может обеспечить сочетание преимуществ обоих методов и снизить их недостатки.
6. Перспективным направлением является также внедрение автоматизированных систем полива с реагентами, что позволит оптимизировать расход материалов и повысить эффективность технологического процесса.

Список литературы

1. Лобода А.И. Борьба с пылью на открытых горных работах / А.И. Лобода, Б.Н. Ребристый, В.Ю. Тыщук. – К.: Техника, 1989. – 152 с.
2. Ищук И.Г. Средства комплексного обеспыливания горных предприятий: Справочник / И.Г. Ищук, Г.А. Поздняков. – М.: Недра, 1991. – 253 с.

   Михайлов В.А. Борьба с пылью на рудных карьерах / В.А. Михайлов, П.В. Бересневич. – М.: Недра, 1981. – 261 с.
3. Размахнин, К.К. Цеолитсодержащие породы в обеспечении геоэкологической безопасности горнопромышленных предприятий / К.К. Размахнин // Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории Земли – 2024: сборник материалов Международной научно-практической конференции (г. Москва, 24-25 октября 2024 г.). – Москва: НИУ МГСУ, 2024. – С. 138-143.
4. Сравнительный анализ дисперсного состава пыли в воздухе рабочей зоны непроизводственных помещений. – URL: https://research-journal.org/technical/sravnitelnyj-analiz-dispersnogo-sostava-pyli-v-vozduxe-rabochej-zony-neproizvodstvennyx-pomeshhenij/ (дата обращения 20.06.2025).

УДК 621.3
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.2003

EDN ISFXEY

Использование нейронных сетей в телекоммуникационных системах

А.С. Кузовкин*, Е.Д. Бычков

Омский государственный университет путей сообщения, ул. Карла Маркса, 35, Омск, 644046, Россия

*E-mail: naomi1901@mail.ru

Аннотация. В материалах статьи рассмотрены вопросы использования нейронных сетей и нечеткой логики для управления различными телекоммуникационными системами, проведена научно-исследовательская работа студента, выполнен анализ и обзор проведенных исследований в данной области, выявлена проблематика и поставлены цели по улучшению методов использования нейронных сетей в области мобильной связи и телекоммуникаций.

Ключевые слова: нейронные сети, телекоммуникационные системы, радиотехнические системы.

The use of neural networks in telecommunication systems

A.S. Kuzovkin*, E.D. Bychkov

Omsk State University of Railway Transport, 35 Karl Marx St., Omsk, 644046, Russia

*E-mail: naomi1901@mail.ru

Abstract. The materials of the article consider the issues of using neural networks and fuzzy logic to control various telecommunication systems, conduct research work of a student, analyze and review research conducted in this field, identify problems and set goals for improving the methods of using neural networks in the field of mobile communications and telecommunications.

Keywords: neural networks, telecommunication systems, radio engineering systems.

1. Введение

Современные сети мобильной связи, такие как 4G и 5G, являются важной частью информационной инфраструктуры, обеспечивая передачу данных, голосовые вызовы и доступ в Интернет для различных пользователей. Данные сети характеризуются высокой скоростью передачи данных, низкой задержкой и возможностью подключения большого количества устройств. Однако такие достижения предъявляют повышенные требования к распределению ресурсов канала, что является актуальным в условиях быстро растущих объёмов трафика.[1]

Классические методы распределения ресурсов основаны на детерминированных подходах и требуют значительных вычислительных мощностей. В связи с этим, большое внимание уделяется применению нейронных сетей и методы на основе нечетких множеств, которые могут справиться с неопределенностью и динамическими изменениями в мобильных сетях [2].

Определим цели и задачи использования нейронных сетей в мобильных системах связи:

- управление распределением канального ресурса;
- агрегирование частотных диапазонов;
- управление маршрутизацией;
- улучшение радиочастотной спектральной эффективности.

Рассмотрим роль нейронных сетей в управлении системами связи. Системы мобильной связи основаны на сложных алгоритмах управления, которые обеспечивают стабильность сети, максимальную пропускную способность и минимизируют потери данных. Нейронные сети способны оптимизировать маршрутизацию, адаптируясь к изменяющимся условиям сети и принимать оптимальные решения о маршрутизации трафика, в случаях перегрузки или сбоев. Также возможно их использование для прогнозирования нагрузки с помощью анализа данных, нейронные сети могут прогнозировать пиковые нагрузки и заранее подготавливать сеть. Кроме того, нейронные сети могут снижать помехи, путем анализа и фильтрации трафика [1].

Базовой частью использования нейронных сетей для управления мобильными сетями является модель искусственного нейрона. Данная модель основана на принципе работы биологического нейрона, где входной сигнал умножается на весовой коэффициент, а

полученное значение проходит через функцию активации. Это позволяет искусственным нейронным сетям (ИНС) обучаться и принимать решения на основе входных данных [3].

Необходимым является определение подходящей архитектуры сети и выбор параметров управления. После определения архитектуры сети необходимо настроить весовые коэффициенты и смещения нейронов, чтобы свести к минимуму ошибки при принятии решений. Это достигается с помощью обучения. В данном контексте под обучением понимается настройка параметров модели для точного представления процесса или явления, моделируемого нейронной сетью [4].

Нейронные сети также могут прогнозировать местоположение абонентов, тем самым оптимизируя работу сотовых вышек, перенаправляя трафик для улучшения качества связи. При высокой нагрузке при большом нейронные сети выявляют аномалии и предотвращают сетевые атаки, такие как DDoS.

Существуют классические модели управления ресурсами беспроводных систем связи, например агрегирование частотных диапазонов и распределение блоков планирования в нисходящем канале связи.

2. Материалы и методы

Агрегация частот (Carrier Aggregation) − это одна из основных технологий, которая позволяет увеличить пропускную способность мобильного интернета 4G (рисунок 1). Смысл технологии заключается в том, что операторы объединяют несколько полос частот из одного или разных бэндов (диапазонов), тем самым расширяя канал передачи данных. Такой подход позволяет достичь высоких скоростей, которые недоступны при использовании одиночной полосы [5].

Рисунок 1. Принцип технологии агрегации частот.

Результатом решения задачи распределения частотного и временного ресурсов должно быть закрепление блоков планирования (Scheduling Block, SB) за пользовательскими станциями в нисходящем канале связи одного кадра, являющегося законченным «циклом» передачи данных во временной области и передаваемого на протяжении 10 мс. Блок планирования является наименьшим структурным элементом, выделяемым одной UE и формируемый двумя соседними ресурсными блоками (Resource Block, RB) на одинаковых поднесущих [6].

Предлагается применение данных моделей с использованием нейронных технологий, что будет способствовать более быстрому принятию решений, оптимизируя использование полосы пропускания, минимизируя помехи и улучшая качество обслуживания.

3. Результаты и обсуждение

Используя подход, основанный на распределении ресурсов, модели могут быть классифицированы как статистические или динамические. При статистическом распределении ресурсы распределяются заранее и остаются фиксированными, как, например, в FDMA. При динамическом распределении ресурсы перераспределяются в режиме реального времени в зависимости от текущей нагрузки в сети, как в TDMA и OFDMA.

В зависимости от централизации управления, модели делятся на централизованные и децентрализованные. В централизованных моделях распределением ресурсов управляет один блок управления, например базовая станция. При достаточной вычислительной мощности эти модели могут обеспечить высокую эффективность и обычно используются в алгоритмах распределения для сетей 4G и 5G. В децентрализованных моделях пользователи самостоятельно принимают решения о распределении ресурсов. Данные модели могут сократить время ожидания, однако их использование может привести к неоптимальному использованию ресурсов [3].

В качестве математической модели нейронной сети, которая может применяться для управления мобильными системами связи рассмотрим многослойный перцептрон (MLP). Многослойный перцептрон (MLP) − простая нейронная сеть, состоящая из одного или нескольких нейронов, которые могут принимать входные данные, обрабатывать их и выдавать выходные данные. В задачах управления системами связи MLP может использоваться для адаптивной настройки параметров передачи данных. Например, для предсказания оптимальных параметров модуляции и кодирования на основе текущих условий канала связи.

4. Заключение

Таким образом, несмотря на свои многочисленные преимущества, нейронные сети в мобильных системах связи также имеют некоторые недостатки. Нейронным сетям требуется большой объем данных для обучения, что может быть проблемой в тех случаях, когда объем информации ограничен. Также нейронные сети часто считаются "черными ящиками", что затрудняет понимание того, как именно они принимают решения.

Поэтому в современных мобильных сетях является актуальным использование нейронных сетей для эффективного использования спектра частот. Также нейронные технологии могут широко использоваться в проблемах железнодорожной связи.

Сделан вывод, что в современных мобильных сетях является актуальным использование нейронных сетей для эффективного использования спектра частот. Также нейронные технологии могут широко использоваться в проблемах железнодорожной связи.

Симбиоз агрегации частот и нейронных технологий является критически важным для реализации всего потенциала 5G-Advanced и фундаментальным для архитектуры 6G. Без CA невозможно обеспечить требуемые скорости и емкость. Без ИИ невозможно эффективно, гибко и адаптивно управлять сложностью современных и будущих конфигураций CA, особенно в условиях экстремальной гетерогенности спектра (от низких до терагерцовых частот) и требований сервисов (от массивного IoT до тактильного интернета). Будущее мобильной связи лежит в создании когнитивных сетей, где нейронные сети непрерывно анализируют, прогнозируют и оптимизируют использование агрегированного спектрального ресурса, обеспечивая беспрецедентное качество обслуживания, эффективность и устойчивость. Развитие этого направления – ключевой фактор конкурентоспособности операторов и вендоров в следующем десятилетии.

Список литературы:

1. Буснюк Н.Н. Системы мобильной связи / Н.Н. Буснюк, Г.И. Мельянец. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 128 с. – ISBN 978-5-8114-9729-4.
2. Полевич, С.С. Алгоритмы выделения канального ресурса в гетерогенной сети радиодоступа нового поколения / С.С. Полевич, О.А. Симонина // Труды учебных заведений связи. – 2020. – Т. 6, № 3. – С. 28-37. – https://doi.org/10.31854/1813-324X-2020-6-3-28-37.

3. Яхъяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учебное пособие / Г.Э. Яхъяева. – М.: БИНОМ. ЛЗ, ИНТУИТ.РУ, 2012. – 316 с.
4. Хижняков Ю.Н. Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого правления в системах реального времени: учебное пособие / Ю.Н. Хижняков. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. – 160 с.
5. Ван, Х. Управление радиоресурсами для агрегации несущих в восходящем канале LTE-Advanced / Х. Ван, К. Роса, К.И. Педерсен // EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking. – 2015. – (1) 121.
6. Гаркуша, С. В. Модель распределения блоков планирования в нисходящем канале связи технологии LTE / С.В. Гаркуша // GESJ: Computer Science and Telecommunications. – 2013. – № 3(39).

УДК 53.087.45
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.2004

EDN GVXRYI

К вопросу детектирования границ объектов, отображаемых на кадрах видеоданных

А.В. Касимов, Р.В. Шестов*

Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, Самара, 443100, Россия

*E-mail: BimerM3@mail.ru

Аннотация. В статье представлен вариант практической реализации детектора границ Канни. Рассмотрены вопросы, касающиеся использования фильтра Гаусса применительно к обработке двумерных сигналов. Получены результаты использования детектора границ совместно с операторами Собеля и Щарра. Произведен анализ качественных результатов работы детектора Канни при использовании различных операторов вычисления значения градиентов.

Ключевые слова: контур объекта, оптическая система, матричная камера, дистанционный оптический контроль.

On the issue of detecting the boundaries of objects displayed on video data frames

A.V. Kasimov, R.V. Shestov*

Samara State Technical University, Molodogvardeyskaya St., 244, Samara, 443100, Russia

*E-mail: BimerM3@mail.ru

Abstract. The article presents a practical implementation of the Canny edge detector. The use of a Gaussian filter for processing two-dimensional signals is discussed. Results are obtained using an edge detector in conjunction with the Sobel and Scharra operators. An analysis of the qualitative results of the Canny detector operation was performed using various operators for calculating the gradient value.

Keywords: object contour, optical system, matrix camera, remote optical control.

1. Введение

Обнаружение контуров объектов отображаемых на кадрах видеоданных является достаточно частой задачей при разработке программного обеспечения систем компьютерного зрения, особенно при развертывании оптических измерительных систем, целью которых является оценка уровня подобия анализируемой и эталонной деталей или измерение геометрических размеров анализируемой детали. Решение этой задачи подразумевает использование специальных методов, например, детектора границ Канни [1]. К особенностям этого метода относится возможность установки пороговых значений, которые позволяют отфильтровать некоторые из обнаруживаемых контуров.

К сожалению, информации на русском языке касательно этого метода в открытых источниках достаточно мало – существуют переводы иностранных статей, но зачастую при ознакомлении с ними остается достаточно много вопросов. В этой связи авторами статьи было принято решение предложить свой вариант программного обеспечения, реализующего описываемую методику.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Основной целью исследования является практическая реализация алгоритма детектирования границ Канни с возможностью его использования совместно с операторами Собеля и Щарра [2,3], анализ полученных результатов с целью оценки выявления наиболее оптимальных результатов и последующей интеграцией полученного программного обеспечения в состав программного комплекса системы дистанционного оптического контроля формы и геометрических размеров деталей, перемещающихся на конвейерной ленте.

2.1. Описание принципа действия системы дистанционного оптического контроля формы и геометрических размеров деталей, перемещающихся на конвейерной ленте

Прежде чем переходить непосредственно к описанию программного обеспечения нелишним будет уточнить о причинах его разработки. Предполагается, что полученное программное обеспечение будет использовано в составе программного комплекса системы дистанционного оптического контроля формы и геометрических размеров деталей, располагающихся на ленте ленточного конвейера. Задачей программного комплекса является

оценка подобия анализируемой и эталонной деталей. Если мера подобия ниже некоторого порогового значения, то анализируемая деталь признается бракованной.

Оценка подобия подразумевает необходимость обработки видеоданных отображающих эталонную и анализируемую детали.

Кадры видеоданных, отображающих анализируемую и эталонную детали получены с одного и того же оптико-электронного преобразователя (ОЭП) при абсолютно идентичных условиях – фокусное расстояние, рабочая дистанция, освещение, частота формирования кадров и т.д. Кадр видеоданных, отображающий эталонную деталь, хранится в оперативной памяти, кадры видеоданных, отображающих анализируемые детали формируются ОЭП непрерывно в процессе работы ленточного конвейера. Здесь и далее под понятием ОЭП будет подразумеваться цветная матричная видеокамера в комплекте с оптической системой – широкоугольным объективом. Главная оптическая ось объектива направлена в надир. Программный комплекс предполагается использовать в режиме реального времени, что предъявляет особые требования к скорости вычислений.

Оператору программного комплекса предоставлена возможность оценки геометрических размеров анализируемой детали по ее отображению на кадре видеоданных с целью идентификации причины получения брака.

Программное обеспечение, реализующее задачу оценки меры подобия анализируемой и эталонной деталей было разработано ранее и уже интегрировано в состав программного комплекса. Язык программирования, на котором были разработаны алгоритмы оценки подобия и измерения геометрических размеров деталей по их отображению на кадрах видеоданных – DELPHI. Использование этого языка и среды разработки RAD Studio на ранних этапах разработки программного обеспечения послужили основной причиной отказа от использования скриптового языка Python и библиотеки OpenCV.

2.2 Описание алгоритма используемого в методе детектирования Канни

Алгоритм, использованный в ходе разработки программного обеспечения, реализующего процесс отыскания с возможностью последующей фильтрации контуров объектов, отображаемых на кадрах видеоданных состоял из 5 основных шагов:

- преобразования цветного кадра видеоданных в кадр в градациях серого;
- фильтрация полученного кадра при наличии шумов;

- подавление не максимумов;
- двойная пороговая фильтрация.

Уточним, что с выхода ОЭП поступают цветные кадры видеоданных. Алгоритмы обработки цветных изображений сложнее и требует большего количества времени и вычислительных ресурсов [4]. В этой связи было принято решение преобразовать цветные изображения в полутоновые. В принципе эта задача может решаться как на этапе формирования видеоданных, так и на этапе предварительной обработки, которая включает два первых шага описываемого алгоритма. В этой работе описан процесс преобразования видеоданных на этапе предварительной обработки. Уточним, что получаемые кадры видеоданных кодировались тремя байтами.

Задача получения полутонового изображения на этапе предварительной обработки сводилась к известному преобразованию, когда все три составляющих цветовой RGB модели должны были иметь одинаковое значение, не превышающее 255. Пересчет кодов пикселей каждого из цветовых каналов, образующих кадр видеоданных осуществлялся по формуле 1.

$$\begin{aligned} R_{wb} &= R_{color} \cdot 0,30 \\ G_{wb} &= G_{color} \cdot 0,59 \\ B_{wb} &= B_{color} \cdot 0,11 \end{aligned} \quad (1)$$

Вывод на монитор полученного полутонового изображения подразумевал необходимость упаковки полученных кодов пикселей в формат *TColor*, кодируемый уже 4 байтами, где старший байт – альфа-канал, который определяет прозрачность пикселя, а остальные 3 байта содержат коды пикселей, описывающих интенсивность цветовых каналов [4].

Решение задачи формирования данных в формате *TColor* возможно двумя способами:

- использованием функции RGB (Red, Green, Blue: byte): LongInt;
- формирование кода пиксела путем объявления переменной *DWORD* и присваивание ей значений интенсивностей цветовых каналов с использованием циклического сдвига влево на заданное количество разрядов.

Использование второго способа формирования массива кодов пикселей подразумевает циклический сдвиг влево на 16 и 8 разрядов для синего и зеленого каналов соответственно. Значение старшего байта в процессе обработки видеоданных не изменялось и было приравнено 0 (в десятичной системе счисления).

Согласно описанию алгоритма детектора границ Канни на этапе предварительной обработки исходное полутоновое изображение следует подвергнуть фильтрации с целью подавления высокочастотных шумов. Для этого рекомендуется использовать фильтр Гаусса.

Фильтрация Гаусса подразумевает обработку изображения в режиме скользящего окна. В процессе фильтрации фрагмент изображения накрывается ядром свертки. Здесь под понятием ядра свертки подразумевается матрица размера $m \times n$, содержащая весовые коэффициенты. Суть этой свертки заключается в вычислении яркости пикселя, накрытого центральным элементом ядра свертки. Отметим, что яркость этого элемента находится как взвешенная сумма значений соседних пикселей, а в качестве весовых коэффициентов используется значения из ядра свертки.

Ядро свертки, использованное в процессе разработки программного обеспечения, реализующего процесс фильтрации Гаусса представляет собой матрицу размера 5×5, где вес весового коэффициента уменьшается по мере удаления от центра (уравнение 2).

$$\begin{bmatrix} 0,012578 & 0,025157 & 0,031446 & 0,025157 & 0,012578 \\ 0,025157 & 0,0566 & 0,075471 & 0,0566 & 0,025157 \\ 0,31446 & 0,075471 & 0,094339 & 0,075471 & 0,31446 \\ 0,025157 & 0,566 & 0,075471 & 0,566 & 0,025157 \\ 0,012578 & 0,025157 & 0,031446 & 0,025157 & 0,012578 \end{bmatrix} \quad (2)$$

После использования процедуры фильтрации исходного полутонового изображения и получения отфильтрованного кадра видеоданных этап предварительной обработки можно считать оконченным и переходить к процессам вычисления значения первой производной – определение модуля значения, направления градиента и подавлению не максимумов.

Вычисление первой производной было реализовано посредством использования операторов Собеля (уравнение 3) или Щарра (уравнение 4).

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} -3 & 0 & 3 \\ -10 & 0 & 10 \\ 3 & 0 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -3 & -10 & -3 \\ 0 & 0 & 0 \\ 3 & 10 & 3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Здесь отображены два ядра операторов Собеля/Щарра. Ядро представляет собой матрицу размера *3×3*, содержащую весовые коэффициенты. Уточним, что если матрица содержит нулевую строку, то она используется для сканирования кадра видеоданных вдоль оси *Ox*, если нулевой столбец, то вдоль оси *Oy*. Результатом сканирования является массив сумм произведений весовых коэффициентов на соответствующие коды яркостей полутонового изображения, фрагмент которого покрывается ядром используемого оператора. Упомянем, что полученные массивы сумм произведений отражают числовые значения проекций вектора градиента на оси *Ox* и *Oy*, числовое значение модуля градиента определяют по формуле 5.

$$Gr = \sqrt{Gr_{Ox}^2 + Gr_{Oy}^2} \quad (5)$$

где: Gr_{Ox}, Gr_{Oy} - проекции вектора градиента на оси *Ox* и *Oy*.

Далее необходимо определить направление градиента. Эта задача решается за счет вычисления угла градиента и округление этого угла до одного из стандартных значений. Перечень стандартных значений углов и диапазоны углов, которые округляются до соответствующего стандартного значения отображены в таблице 1.

Таблица 1. Перечень стандартных значений углов и диапазоны значений углов, которые могут быть округлены до стандартных.

Величина стандартного значения угла	Диапазон значений углов, который округляется до соответствующего стандартного значения
0°	0°...22,5°
	157,5°…180°
45°	22,5°…67,5°
90°	67,5°…112,5°
135°	112,5…157,5°

Определение текущего значения угла градиента реализовано по формуле 6.

$$GradAngl = arctg\frac{Gr_{Oy}}{Gr_{Ox}} \quad (6)$$

В итоге на данном этапе работы детектора Канни имеются два массива – числовых значений модулей градиентов и их направлений. Далее следует реализовать процесс подавления не максимумов. В этой работе подавление не максимумов осуществлялся путем анализа значений модулей градиентов, условно покрываемых окном размером *3×3*. Процедура подавления не максимумов позволяет сформировать массив, содержащий числовые значения

модулей градиентов, принадлежащих только границам контуров объектов, отображаемых на кадрах видеоданных. Модуль градиента считается принадлежащим границе контура объекта в следующих случаях:

- при значении угла, характеризующего направление градиента 0°, модуль градиента считается относящимся к границе контура если его числовое значение превосходит значения градиентов, расположенных сверху и снизу анализируемого;
- при значении угла, характеризующего направление градиента 45°, модуль градиента считается относящимся к границе контура если его числовое значение превосходит значения градиентов, расположенных верхнем правом и нижнем левом углу относительно анализируемого;
- при значении угла, характеризующего направление градиента 90°, модуль градиента считается относящимся к границе контура если его числовое значение превосходит значения градиентов, расположенных слева и справа относительно анализируемого;
- при значении угла, характеризующего направление градиента 135°, модуль градиента считается относящимся к границе контура если его числовое значение превосходит значения градиентов, расположенных верхнем левом и нижнем правом углу относительно анализируемого.

В результате выполнения процесса подавления не максимумов был сформирован массив, размер которого идентичен массиву модулей градиентов, но содержащий только числовые значения модулей градиентов, относящихся к границам контуров объектов отображенных на кадрах видеоданных.

Заключительным этапом описываемого алгоритма детектирования границ является процедура пороговой фильтрации. Целью этой процедуры является предоставление пользователю возможности исключения части детектированных границ из конечного результата. Использование процедуры фильтрации подразумевает необходимость задания пороговых значений. Диапазон возможных пороговых значений ограничен максимальным значением модуля градиента Gr. В процессе выполнения этой процедуры формируется массив модели изображения, состоящий из логических элементов. Размер этого массива соответствует размеру массива модулей градиентов. Если числовое значение анализируемого модуля градиента превышает верхнее пороговое значения, то соответствующий элемент массива модели изображения хранит значение логической единицы. Далее происходит анализ

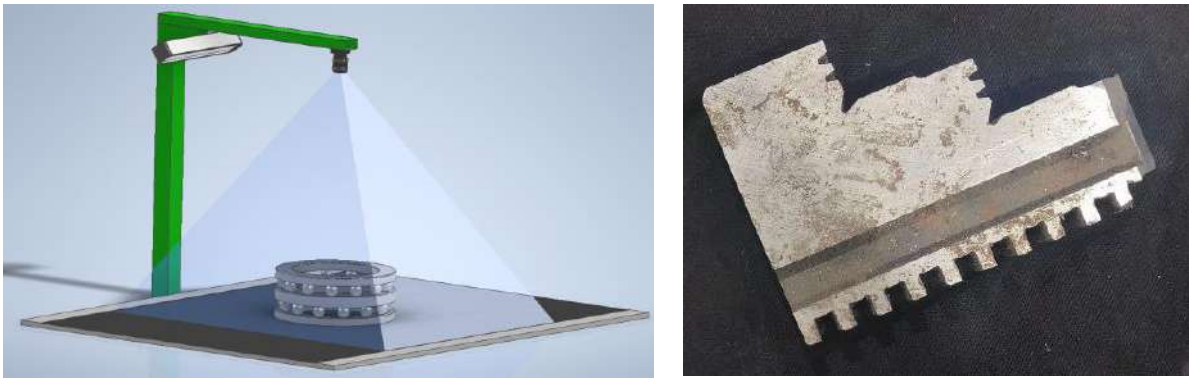
окружения анализируемого модуля градиента – оцениваются значения соседних модулей, расположенных по вертикали, горизонтали и на диагоналях относительно анализируемого модуля градиента. На данном этапе происходит сравнение с нижним пороговым значением.

В случае, когда числовое значение анализируемого модуля градиента ниже верхнего порогового значения соответствующий элемент массива модели изображения хранит значение логического нуля, анализ окружения анализируемого модуля градиента не производится.

3. Методы и материалы исследования

Разработка программного обеспечения, реализующего алгоритм детектора Канни производилась с использованием кадров видеоданных, полученных с выхода WEB камеры с широкоугольным объективом и USB интерфейсом. Камера монтировалась на Г-образный подвес. Рабочая дистанция составляла 0,5м. Частота формирования кадров не превышала 15Гц. При формировании данных использовалось естественное освещение.

С целью отладки программного обеспечения намеренно была использована деталь, с очагами ржавчины и следами механической обработки. Очевидно, что при нормальной работе детектора очаги ржавчины на поверхности детали, особенно светлой ее части должны детектироваться в виде контуров. Предполагается, что на темной полосе детали детектирование очагов ржавчины будет реализовано хуже, так как граница градиента будет более размазана. Схематическое изображение стенда, использованного для имитации системы дистанционного оптического контроля формы и геометрических размеров металлических деталей на предприятиях тяжелого машиностроения представлено на рисунке 1а. Рисунок 1б отображает кадр видеоданных детали, используемой в ходе разработки программного обеспечения.



а б

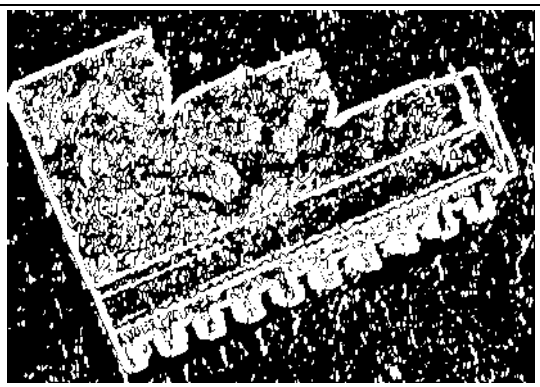
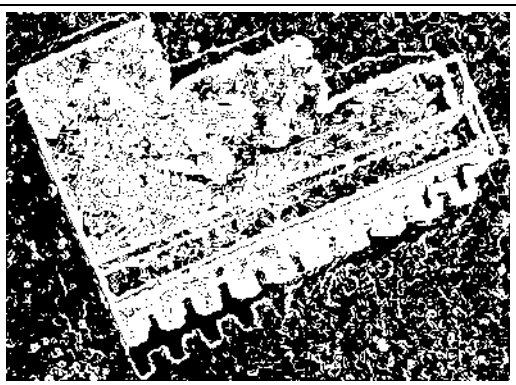
Рисунок 1. Схематическое изображение стенда имитатора системы дистанционного оптического контроля формы и геометрических размеров деталей (а), кадр видеоданных, полученный с выхода WEB камеры, использованной в ходе разработки программного обеспечения (б).

Отметим, что использование естественного освещения также не способствует улучшению результата работы детектора Канни, так как нижняя часть детали ближе к левому углу недостаточно информативна, кроме того, здесь можно заметить наличие теней.

4. Полученные результаты

Процесс экспериментальных исследований включал в себя проведение ряда экспериментов с целью определения наиболее приемлемых значений настроек верхнего и нижнего порогов градиентов с целью получения замкнутого контура детали, отображенной на рисунке 1б. Результаты, полученные в ходе экспериментальных исследований с использованием разработанного программного обеспечения представлены в таблице 2.

Таблица 2. Перечень стандартных значений углов и диапазоны значений углов, которые могут быть округлены до стандартных.

Детектор Канни с оператором Собеля	Детектор Канни с оператором Щарра
	

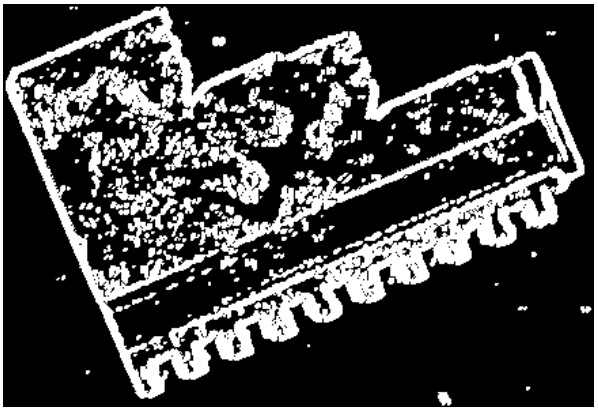
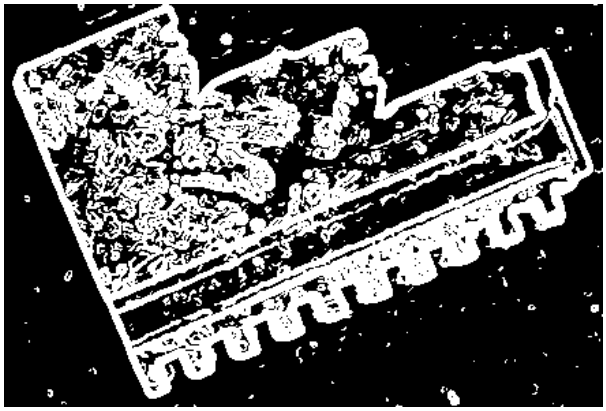
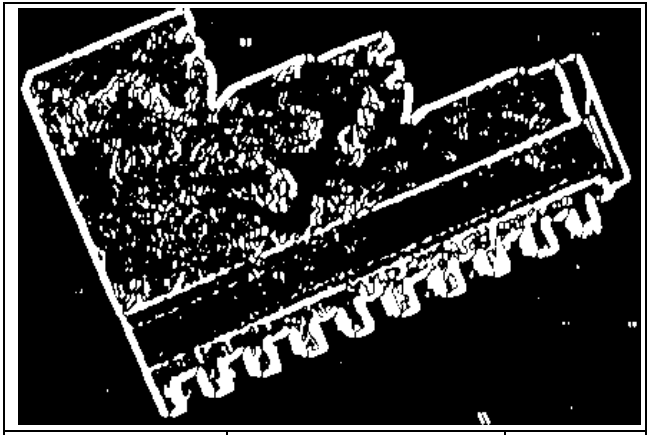
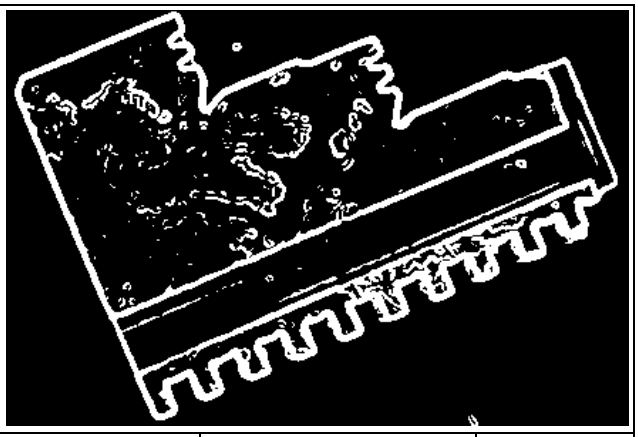
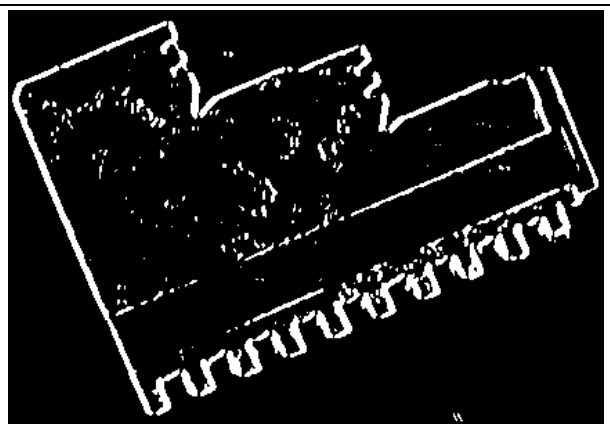
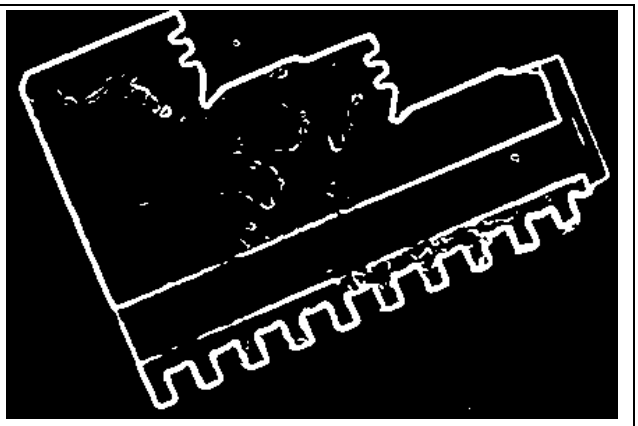
Пороговое значение	Верхняя граница	13	Пороговое значение	Верхняя граница	42
	Нижняя граница	10		Нижняя граница	40
	Максимальное	1044		Максимальное	3745
					
Пороговое значение	Верхняя граница	30	Пороговое значение	Верхняя граница	98
	Нижняя граница	10		Нижняя граница	75
	Максимальное	1044		Максимальное	3745

Таблица 2. Перечень стандартных значений углов и диапазоны значений углов, которые могут быть округлены до стандартных.

					
Пороговое значение	Верхняя граница	30	Пороговое значение	Верхняя граница	258
	Нижняя граница	30		Нижняя граница	258
	Максимальное	1044		Максимальное	3745

					
Пороговое значение	Верхняя граница	68	Пороговое значение	Верхняя граница	410
	Нижняя граница	68		Нижняя граница	387
	Максимальное	1044		Максимальное	3745

5. Выводы

Анализ изображений представленных в таблице 2 позволяет сделать вывод, что использование детектора Канни с оператором Щарра позволяет получить лучшие результаты в сравнении с детектором Канни с оператором Собеля. Этот вывод был получен в ходе анализа изображения с минимальным значением верхней пороговой границы. На снимке, полученном при использовании детектора Канни вкупе с оператором Щарра четко видна тень от зубцов детали, которая с трудом различима даже на исходном фрагменте видеоданных и фрагментарно детектирована при использовании оператора Собеля. Также необходимо отметить, что контуры очагов коррозии на изображениях, полученных с использованием оператора Щарра более детализированы и различимыми в отличие от контуров очагов коррозии, полученных при использовании детектора с оператором Собеля.

Большое количество вопросов вызвали толщины линий, образующих контуры объектов, отображаемых на кадре видеоданных, полученных с выхода ОЭП. Во многих источниках, описывающих детектор Канни указано, что границы контуров должны быть тонкими, чего не наблюдается на полученных изображениях. Предположительно причиной этой особенности является алгоритм, использованный в ходе двойной пороговой фильтрации. Решение этой задачи предлагается реализовать путем использования рекурсии. К сожалению, на момент подготовки статьи результаты использования иного алгоритма двойной пороговой фильтрации получены не были, в связи с чем подробное описание этого алгоритма с описанием полученных результатов будет представлено в следующих статьях.

Список литературы

1. Duan, Y. Privacy preserving link analysis on dynamic weighted graph / Y. Duan, J. Wang, M. B. T. Kam, J. F. Canny // Computational & Mathematical Organization Theory. – 2005. – 11(2). – P. 141-159. – http://doi.org/10.1007/s10588-005-3941-2.
2. Canny, J. A computational approach to edge detection / J. Canny // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. – 1986. – Vol. 8, no. 6. – P. 679-698. – http://doi.org/10.1109/TPAMI.1986.4767851.
3. Soinikova, E.S. High-performance method for boundary detection in medical images / E.S. Soinikova, M.S. Ryabihk, D.S. Batishchev, V.M. Mikhelev // Academic science – problems and achievements IX: Proceedings of the Conference (North Charleston, 20-21.06.2016). – North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2016. – P. 93-95.
4. NVIDIA, “NVIDIA CUDA C programming guide – version 7.0,” NVIDIA developer website, June 2016. – URL: http://docs.nvidia.com/cuda/cuda-c-programming-guide/#axzz4IHtkC9CZ.

УДК 621-039-542
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.2005

EDN HACMBD

Рой дронов как «интеллектуальная стая» средств спасения

А.Э. Федотова*, В.М. Пестов

Забайкальский государственный университет, ул. Александро-Заводская, 30, Чита, 672039, Россия

*E-mail: alinaaa.95.ru@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу роя дронов, как феномена коллективного интеллекта, который представляет собой тактическую поисково-спасательную группу в зоне ЧС на удалённой труднодоступной территории. В спасательных операциях технологии коллективного интеллекта роя беспилотной авиации способны изменить технологии спасания пострадавших в зонах чрезвычайных ситуаций, обеспечив оперативность оказания жизненно необходимой им помощи и координации усилий наземных группировок спасательных сил и служб.

Ключевые слова: БПЛА, рой дронов, поисково-спасательные операции.

Drone swarm as an "intelligent flock" of rescue tools

A.E. Fedotova*, V.M. Pestov

Transbaikal State University, 30 Aleksandro-Zavodskaya St., Chita, 672039, Russia

*E-mail: alinaaa.95.ru@mail.ru

Abstract. The article analyzes the drone swarm as a phenomenon of collective intelligence, representing a tactical search and rescue group in an emergency zone in a remote, hard-to-reach territory. In rescue operations, the collective intelligence technologies of a drone swarm are capable of transforming the methods of rescuing victims in emergency zones, ensuring the prompt delivery of vital assistance to them and coordinating the efforts of ground groups of rescue forces and services.

Keywords: UAV, drone swarm, search and rescue operations.

1. Введение

Современное развитие технологий беспилотных авиационных систем открывает новые перспективы в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Особый интерес представляет концепция роя дронов – скоординированной группы беспилотников, способных действовать как единый интеллектуальный организм [1]. Данная технология, основанная на принципах коллективного поведения, заимствованных из природных систем, позволяет коренным образом преобразовать подход к организации поисково-спасательных операций на удалённых труднодоступных территориях.

Актуальность исследуемого в статье вопроса обусловлена ограниченностью традиционных методов поисковых и аварийно-спасательных работ, их малой эффективностью в труднодоступной местности. Одиночный дрон уже доказал свою полезность, однако настоящий прорыв заключается в использовании роя – скоординированной группы дронов, действующих как единый организм. Именно такой подход, позаимствованный у природных стай, способен стать ключевым фактором в спасении человеческих жизней в условиях чрезвычайных ситуаций, особенно в труднодоступной местности.

Представьте сценарий: после землетрясения или схода лавины обширная территория оказалась изолированной. Традиционные методы поиска требуют времени и сопряжены с риском для спасателей, а удаленные территории недоступны спасательной наземной технике. Рой дронов способен в кратчайшие сроки провести масштабное обследование местности, найти пострадавших и даже доставить им необходимые средства для выживания до подхода помощи. Это меняет саму парадигму спасения, делая ее более быстрой, эффективной и безопасной для самих спасателей. Данная статья направлена на изучение роевого интеллекта, как новой, высокоэффективной технологии для поисково-спасательных операций.

2. Анатомия спасательного роя: коллективный интеллект в действии

Принципы, лежащие в основе роя, повсеместно встречаются в природе: пчелиный рой, косяк рыб, стая птиц. Каждая отдельная особь действует по простым правилам, но вместе они образуют сложную и адаптивную систему, способную решать масштабные задачи. Их базовые принципы, такие, как децентрализация, стигмергия (косвенная координация через изменение среды) и самоорганизация, обеспечивают невероятную живучесть и эффективность. Эти же принципы заложены в основу интеллектуальной стаи спасательных БПЛА [2].

Однако представление о рое как просто о «группе дронов» ошибочно. Вся его мощь заключена в трех взаимосвязанных слоях: аппаратная часть, сетевая коммуникация и интеллектуальные алгоритмы.

Ключевая особенность эффективного спасательного роя – не однородность, а разнородность. Каждый тип беспилотника выполняет специализированную роль в общей миссии [2]:

Дрон-разведчик – аппарат малого размера с длительным временем полета. Оборудован мощными оптическими и тепловизионными камерами. Его задача — быстрое сканирование и картографирование территории в режиме реального времени, обнаружение пострадавших по тепловым сигнатурам даже под завалами или в условиях плохой видимости, а также оценка проходимости местности для наземных спасательных команд.

Дрон-снабженец – отличается повышенной грузоподъемностью и надежностью. Используется для точечной доставки критически важных грузов: аптечек первой помощи, медикаментов, бутылок с водой, энергетических батончиков, утепляющих одеял и даже простейших средств связи (раций). Он обеспечивает жизнеобеспечение пострадавших в первые, самые важные часы после ЧС.

Дрон-ретранслятор – выполняет роль летучего узла связи. Обеспечивает устойчивую бесперебойную связь внутри всей роевой группировки, а также между дронами и наземным штабом поисково-спасательных работ. Создает временные зоны покрытия сотовой связи и интернета в «мертвых» зонах, ретранслирует видео высокой четкости, значительно расширяя оперативный радиус действия разведчиков и снабженцев.

Дрон-координатор – как правило, более мощный аппарат с enhanced вычислительными ресурсами. Он не всегда присутствует в зоне прямой работы, но осуществляет централизованное управление: агрегирует данные со всех дронов, строит единую оперативную картину, динамически перераспределяет задачи и оптимизирует маршруты в реальном времени в ответ на меняющуюся обстановку.

Важнейшее свойство роя – устойчивость к потерям. Гибель даже 20-30% аппаратов не приводит к провалу миссии. Алгоритмы управления аппаратами мгновенно перестраивают маршруты и перераспределяют роли между оставшимися дронами, позволяя системе выполнять задачу до последнего доступного аппарата.

3. Технологическая основа интеллектуальной стаи

Для слаженной работы роя необходима надежная и помехозащищенная связь. Вместо уязвимой централизованной схемы, где все дроны подключаются к одному пункту управления, используется самоорганизующаяся ячеистая сеть [5]. В такой сети каждый дрон не только принимает и передаёт свои данные, но и выступает ретранслятором для других участников группы. Если один аппарат выходит из строя, сеть мгновенно перестраивает маршруты передачи информации в обход повреждённого узла, сохраняя общую связность. Для вывода из строя такой сети требуется вывести из строя значительную часть устройств одновременно, что делает её чрезвычайно устойчивой.

«Мозгом» роя является программное обеспечение, реализующее алгоритмы роевого интеллекта. Эти алгоритмы описывают простые правила поведения для каждого дрона: избегать столкновений, следовать общему направлению движения, поддерживать положение в группе [3]. Когда система обнаруживает пострадавшего, дроны автоматически определяют наилучшего исполнителя для задачи (например, доставки груза), исходя из своего местоположения, запаса энергии и типа полезной нагрузки. Наиболее подходящий аппарат получает задание без вмешательства оператора.

4. Сценарии применения в поисково-спасательных операциях

Применение роя дронов в ЧС можно разделить на несколько уровней [4]:

Тактический уровень: оперативное развертывание для обследования зоны бедствия, поиска очагов разрушений и пострадавших, наведения наземных групп по оптимальным маршрутам.

Оперативный уровень: комплексное ведение операции, когда разведчики, снабженцы и ретрансляторы работают в единой связке. Пока одни дроны ищут людей, другие доставляют им помощь, а третьи обеспечивают непрерывную связь и видеотрансляцию для штаба руководства работами.

Стратегический уровень: патрулирование обширных и удаленных территорий для мониторинга потенциально опасных зон, создание сети оперативного реагирования на уровне региона, интеграция данных от БПЛА в единую государственную систему управления кризисными ситуациями.

5. Выводы

Рой дронов – это технологический вызов, заставляющий пересмотреть устоявшиеся подходы к использованию беспилотной авиации. В контексте спасательных операций – это надежда. Надежда на то, что технологии коллективного интеллекта будут служить интересам спасения человеческих жизней, а эффективность роя определяется мощью алгоритма, способного координировать действия множества аппаратов, задействованных для этих целей.

Эффективность применения роя дронов в условиях ЧС заключается в значительном повышении оперативности, масштабируемости и живучести поисково-спасательных работ. Дроны способны выполнять широкий спектр задач: от оперативной разведки и картографирования зоны бедствия, поиска пострадавших по тепловым сигнатурам и визуальным признакам, до точечной доставки средств первой необходимости и организации устойчивых каналов связи.

Данные технологии наиболее целесообразно применять в условиях крупномасштабных и труднодоступных для человека и техники ЧС. К ним относятся:

- **Природные катастрофы:** последствия землетрясений, схода лавин и селей, масштабных наводнений и лесных пожаров, где доступ наземных команд затруднен или опасен.
- **Техногенные катастрофы:** обследование завалов после обрушений зданий, разведка в радиационно или химически загрязненных зонах.
- **Поиск людей в удаленной местности:** в горах, тайге, тундре, где традиционный поиск требует огромных временных и человеческих ресурсов.

Список литературы

1. Воронов А.С. Алгоритмы группового управления для мобильных роботов и БПЛА / А.С. Воронов, Е.Д. Колесников. – Новосибирск: Наука, 2021. – 194 с.
2. Гончаров, А.С. Применение беспилотных авиационных комплексов в целях ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций / А.С. Гончаров, К.В. Петров // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2022. – № 5. – С. 34-42.
3. Жуковин А.А. Роевой интеллект: теория и применение в распределенных системах управления / А.А. Жуковин. – М.: Техносфера, 2020. – 278 с.

4. Кондратьев В.В. Беспилотные авиационные системы: применение в поисково-спасательных операциях / В.В. Кондратьев, Е.Г. Сидоренко. – М.: Академия Гражданской Защиты, 2022. – 215 с.
5. Лебедев, А.В. Технологии mesh-сетей для организации связи в критических ситуациях / А.В. Лебедев // Труды института системного программирования РАН. – 2021. – Т. 33, № 4. – С. 127-140.

УДК: 693.61

EDN PVAYCZ

Специфика экспертной деятельности негосударственных экспертов в строительно-технической экспертизе

А.З. Абуханов, А.С. Успанова, Г.А. Галаев, М.М. Хамбиев*

ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, кафедра «ЭУНТГ», Россия, Грозный

*E-mail: aset0584@mail.ru

Аннотация. Строительно-техническая экспертиза занимает важнейшее место в экспертной деятельности, которая может вестись и негосударственными экспертами. Специфика их деятельности является актуальным вопросом, так как привлечение их для экспертизы в рамках исполнительного судопроизводства, судебной практики в последние годы существенно возросло.

Ключевые слова: экспертная деятельность, негосударственный эксперт, строительно-техническая экспертиза, специфика негосударственной экспертизы.

Specifics of expert activities of non-governmental experts in construction and technical expertise

A.Z. Abukhanov, A.S. Uspanova, G.A. Galaev, M.M. Khambiev*

GGNTU named after academician M.D. Millionshchikov, Russia, Grozny

*E-mail: aset0584@mail.ru

Abstract. Construction and technical expertise plays a crucial role in expert work, which can also be performed by non-governmental experts. The specifics of their work is a pressing issue, as their involvement in expert assessments within enforcement proceedings and judicial practice has increased significantly in recent years.

Keywords: expert activity, non-governmental expert, construction and technical expertise, specifics of non-governmental expertise.

1. Введение

Организация экспертной деятельности негосударственных экспертов (НЭ) зависит от организации, в которой они работают, вида проводимых экспертиз, установленного распорядка рабочего дня и занимаемой им должности [1-3]. В целом, НЭ может быть задействован для выполнения профессиональных задач при:

- организации непосредственно экспертной деятельности по проведению судебной экспертизы (согласно специализации) во всех регионах РФ;
- участие в судебных экспертизах всех видов судопроизводства;
- участие в качестве эксперта в установленных законом случаях, вплоть до возбуждения уголовного дела на основе предоставленных им сведений;
- контроль и организация ЭИ, в том числе за соблюдением требований нормативно-технической документации при проведении судебных экспертиз;
- организацию и обеспечение научного, методического, информационного, кадрового и иного сопровождения ЭИ;
- сотрудничество с другими организациями и ведомствами в области экспертизы, ведения документации и деловых переговоров (рисунок 1).

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Организация экспертной деятельности НЭ отличается большой мобильностью по сравнению с государственными экспертами, так как частные организации не отличаются большими коллективами за редким исключением, и согласование не занимает столько времени как в государственных учреждениях [4]. Также эксперт часто находится в командировках, на курсах повышения квалификации, семинарах и иных профессиональных мероприятиях, которые способствуют профессиональным достижения экспертов.

В целом, большинство негосударственные экспертные организации различных видов обычно формируются на основе:

- профильных научно-исследовательских институтов и центров, с соответствующей научно-технической базой и высококвалифицированными кадрами;
- учреждений и организаций, эксплуатирующих опасные и режимные производственные объекты закрытого типа;

- коммерческих предприятий, функционирующих как профильные экспертные организации;
- предприятий – изготовителей продукции соответствующего вида, по которой они и ведут экспертизу [5].

При этом негосударственных экспертов (НЭ) может выступать как полномочный специалист от своей организации в:

- подборе, профессиональной подготовке и переподготовке кадров, повышения квалификации судебных экспертов;
- в судопроизводстве по экспертизе по гражданским; уголовным, арбитражным делам и делам об административных правонарушениях;
- в информационном и научно-методическом обеспечении судебной экспертизы;
- в научных исследованиях в области судебной экспертизы по соответствующему профилю.

Организационные особенности деятельности негосударственных экспертов в современном судопроизводстве основаны на тех же принципах, что и общая организация труда на предприятиях, но с внесением специфики своей работы в данную систему [6-8]. Принцип симбиоза профессиональной эффективности, социальной ответственности, защиты экологической сферы при экономическом развитии организации (рисунок 1).

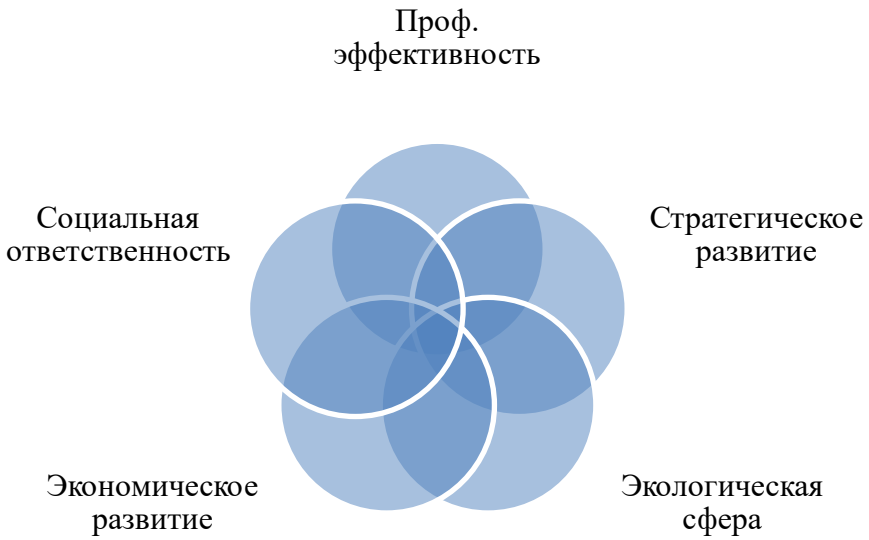


Рисунок 1. Организация труда в экспертной организации.

В организации труда НЭ имеет важное значение научная организация труда, так как на основе практического опыта экспертных исследований разрабатывается стратегия устойчивого развития. Стратегическое развитие негосударственной экспертной организации в свою очередь, базируется на балансе профессиональных, социальных, экономических и экологических аспектов, а продуманная научная организация труда НЭ вносит значительный вклад в каждую из этих данных областей [9-10].

3. Методы и материалы исследования

Для оценки устойчивого развития негосударственной экспертной организации предлагается применять различные показатели и индикаторы, позволяющие измерить и оценить уровень достижения поставленных целей перед НЭ и сопутствующих задач (таблица 1).

Для повышения эффективности работы НЭ предлагается сравнить индикаторы профессиональных, экономических и социальных блоков, которые выявляют наиболее уязвимые места в организации их труда и его общей эффективности.

Таблица 1. Показатели эффективности труда НЭ.

Профессиональный блок	**Социальный блок**	**Экономический блок**	**Экологический блок**
Количество прошедших положительную рецензию экспертиз	Уровень удовлетворенности сотрудников оплатой	Количество заключенных договоров	Количество случаев производственного травматизма
Плановые экспертизы	Уровень вовлеченности	Рентабельность	Потребление энергии оборудованием, количество вредных выбросов
Экспертизы нестандартных объектов	Уровень равенства и занятости	Инвестиции в инновации	Количество производственных отходов
Комплексные и много объектные экспертизы	Вовлеченность в рабочий процесс	Участие сотрудников в принятии решений	Эффективность использования рабочего времени
Судебные экспертизы	Формирование положительного имиджа организации	Стабильная заработная плата	Взаимоотношения с клиентами
Повышение квалификации	Вклад в личное развитие сотрудником	Продвижение бренда организации в СМИ и соцсетях	Соблюдение техники безопасности, экологических стандартов и норм

4. Полученные результаты

Сравнение показателей всех блоков, которыми характеризуется экспертная деятельность НЭ позволяет выявить наиболее сильные и слабые направления, которые нужно корректировать и усилить для соблюдения баланса и повышения общей эффективности экспертных исследований. Профессиональная деятельность НЭ также четко ограничена нормами законодательства, профессиональной этики и норм охраны труда в производстве, которые также должны соблюдаться [11].

Таким образом, организационные особенности деятельности негосударственных экспертов в современном судопроизводстве во многом зависят как от организации труда как на самой НЭО, так и специфики проводимых организацией экспертных исследований.

5. Выводы

В целом, специфика экспертной деятельности негосударственных экспертов в строительно-технической экспертизе имеет свои особенности, которые представляют научный интерес и практическую значимость, особенно ее влияние на показатели эффективности труда НЭ, организация труда НЭ и их совокупное влияние на качество проводимых экспертных исследований.

Список литературы

1. Аверьянова Т.В. Судебная экспертиза. Курс общей теории. / Т.В. Аверьянова. – М.: Юридическая литература, 2006. – 480 с.
2. Бутырин, А.Ю. Судебная строительно-техническая экспертиза и государственный строительный надзор: общие черты, различия и основы для взаимодействия / А.Ю. Бутырин, Е.Б. Статива, А.Р. Чудиёвич // Теория и практика судебной экспертизы. – 2013. – № 2 (30). – С. 13-21.
3. Присс, О.Г. Судебная строительная экспертиза в Российской Федерации / О.Г. Присс, С.В. Овчинникова // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 3.
4. Присс О.Г. Современное состояние строительной судебной экспертизы в РФ / О.Г. Присс, Ю.В. Галашев // Современная техника и технологии: исследования, разработки и их использование в комплексной подготовке специалистов. – Невинномысск: ГАОУ ВПО «НГГТИ», 2013. – С. 143-146.

5. Абуханов, А.З. Роль судебного эксперта-строителя в строительно-технической экспертизе / А.З. Абуханов, А.С. Успанова, А.Х. Байсангуров // Проблемы научной мысли. – 2023. – Т. 2, № 6. – С. 136-141.
6. Успанова, А.С. Вопросы подготовки экспертов-строителей / А.С. Успанова, Б.З. Энгеноев, М. М. Олигова [и др.] // Научно-исследовательские публикации. – 2022. – № 2. – С. 29- 32.
7. Успанова, А. С. Формирование стоимости жилой недвижимости в условиях Чеченской Республики / А. С. Успанова, В. Х. Хадисов, З. М. Асхабова // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2020. – Т. 16, № 2(20). – С. 72-79.
8. Успанова, А. С. Вопросы формирования компетенций экспертов-строителей и их применение при проведении судебной строительно-технической экспертизы (ССТЭ) / А. С. Успанова, А. З. Абуханов // Развитие общества и науки в современных условиях. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2022. – С. 126-147.
9. Абуханов, А.З. Проблемы экспертной деятельности в современной строительно-технической экспертизе / А. З. Абуханов, А. С. Успанова, М. С. А. Солтохмадов [и др.] // Миллионщиков-2024 : Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (В рамках реализации программы развития передовой инженерной школы "РосГеоТех"), Грозный, 30 мая 2024 года. – Грозный: Грозненский государственный нефтяной технический университет им. М.Д. Миллионщикова, 2024. – С. 125-127.
10. Внуков В.И., Зайцева Е.А. Независимая экспертиза в уголовном судопроизводстве России. – Волгоград.: ВА МВД России, 2008. – С. 64-66.
11. Жижина, М.В. Оценка достоверности заключения эксперта как доказательства в арбитражном судопроизводстве: проблемы и пути преодоления / М.В. Жижина // Право и экономика. – 2009. – № 3. – С. 20-24.

УДК 625.14:681.518.5

EDN EUJUXC

Цифровой двойник железнодорожного пути: актуальность, проблемы внедрения и перспективы развития

Д.А. Пятков*

Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», ул. Академгородок, 50, г. Красноярск, 660036, Россия

*E-mail: d.pyatkov@list.ru

Аннотация. В условиях интенсификации перевозочного процесса и ужесточения требований к безопасности на железнодорожном транспорте, ключевой задачей становится повышение эффективности и превентивности технического обслуживания инфраструктуры. Решению данной задачи способствует внедрение концепции цифрового двойника железнодорожного пути. Данная технология подразумевает создание динамической виртуальной модели, которая с высокой точностью воспроизводит состояние физического объекта, синхронизируясь с ним в режиме, близком к реальному времени. Такой подход открывает новые перспективы для оптимизации методологии диагностики, планирования ремонтов и частичной автоматизации управленческих процессов. В статье исследуется концепция цифрового двойника как ключевого элемента цифровой трансформации инфраструктуры железнодорожного транспорта. Проведен анализ актуальности внедрения данной технологии для перехода от планово-предупредительного к прогнозно-превентивному обслуживанию железнодорожного пути. Систематизированы основные технологические и организационно-экономические проблемы, возникающие на этапе развертывания системы. Сформулированы перспективные направления развития цифровых двойников, включая интеграцию с технологиями искусственного интеллекта и созданием единого цифрового контура управления инфраструктурой.

Ключевые слова: цифровой двойник, железнодорожный путь, техническое обслуживание, автоматизация производственных процессов, системный анализ.

The digital twin of the railway track: relevance, problems of implementation and development prospects

D. A. Pyatkov*

Federal Research Center "Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Akademgorodok St., 50, Krasnoyarsk, 660036, Russia

*E-mail: d.pyatkov@list.ru

Abstract. In the context of the intensification of the transportation process and stricter safety requirements in railway transport, the key task is to increase the efficiency and preventive maintenance of infrastructure. The implementation of the concept of the digital twin of the railway track contributes to the solution of this problem. This technology involves the creation of a dynamic virtual model that reproduces the state of a physical object with high accuracy, synchronizing with it in a mode close to real time. This approach opens up new perspectives for optimizing diagnostic methodology, repair planning, and partial automation of management processes. The article explores the concept of a digital twin as a key element of the digital transformation of railway transport infrastructure. The analysis of the relevance of the introduction of this technology for the transition from planned preventive to predictive preventive maintenance is carried out. The main technological, organizational and economic problems that arise at the stage of system deployment are systematized. Promising directions for the development of digital twins have been formulated, including integration with artificial intelligence technologies and the creation of a single digital infrastructure management circuit.

Keywords: digital twin, railway track, maintenance, automation of production processes, system analysis.

1. Введение

Современные вызовы, связанные с интенсификацией перевозок [1], повышением скоростей движения и требований к безопасности, обуславливают необходимость пересмотра традиционных подходов к управлению инфраструктурой железнодорожного транспорта в виде управления техническим состоянием железнодорожного пути. Существующая система планово-предупредительных ремонтов, основанная на нормативных сроках службы, зачастую не учитывает реальное техническое состояние объектов, что приводит либо к неоправданным затратам, либо к рискам внезапных отказов.

В этом контексте концепция «цифрового двойника» (Digital Twin) возникает как парадигмальная технология для создания киберфизических систем нового поколения. Цифровой двойник железнодорожного пути представляет собой динамическую виртуальную модель, которая на основе непрерывного потока данных с сенсоров и датчиков воспроизводит состояние, поведение и траекторию «старения» физического объекта в режиме, близком к реальному времени. Это позволяет перейти от плано-предупредутельного обслуживания к прогнозно-оптимизационной модели.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Целью исследования является комплексный анализ концепции цифрового двойника железнодорожного пути, выявление системных проблем его внедрения и формирование научно обоснованного видения перспектив его развития.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- Оценить актуальность и сформулировать ключевые преимущества внедрения цифрового двойника для управления состоянием железнодорожного пути;
- Проанализировать архитектурные решения и идентифицировать критические технологические и организационно-экономические барьеры на пути внедрения технологии;
- Разработать классификацию и дать оценку перспективным направлениям развития цифровых двойников, включая интеграцию с передовыми вычислительными технологиями;
- Обобщить потенциальные эффекты от внедрения и сформулировать рекомендации для дальнейших исследований.

3. Методы и материалы исследования

Исследование базировалось на применении комплекса общенаучных и специальных методов:

- Системный анализ: позволил рассмотреть цифровой двойник как сложную киберфизическую систему, выявить взаимосвязи между ее компонентами и внешней средой;
- Сравнительный анализ: был применен для сопоставления различных архитектурных решений, платформ для построения цифровых двойников и подходов к интеграции данных;
- Аналитический обзор научной литературы: изучены материалы международных научных конференций, публикации в рецензируемых журналах (входящих в Scopus и Web of Science), а также техническая документация ведущих производителей решений для цифрового моделирования;
- Качественный анализ: проанализированы отчеты о пилотных внедрениях цифровых двойников в железнодорожной отрасли, включая проекты компаний Network Rail (Великобритания) [2] и Deutsche Bahn (Германия) [3-4], для выявления реальных проблем и достигнутых результатов.

Материалами для исследования послужили научные публикации, отраслевые стандарты, отчеты по проектам внедрения.

4. Полученные результаты

Актуальность и ключевые преимущества внедрения цифрового двойника [5] для управления состоянием железнодорожного пути представлены в таблице 1.

Таблица 1. Актуальность и преимущества цифрового двойника железнодорожного пути.

Критерий оценки	Характеристики и показатели
АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ	
Эксплуатационные нагрузки	• Увеличение грузоподъемности и скорости • Рост интенсивности движения • Повышенные требования к безопасности
Ограничения традиционных систем	• Реактивный характер обслуживания • Высокие затраты на плановые ремонты • Субъективность оценки остаточного ресурса
Цифровая трансформация	• Необходимость перехода к предиктивной аналитике

Критерий оценки	Характеристики и показатели
	• Оптимизация ресурсных затрат • Повышение прозрачности управления
КЛЮЧЕВЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА	
Прогнозно-превентивное обслуживание	• Прогнозирование деградации элементов пути • Своевременное планирование ремонтов • Предотвращение внезапных отказов
Оптимизация ресурсов	• Снижение затрат на содержание пути • Увеличение межремонтных сроков
Повышение безопасности	• Непрерывный мониторинг критических параметров • Раннее обнаружение опасных тенденций • Снижение риска отказов железнодорожного пути
Инструмент поддержки решений	• Моделирование последствий эксплуатационных решений • Оценка эффективности новых технологий • Обоснование инвестиций в модернизацию

Анализируя таблицу 1, можно сделать вывод о том, что внедрение цифрового двойника железнодорожного пути обеспечивает переход от планово-предупредительного к прогнозно-оптимизационному управлению, что дает значительный экономический эффект при одновременном повышении уровня безопасности движения поездов.

Анализ архитектурных решений и барьеров внедрения цифрового двойника [6] железнодорожного пути представлен в таблице 2.

Таблица 2. Анализ архитектурных решений и барьеров внедрения цифрового двойника железнодорожного пути.

Аспект анализа	Ключевые характеристики	Критические барьеры
АРХИТЕКТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ		
Сенсорный уровень	• Распределенная сеть датчиков (тензометрические, акселерометры, фиброоптические) • Системы технического зрения (видеокамеры, лазерные сканеры) • Интеграция с диагностическими комплексами	• Высокая стоимость оборудования и его монтажа • Сложности обеспечения энергоснабжения удаленных датчиков • Необходимость калибровки и обслуживания измерительных систем
Уровень передачи данных	• IIoT-шлюзы и телекоммуникационные модули • Беспроводные технологии (LPWAN, 5G, спутниковые каналы) • Промышленные протоколы обмена данными	• Недостаточное покрытие сетями связи на удаленных участках • Проблемы синхронизации гетерогенных данных

Аспект анализа	Ключевые характеристики	Критические барьеры
		• Задержки передачи в режиме реального времени
Вычислительный уровень	• Платформы для построения цифровых двойников • Аналитическое ядро • Системы хранения и обработки больших данных	• Высокие требования к вычислительным ресурсам • Сложность интеграции с существующими ИТ-системами • Необходимость разработки специализированных алгоритмов
ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ		
Технологические барьеры	• Гетерогенность данных от разных систем диагностики • Отсутствие единых стандартов обмена данными • Сложность верификации и валидации моделей	• Несовместимость форматов данных от разных производителей • Отсутствие отраслевых онтологий • Высокая сложность создания адекватных физико-математических моделей
Экономические барьеры	• Высокие капитальные затраты на внедрение • Длительный срок окупаемости • Необходимость параллельного содержания традиционных систем	• Значительные первоначальные инвестиции (сенсоры, ПО, инфраструктура) • Сложность оценки экономического эффекта • Необходимость обучения персонала
Организационные барьеры	• Недостаток квалифицированных специалистов [7-9] • Сопротивление персонала изменениям • Необходимость реорганизации бизнес-процессов	• Дефицит кадров на стыке железнодорожного дела и цифровизации • Консерватизм организационной культуры • Отсутствие готовности к работе с данными как активом

Анализируя таблицу 1, можно сделать вывод о том, что успешное внедрение цифрового двойника требует комплексного подхода, включающего не только технологические решения, но и преодоление организационно-экономических барьеров через развитие стандартов, подготовку кадров и поэтапную реализацию цифровых проектов как в направлении железнодорожного пути, так и в будущем других частей инфраструктуры.

Классификация и оценка перспективных направлений развития цифровых двойников железнодорожного пути представлена в таблице 3.

Таблица 3. Классификация и оценка перспективных направлений развития цифровых двойников железнодорожного пути.

Уровень развития	Направление развития	Ключевые технологии	Оценка перспективности
Эволюционный	Углубление интеграции ИИ и ML	• Машинное обучение для прогнозирования износа • Нейросетевые модели диагностики • Алгоритмы компьютерного зрения	Высокая - технологии доступны и демонстрируют впечатлительные результаты в цифровых проектах
Интеграционный	Создание экосистемы взаимосвязанных двойников	• Цифровые двойники подвижного состава • Интеграция с системами энергоснабжения • Единое цифровое пространство инфраструктуры	Высокая - необходимость сквозной оптимизации логистических цепочек
Революционный	Развитие когнитивных цифровых двойников	• Системы автономного принятия решений • Самообучающиеся модели • Generative AI для сценариев развития	Средняя - требует прорывов в области ИИ и изменения нормативной базы
Технологический	Развитие передовых технологий	• Обработка данных на периферии • Распределенные вычислительные системы • Когнитивные вычисления	Высокая - позволяет снизить задержку и нагрузку на каналы связи
Экономический	Цифровые тени (Digital Shadow)	• Упрощенные модели для существующей инфраструктуры • Поэтапное внедрение • Вероятностное моделирование	Очень высокая – снижает порог входа и позволяет демонстрировать быстрый ROI
Архитектурный	Децентрализованные системы	• Блокчейн для учета обслуживания • Смарт-контракты	Средняя – требует развития стандартов и

Уровень развития	Направление развития	Ключевые технологии	Оценка перспективности
		для планирования ремонтов • P2P сети обмена данными	изменения подходов к управлению данными

Критерии оценки перспективности:

- Технологическая готовность – наличие прототипов и пилотных решений;
- Экономическая эффективность – возможность демонстрации быстрой окупаемости;
- Масштабируемость – применимость для различных участков инфраструктуры;
- Интеграционный потенциал – возможность взаимодействия с существующими системами.

Вывод: Наибольший практический потенциал в краткосрочной перспективе имеют направления, связанные с развитием "цифровых теней" и углублением интеграции ИИ, тогда как когнитивные и децентрализованные системы требуют дополнительных исследований и развития нормативной базы.

Потенциальные эффекты и рекомендации по развитию цифровых двойников железнодорожного пути представлены в таблице 4.

Таблица 4. Потенциальные эффекты и рекомендации по развитию цифровых двойников железнодорожного пути.

Сфера воздействия	Потенциальные эффекты от внедрения	Рекомендации для дальнейших исследований
Технико-эксплуатационная	• Снижение количества внеплановых ремонтов • Увеличение межремонтных сроков • Повышение точности диагностики	• Разработка стандартизированных протоколов интеграции данных от разнородных систем мониторинга • Исследование методов автоматической верификации и калибровки цифровых моделей
Экономическая	• Сокращение затрат на содержание пути • Уменьшение потерь от простоев • Оптимизация запасов материалов	• Разработка методик оценки экономической эффективности внедрения цифровых двойников • Анализ различных моделей финансирования
Безопасность	• Снижение риска отказов железнодорожного пути • Упреждающее выявление потенциальных дефектов • Повышение устойчивости	• Исследование методов прогнозирования каскадных отказов • Разработка алгоритмов оценки остаточного ресурса критических элементов

Сфера воздействия	Потенциальные эффекты от внедрения	Рекомендации для дальнейших исследований
	пути к экстремальным нагрузкам	
Организационно-управленческая	• Сокращение времени принятия решений • Повышение обоснованности планов ремонтов • Автоматизация рутинных операций	• Исследование организационных моделей взаимодействия подразделений при использовании цифровых двойников • Разработка систем KPI для оценки эффективности управления на основе данных
Научно-техническая	• Создание цифровой базы знаний о поведении пути • Возможность тестирования новых решений в виртуальной среде • Накопление данных для моделей	• Разработка онтологий и стандартов обмена данными в отрасли • Исследование методов создания адаптивных самообучающихся моделей

Ключевые рекомендации по приоритетным направлениям исследований:

1. Методологические:

- Разработка единой системы классификации и кодирования данных о состоянии пути;
- Создание методик валидации цифровых двойников для различных типов инфраструктуры.

2. Технологические:

- Исследование применения квантовых вычислений для оптимизации моделей;
- Разработка «легких-моделей» для участков с ограниченной телекоммуникационной инфраструктурой.

3. Организационные:

- Формирование требований к компетенциям персонала для работы с цифровыми двойниками.
- Разработка нормативной базы для использования данных цифровых двойников при принятии решений.

Вывод: Реализация потенциала цифровых двойников требует системного подхода, сочетающего технологические инновации с организационными изменениями и развитием нормативной базы.

5. Выводы

Проведенное исследование демонстрирует, что цифровой двойник железнодорожного пути представляет собой не просто технологическую инновацию, а стратегический инструмент кардинальной трансформации системы управления части транспортной инфраструктуры. Анализ подтвердил исключительную актуальность внедрения данной технологии в условиях возрастающих эксплуатационных нагрузок и необходимости перехода от планово-предупредительной к прогнозно-оптимизационной модели обслуживания.

Ключевым выводом является системный характер преимуществ внедрения: от экономического эффекта (снижение затрат и увеличение межремонтных сроков) до кардинального повышения безопасности (снижение риска отказов и упреждающее выявление дефектов). При этом архитектурные решения требуют комплексного подхода, объединяющего сенсорные сети, телекоммуникационные системы и аналитическое ядро с интегрированными алгоритмами ИИ.

Критическими барьерами массового внедрения выступают не столько технологические проблемы, сколько организационно-экономические факторы: высокая капиталоемкость, недостаток отраслевых специалистов и необходимость глубокой реорганизации процессов. Перспективы развития лежат в плоскости эволюции от "цифровых теней" к когнитивным системам, способным к автономному принятию решений.

Рекомендации для дальнейших исследований сконцентрированы на решении трех ключевых задач: разработке стандартизированных протоколов интеграции гетерогенных данных, создании методик экономического обоснования внедрения и формировании нормативной базы для использования цифровых двойников в операционном управлении. Успешная реализация этих направлений определит конкурентоспособность железнодорожной отрасли на десятилетия вперед, обеспечивая синергетический эффект между технологической модернизацией и устойчивым развитием транспортной системы.

Список литературы

1. Воронин, В.А. Современные технологические и инновационные решения, направленные на увеличение пропускных и провозных способностей железнодорожных направлений / В.А. Воронин, П.В. Куренков, И.А. Солоп, Е.А. Чеботарева // ИТСТ. – 2021. – № 2. – С. 16-29. doi.org/10.17816/transsyst20217216-29. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n

/sovremennye-tehnologicheskie-i-innovatsionnye-resheniya-napravlennye-na-uvelichenie-propusknyh-i-provoznyh-sposobnostey (дата обращения: 28.10.2025).

2. Networkrail: сайт. – URL: https://www.networkrail.co.uk/our-work/digital-railway/benefits-for-britain/ (дата обращения: 28.10.2025).
3. Nvidia: сайт. – URL: https://blogs.nvidia.com/blog/deutsche-bahn-railway-system-digital-twin/ (дата обращения: 28.10.2025).
4. Digitale Schiene: сайт. – URL: https://digitale-schiene-deutschland.de/de/technologien#its (дата обращения: 28.10.2025).
5. Грузд, Д. Е. Цифровые двойники на железнодорожном транспорте / Д.Е. Грузд // Вопросы права. – 2024. – № 2. – С. 143-144. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-na-zheleznodorozhnom-transporte (дата обращения: 27.10.2025).
6. Суслов, О.А. Перспективные подходы к прогнозному моделированию деградационных процессов элементов верхнего строения пути и их применение при создании цифровых двойников / О.А. Суслов, В.И. Федорова // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2021. – 80(5). – С. 251-259. – https://doi.org/10.21780/2223-9731-2021-80-5-251-259.
7. Абросимова, О.М. Основания модели развития цифровых компетенций персонала сферы промышленности в условиях формирования технологической безопасности / О.М. Абросимова // Вестник ЧелГУ. – 2024. – № 10(492). – С. 92-103. – https://doi.org/10.47475/1994-2796-2024-492-10-92-103. – URL: ttps://cyberleninka.ru/article/n/osnovaniya-modeli-razvitiya-tsifrovyh-kompetentsiy-personala-sfery-promyshlennosti-v-usloviyah-formirovaniya-tehnologicheskoy (дата обращения: 19.10.2025).
8. Полянская, В.А. Современная модель цифровых компетенций сотрудников промышленных предприятий / В.А. Полянская, В.П. Кузнецов // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2023. – № 4 (72). – С. 63-71. – https://doi.org/10.52452/18115942_2023_4_63. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennaya-model-tsifrovyh-kompetentsiy-sotrudnikov-promyshlennyh-predpriyatiy (дата обращения: 19.10.2025).
9. Римская, О.Н. Стратегия цифровой трансформации: цифровые компетенции инженера железнодорожного транспорта / О.Н. Римская, А.А. Пархаев, Н.А. Хомова // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2022. – 13(3). – С. 199-209. – https://doi.org/10.17747/2618-947X-2022-3-199-209.

УДК 622.271:550.8
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.2008

EDN IKDBHQ

Оценка влияния взрывов на устойчивость откосов и выбор безопасного расстояния

У.Ф. Насиров[1], Ш.Ш. Хайруллоев[1], Д.А. Хидиров[2], У.М. Исмайилов[3]

[1]Алмалыкский филиала НИТУ МИСИС, 110100, Алмалык, Республика Узбекистан
[2]АО НГМК Рудник «Мурунтау», Республика Узбекистан
[3]Нукусский государственный технический университет, Нукус, Республика Узбекистан

*E-mail: shaxzodxayrulloyev@gmail.com

Аннотация. Буровзрывные работы (БВР) являются основным способом разрушения скальных пород в условиях глубоких карьеров и подземных выработок. Однако их проведение сопровождается распространением сейсмических колебаний, которые могут оказывать разрушительное воздействие на борта карьеров, инженерные сооружения и производственные объекты. В этих условиях особое значение приобретает оптимизация безопасного расстояния — величины, определяющей минимальную дистанцию от места взрыва до охраняемых объектов, при которой исключается их повреждение. Современные исследования в области сейсмобезопасности БВР направлены на совершенствование методик расчёта безопасных расстояний, учёт геомеханических и сейсмологических факторов, а также разработку способов снижения интенсивности взрывных волн.

Ключевые слова: буровзрывные работы, сейсмическое воздействие, безопасное расстояние, оптимизация параметров взрыва, сейсмомониторинг.

Assessment of the impact of blasting on slope stability and selection of the safe distance

U.F. Nasirov[1], Sh.Sh. Khayrulloev[1], D. A.Khidirov[2], U.M. Ismayilov[3]

[1]Almalyk Branch of the National University of Science and Technology "MISIS", 110100, Almalyk, Republic of Uzbekistan
[2]Muruntau Mine, Navoi Mining and Metallurgical Combine (NMMC), Republic of Uzbekistan
[3]Nukus State Technical University, Nukus, Republic of Uzbekistan

*E-mail: shaxzodxayrulloyev@gmail.com

Abstract. Blasting operations (BO) are the main method of rock fragmentation in deep open pits and underground workings. However, their implementation is accompanied by the propagation of seismic vibrations, which can have a destructive impact on pit slopes, engineering structures, and industrial facilities. Under such conditions, the optimization of the safe distance becomes especially important — this parameter determines the minimum distance from the blast site to protected objects at which damage is excluded. Modern research in the field of blast-induced seismic safety focuses on improving methods for calculating safe distances, taking into account geomechanical and seismological factors, as well as developing approaches to reduce the intensity of blast-generated seismic waves.

Keywords: blasting operations, seismic impact, safe distance, optimization of blast parameters, seismic monitoring.

1. Введение

Буровзрывные работы (БВР) являются основным способом разрушения скальных пород в условиях глубоких карьеров и подземных выработок. Однако их проведение сопровождается распространением сейсмических колебаний, которые могут оказывать разрушительное воздействие на борта карьеров, инженерные сооружения и производственные объекты. В этих условиях особое значение приобретает оптимизация безопасного расстояния — величины, определяющей минимальную дистанцию от места взрыва до охраняемых объектов, при которой исключается их повреждение. Современные исследования в области сейсмобезопасности БВР направлены на совершенствование методик расчёта безопасных расстояний, учёт геомеханических и сейсмологических факторов, а также разработку способов снижения интенсивности взрывных волн.

Система мониторинга включает сеть сейсмических станций, размещённых в пределах карьера и на прилегающей территории. Приборная база, как правило, состоит из сейсмоприёмников, регистрирующих вибрации с высоким временным разрешением. Ведение мониторинга предполагает:

- выбор оптимальных мест установки приборов с учётом геологического строения массива и направленности возможных волн;
- калибровку и синхронизацию работы аппаратуры;
- автоматическую и экспертную обработку сейсмограмм;
- построение сейсмических карт и разрезов, отражающих динамику процессов.

Особое внимание уделяется регистрации техногенных сейсмических событий, связанных с проведением массовых взрывов. Определение предельных безопасных значений вибраций позволяет минимизировать риск нарушения устойчивости откосов и возникновения аварийных ситуаций.

2. Практическое значение

Результаты сейсмического мониторинга используются для:

- корректировки параметров буровзрывных работ;
- оценки устойчивости откосов и бортов карьера;
- прогнозирования деформационных процессов в массиве горных пород;
- повышения уровня промышленной безопасности и охраны труда.

Наличие комплексной системы мониторинга обеспечивает не только снижение риска чрезвычайных ситуаций, но и служит важным источником научных данных о взаимодействии техногенных и природных геодинамических процессов.

Сейсмический мониторинг в зоне карьера является важнейшим инструментом управления рисками в горнодобывающей промышленности. Его систематическое ведение позволяет контролировать воздействие взрывных работ, обеспечивать устойчивость откосов, защищать инфраструктуру и население от возможных негативных последствий [1].

2.1. Обзор методов расчёта безопасного расстояния

Традиционно расчёт безопасного расстояния основывался на эмпирических зависимостях, предложенных М.А. Садовским, где скорость колебаний грунта определяется через приведённое расстояние и массу заряда. Распространение получили модифицированные формулы вида:

$$r_c = k_r \cdot k_c \cdot \alpha \cdot \sqrt[3]{Q} \quad (1)$$

где r_c – безопасное расстояние, Q – масса заряда, коэффициенты k_r ,k_c,α учитывают свойства массива, тип сооружений и условия инициирования.

С развитием короткозамедленного взрывания (КЗВ) появились уточнённые методики, позволяющие учитывать число групп замедления. Применение КЗВ снижает интенсивность колебаний за счёт интерференции волн и уменьшает расчетное безопасное расстояние. В то же время увеличение количества ступеней замедления может приводить к росту общей продолжительности взрыва и усилению сейсмического воздействия.

Современные подходы используют динамические параметры колебаний – скорость смещения, ускорение и амплитуду. Наибольшее распространение получила векторная скорость частиц, так как она тесно коррелирует с повреждениями сооружений. Дополнительно применяются энергетические критерии, основанные на вычислении плотности сейсмической энергии [2].

3. Теоретические основы оптимизации

Оптимизация безопасного расстояния предполагает сочетание трёх направлений:

3.1. Учёт геомеханических условий массива

Слоистость, трещиноватость и анизотропия горных пород изменяют характер затухания волн. Для карьеров с различным литологическим строением требуется калибровка эмпирических коэффициентов.

3.2. Применение различных систем инициирования

Использование неэлектрических систем (НСИ) типа «Искра», «СИНВ», «Nonel» позволяет гибко регулировать интервалы замедлений. Однако значительный разброс фактических времён срабатывания детонаторов приводит к неопределённости в формировании фронта взрыва, что отражается на сейсмическом эффекте

3.3. Энергетическая оптимизация заряда

Подбор типа и массы ВВ, а также диаметра скважин влияет на распределение энергии между дроблением массива и генерацией сейсмоволн. Так, уменьшение диаметра зарядов повышает эффективность дробления и снижает амплитуду сейсмических колебаний [3].

Исследования показали необходимость оптимизации параметров сетки бурения и замедлений для уменьшения зоны сейсмического влияния.

- При бурении сеткой 6,5×6,5 м и применении замедлений 67-109 мс удалось достичь снижения амплитуды вибраций на 20-30 % по сравнению с классическими схемами.
- Эксперименты показали, что при увеличении массы заряда в скважине выше 700-800 кг резко возрастает коэффициент сейсмической опасности. Поэтому оптимальным признано ограничение массы заряда при сохранении общего объёма взрываемой горной массы за счёт увеличения числа скважин [4].

Использование игданита вместо аммонита №6ЖВ позволило перераспределить энергию в сторону фугасного действия, снизив ударный импульс и уменьшив сейсмическое воздействие [5].

4.Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ различных методик показал, что оптимизация безопасного расстояния должна базироваться не только на эмпирических формулах, но и на данных натурных наблюдений сейсмических эффектов. Основными факторами, влияющими на величину безопасного расстояния, являются:

- масса и диаметр заряда;
- интервал замедлений;
- физико-механические свойства пород;
- выбор системы инициирования.

5. Выводы

Оптимизация безопасного расстояния при проведении БВР представляет собой многопараметрическую задачу, включающую подбор рациональных схем инициирования, ограничение массы одиночных зарядов, выбор интервалов замедлений и учёт геомеханических условий массива.

Список литературы

1. Насиров, У.Ф. Управление параметрами энергии взрыва для обеспечения интенсивного дробления горных пород на карьерах / У.Ф. Назиров [и др.] // Горные науки и технологии. – 2022. – Т. 7. – №. 2. – С. 137-149.
2. Богацкий В.Ф. Охрана инженерных сооружений и окружающей среды от вредного действий промышленных взрывов / В.Ф. Богацкий, А.Г. Фридман. – М.: «НЕДРА», 1982. – С. 20-46.
3. Александров П. А. Сейсмическое воздействие взрывов при ведении горных работ / П.А. Александров. – М.: Недра, 1989. – 240 с.
4. Глухов В. М. Устойчивость откосов и бортов карьеров / В.М. Глухов, С.Н. Иванов. – М.: Горная книга, 2014. – 312 с.
5. Трофимов, В. Т. Оценка сейсмических эффектов взрывных работ в горнодобывающей промышленности / В.Т. Трофимов, В.И. Чернов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 8. – С. 97-103.

УДК 004.057

EDN BPCYJG

К вопросу анализа информационной надежности технологии Smart Dust

Д.И. Ковалев[1,2*], Е.В. Туева[1], П.К. Зайцев[3]

[1]Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия
[2]Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Ташкент, Узбекистан
[3]Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

[*]E-mail: kovalev.fsu@mail.ru

Аннотация. В статье представлен теоретический подход к анализу информационной надежности технологии Smart Dust, представляющей собой сеть микросенсорных узлов, способных автономно собирать, обрабатывать и передавать данные об окружающей среде при мониторинге промышленных и природных объектов. Основное внимание уделяется вопросам структурной организации, энергетических ограничений, влияния внешних помех и вероятностных факторов отказа. Проводится системный обзор методов анализа информационной надежности. Предложен интегрированный алгоритм повышения надежности, включающий идентификацию факторов риска, моделирование архитектуры, адаптивные протоколы, коррекцию ошибок, системный мониторинг и динамическую оптимизацию параметров сети. Полученные результаты могут быть использованы для создания устойчивых и энергосберегающих распределённых микроинформационных систем Smart Dust в прикладных задачах мониторинга, диагностики и управления, где критически важны точность и непрерывность передачи данных.

Ключевые слова: информационная надежность, Smart Dust, сенсорная сеть, математическое моделирование, адаптивные протоколы.

On the analysis of the information reliability of Smart Dust technology

D.I. Kovalev[1,2*], E.V. Tueva[1], P.K. Zaitsev[3]

[1]Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia
[2]National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers", Tashkent, Uzbekistan
[3]Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

[*]E-mail: kovalev.fsu@mail.ru

Abstract. This paper presents a theoretical approach for analyzing the information reliability of Smart Dust technology, a network of microsensor nodes capable of autonomous collection, processing, and transmission of environmental data. Special attention is paid to aspects of structural organization, energy constraints, external interference, and probabilistic failure factors. The study provides a systematic overview of reliability assessment methods, including probability theory, information theory, mathematical modeling, and network protocol analysis. An integrated algorithm is proposed to improve reliability, encompassing risk identification, network architecture modeling, adaptive routing protocols, error correction, system monitoring, and dynamic optimization of network parameters. The results can be applied to create robust and energy-efficient distributed micro-information systems for Smart Dust in practical tasks of monitoring, diagnostics, and control, where accuracy and continuity of data transmission are critically important.

Keywords: information reliability, Smart Dust, sensor network, mathematical modeling, adaptive protocols.

1. Введение

Технология Smart Dust (умная пыль) представляет собой совокупность миниатюрных сенсорных узлов, обладающих возможностями автономного сбора, обработки и передачи данных о состоянии окружающей среды [1-3]. Эти микроскопические устройства, оснащенные датчиками, микропроцессорами и средствами беспроводной связи, формируют распределенную сеть, функционирующую на принципах самоорганизации и энергоэффективности. Благодаря этим особенностям Smart Dust находит применение в широком спектре областей, таких как мониторинг промышленных и природных объектов [4, 5], в системах безопасности [6, 7], умного сельского хозяйства [8-10].

Одним из ключевых аспектов успешного функционирования таких систем является обеспечение информационной надежности, понимаемой как способность поддерживать достоверность, устойчивость и непрерывность передачи данных в условиях внешних помех, ограниченных энергетических ресурсов и высокой плотности узлов сети. Возрастающая сложность архитектуры Smart Dust, а также значительное влияние внешних факторов требуют разработки новых методов анализа и оценки надежности информационных процессов, происходящих внутри распределенной сети микросенсоров.

В последние годы особое внимание уделяется вопросам повышения точности обмена данными и минимизации потерь информации, возникающих при передаче сигналов между узлами. Исследования показывают, что даже незначительные отклонения в параметрах связи могут существенно снизить качество принимаемых данных и общую устойчивость сети. В этой связи актуальным становится проведение системного анализа факторов, определяющих информационную надежность технологии Smart Dust, с учетом особенностей её структурной организации, энергетических ограничений и вероятностного характера внешних воздействий.

Целью работы является обоснование методического подхода к анализу и повышению информационной надежности технологий Smart Dust, что позволит сформировать основу для дальнейшего совершенствования алгоритмов передачи, обработки и защиты данных в распределенных микроинформационных системах.

2. Материалы и методы

В работе используется теоретический подход к анализу информационной надежности технологии Smart Dust, основой которого служит математическое моделирование и системный анализ [11]. Аналитические модели распределённых сенсорных сетей описывают структуру и

принципы функционирования технологии Smart Dust [12]. Ряд авторов основное внимание уделяет моделированию процессов передачи данных с учётом ограничений энергопотребления, влияния помех и вероятностных характеристик отказов узлов сети [13-15]. Результаты данных исследований способствуют пониманию закономерностей и ограничений технологии Smart Dust и служат основой для последующей разработки эффективных алгоритмов повышения её информационной надежности.

Концепция зародилась в лабораториях Беркли в конце 1990-х годов, где исследователь Кристофер Пистер ввел данный термин и сформулировал базовые определения. Современные «умные пылинки» размером с кубический миллиметр включают в себя интегральные схемы, радиочастотную связь и маломощные датчики, позволяющие осуществлять мониторинг температуры, звука, влажности, вибрации, химических элементов и многое другое. Взаимодействуя друг с другом, они образуют рой, который способен непрерывно предоставлять ценную информацию в режиме реального времени.

3. Результаты и обсуждение

Теоретический анализ применения различных методов позволяет исследовать основные факторы, определяющие информационную надёжность технологии Smart Dust в распределённых сенсорных сетях. В частности, использование методов теории вероятностей позволяет количественно оценить вероятность отказа отдельных узлов сети и среднее время безотказной работы всей системы [16]. Математическое моделирование показывает, что снижение остаточной ёмкости батареи отдельных сенсоров и увеличение интенсивности внешних помех приводит к экспоненциальному росту вероятности потерь данных и сокращению сроков функционирования сети без сбоев [17]. Это подтверждает важность оптимального управления энергетическими ресурсами и адаптивных механизмов самоорганизации в Smart Dust.

Анализ на основе теории информации показывает, что интеграция средств коррекции ошибок и избыточного кодирования значительно уменьшает уровень искажений и невосстановимых потерь информации при передаче по ненадёжным радиоканалам. Рассмотрение различных сетевых протоколов позволяет выявить критическую зависимость общей надёжности сети от типа алгоритма маршрутизации: алгоритмы, учитывающие энергопотребление и динамику топологии, обеспечивают более высокую устойчивость при массовых отказах [18].

Статистический анализ результатов теоретических моделей подтверждает наличие закономерностей в поведении системы Smart Dust при разных сценариях эксплуатации. Например, наиболее уязвимыми оказываются узлы, находящиеся на границе сети и выполняющие функции ретрансляции, что требует применения специализированных алгоритмов балансировки нагрузки.

Системный анализ позволяет сделать вывод о том, что повышение информационной надёжности Smart Dust возможно путём комплексирования различных подходов: совместного моделирования параметров среды, внедрения адаптивных протоколов связи, а также активного мониторинга состояния элементов сети в реальном времени. Разработанные методы и выявленные закономерности могут быть использованы для построения новых энергосберегающих и устойчивых микроинформационных систем для применения в сложных и критически важных условиях.

Таблица 1 обобщает методы анализа информационной надежности технологии Smart Dust и включает краткое описание и характеристики рассмотренных методов.

Таблица 1. Методы анализа информационной надежности технологии Smart Dust.

Метод анализа	**Краткое описание**	**Основные характеристики**	**Применимость**
Теория вероятностей	Моделирование отказов и сбоев с помощью вероятностных моделей	Оценка вероятности отказа узлов, времени безотказной работы	Анализ надежности компонентов сети
Теория информации	Анализ потерь, искажений и пропускной способности каналов связи	Оценка степени сохранности и целостности передаваемых данных	Оценка качества передачи данных
Математическое моделирование	Имитация работы сети с учётом ограничений энергопотребления и помех	Анализ влияния параметров сети и условий эксплуатации	Прогнозирование устойчивости сети
Анализ сетевых протоколов	Исследование алгоритмов маршрутизации и коррекции ошибок	Оценка эффективности протоколов поддержки надежности	Оптимизация обмена данными
Статистический анализ	Обработка экспериментальных и синтетических данных	Поиск закономерностей и выявление аномалий	Верификация моделей и методов
Системный анализ	Комплексное рассмотрение взаимосвязи элементов технологии	Выявление причин сбоев и факторов снижения надежности	Разработка комплексных решений

Выполненный анализ позволяет сформировать обобщённый алгоритм повышения информационной надежности технологии Smart Dust, включающий следующие шаги:

1. Идентификация факторов риска:
- Оценить вероятностные параметры отказа узлов, основные источники внешних помех, слабые места протоколов передачи данных и энергетические ограничения.
2. Моделирование архитектуры сети:
- Построить математическую модель Smart Dust с учетом структуры сети, энергопотребления, протоколов связи, уровней помех и вероятности отказов.
3. Разработка адаптивных сетевых протоколов:
- Имплементировать алгоритмы маршрутизации, которые учитывают текущий статус узлов, оптимизацию энергопотребления и возможности динамического изменения топологии сети.
4. Внедрение коррекции ошибок и избыточного кодирования:
- Использовать методы теории информации для минимизации потерь и искажений данных, внедрять избыточное кодирование и алгоритмы автоматического восстановления информации.
5. Интеграция системного мониторинга сети:
- Реализовать регулярный мониторинг состояния сенсорных узлов, выявление перегруженных и уязвимых элементов, раннее обнаружение аномалий и автоматическое восстановление связности.
6. Статистическое и вероятностное тестирование алгоритмов:
- Оценивать эффективность внедрённых методов с помощью модельных сценариев, проводить количественный анализ устойчивости сети к сбоям и перегрузкам.
7. Динамическая оптимизация параметров системы:
- Обеспечить автоматическую настройку параметров сети (например, радиуса действия и энергопотребления) в зависимости от текущих условий эксплуатации и статистической информации.

Таким образом, данный алгоритм предусматривает последовательное и интегрированное применение теоретических методов для комплексного повышения надёжности Smart Dust в реальных условиях эксплуатации.

4. Заключение

Представленный анализ информационной надежности технологии Smart Dust показал, что устойчивость распределённых микросенсорных сетей определяется совместным влиянием отказоустойчивости узлов, помехоустойчивости каналов, энергоограничений и свойств протоколов связи, а следовательно, требует системной, многоуровневой стратегии обеспечения целостности и достоверности данных на всём пути их движения от сенсора до потребителя информации. На уровне компонентной и узловой надежности важную роль играют вероятностные модели отказов и деградации, позволяющие количественно оценивать среднее время безотказной работы и вероятность критических событий, что согласуется с современными обзорами по надежности мобильных беспроводных сенсорных сетей (Wireless Sensor Network – WSN) и их таксономии факторов отказов [19-21]. На уровне канала и взаимодействия применение методов теории информации (коррекция ошибок, избыточное кодирование, адаптивные схемы модуляции) существенно снижает невосстановимые потери, повышая достоверность при низкоэнергетических и зашумлённых радиосоединениях, что отмечается в исследованиях по повышению надёжности WSN посредством кодирования. На сетевом уровне адаптивная маршрутизация с учётом энергетики и динамики топологии повышает устойчивость при групповых сбоях, а протокольные стеки класса Time-Slotted/Deterministic Networking (по линии OpenWSN/Smart Dust) показывают потенциал для детерминированной доставки в условиях ограниченных ресурсов. Интеграция системного мониторинга и статистического анализа аномалий обеспечивает раннее обнаружение деградации и активное поддержание связности, что соответствует трендам, выделяемым в обзорах по надёжности сенсорных сетей.

Оценка результатов, отражённых в таблице 1, указывает на необходимость комбинирования пяти взаимодополняющих методов. При этом на каждом уровне следует опираться на формальные модели и данные экспериментов. Это позволяет согласовать противоречивые требования к энергоэффективности и качеству связи, что критично для роев микромодулей, изначально ограниченных по вычислительным и энергетическим ресурсам, что отражается в работах об эволюции Smart Dust.

Предложенный обобщенный алгоритм задаёт воспроизводимую последовательность проектных шагов, которая может служить методической основой для инженерной доводки решений Smart Dust в прикладных задачах, связанных с экологическим и химическим

мониторингом, промышленной диагностикой и пространственно-временным картированием, где требования к надёжности и качеству данных особенно высоки.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-11-20040, https://rscf.ru/project/25-11-20040/», гранта Красноярского краевого фонда науки.

Список литературы

1. Römer K. Tracking Real-World Phenomena with Smart Dust // Wireless Sensor Networks / H. Karl, A. Wolisz, A. Willig (eds.) – Berlin; Heidelberg: Springer, 2004. – (Lecture Notes in Computer Science; vol 2920). – P. 155–172. – doi.org/10.1007/978-3-540-24606-0_3.
2. Nwazor N., Horsfall O. Smart Dust Technologies // The Journal of Scientific and Engineering Research. – 2022. – Vol. 9, no. 9. – P. 109–115.
3. Tripathi A.K., Aruna M., Parida S. et al. Integrated smart dust monitoring and prediction system for surface mine sites using IoT and machine learning techniques // Scientific Reports. – 2024. – Vol. 14. – Article no. 7587. – doi.org/10.1038/s41598-024-58021-x.
4. Ковалев Д., Мансурова Т., Тынченко Я. К вопросу выбора операционной системы реального времени для аппаратно-программной поддержки систем производственно-экологического мониторинга // Современные инновации, системы и технологии. – 2021. – Т. 1, № 2. – С. 46–63. – doi.org/10.47813/2782-2818-2021-1-2-46-63.
5. Михайлов И. Р., Абрамов Н. А., Долматов С. Н. Методы дистанционного зондирования земли в лесной промышленности // Современные инновации, системы и технологии. – 2023. – Т. 3, № 3. – С. 0301–0310. – doi.org/10.47813/2782-2818-2023-3-3-0301-0310.
6. Использование метода роя частиц для формирования состава мультиверсионного программного обеспечения / И. В. Ковалев, Е. В. Соловьев, Д. И. Ковалев [и др.] // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2013. – № 3. – С. 1–6. – EDN TLFCSJ.
7. Оценка надежности АСУ с блокирующими модулями защиты / И. В. Ковалев, П. А. Кузнецов, П. В. Зеленков [и др.] // Приборы. – 2013. – № 6(156). – С. 20–23. – EDN QYWUTD.
8. Cost-effectiveness analysis of the implementation of transport and technological cycles in the swarm use of agricultural UAVs / I. Kovalev, D. Kovalev, K. Astanakulov et al. // E3S Web of

Conferences. – 2024. – Vol. 471. – P. 04017. – doi.org/10.1051/e3sconf/202447104017. – EDN LGAJJO.

9. Digitalization of UAV transport and technological cycles in smart agriculture / I. Kovalev, D. Kovalev, K. Astanakulov et al. // E3S Web of Conferences: VIII International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023), Krasnoyarsk, 29–31 марта 2023 г. – EDP Sciences, 2023. – Vol. 390. – P. 03014. – doi.org/10.1051/e3sconf/202339003014. – EDN MPXPRL.
10. Conceptual basis for digitalization of specifications of transport and technological cycles of agricultural UAVs / I. Kovalev, D. Kovalev, K. Astanakulov et al. // E3S Web of Conferences: II International Conference on Environmental Technologies and Engineering for Sustainable Development (ETESD-II 2023), Tashkent, 13–15 сентября 2023 г. – EDP Sciences, 2023. – Vol. 443. – P. 06014. – doi.org/10.1051/e3sconf/202344306014. – EDN QEBFFO.
11. Kovalev I., Kovalev D., Voroshilova A., Grace A. Analysis of Communication Technologies for Synthesizing Model Abstraction of the Smart Dust Objects // Hybrid Methods for Modeling and Optimizing Complex Systems / P.S. Stanimirović, S.D. Mourtas, J.K. Sahoo (eds.). – Cham: Springer, 2025. – (Lecture Notes in Networks and Systems; vol 1481). – P. 207–221. – doi.org/10.1007/978-3-031-95649-2_14.
12. Ilyas M., Mahgoub I. Smart Dust: Sensor Network Applications, Architecture and Design. – Boca Raton: CRC Press, 2018. – 348 p. – doi.org/10.1201/9781420003062.
13. К вопросу формирования блочномодульной структуры системы управления беспилотных летательных объектов / И. В. Ковалев, В. В. Лосев, М. В. Сарамуд [и др.] // Современные инновации, системы и технологии. – 2021. – Т. 1, № 3. – С. 54–71. – doi.org/10.47813/2782-2818-2021-1-3-48-64. – EDN ECMMWF.
14. The concept of creation of information system for environmental monitoring based on modern GIS-technologies and earth remote sensing data / Y. P. Yuronen, E. A. Yuronen, V. V. Ivanov et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Scientific and Research Conference on Topical Issues in Aeronautics and Astronautics (Dedicated to the 55th Anniversary from the Foundation of SibSAU), Krasnoyarsk, 06–10 апреля 2015 г. – Institute of Physics Publishing, 2015. – Vol. 94. – P. 012023. – doi.org/10.1088/1757-899X/94/1/012023. – EDN VALBXD.
15. Карцан И. Н. Параметры программного обеспечения, оказывающие влияние на надежность обработки телеметрической информации // Современные инновации, системы

и технологии. – 2023. – Т. 3, № 4. – С. 0322–0331. – doi.org/10.47813/2782-2818-2023-3-4-0322-0331.

16. Ковалев И. В. Анализ проблем в области исследования надежности программного обеспечения: многоэтапность и архитектурный аспект // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. М. Ф. Решетнева. – 2014. – № 3(55). – С. 78–92. – EDN SZDNFP.
17. Ковалев И., Сарамуд М., Лосев В., Колташев А. Метод и инструментарий верификации кроссплатформенного бортового программного обеспечения // Современные инновации, системы и технологии. – 2021. – Т. 1, № 2. – С. 22–33. – doi.org/10.47813/2782-2818-2021-1-2-22-33.
18. Aileni R.M., Suciu G., Serrano M., Maheswar R., Valderrama Sakuyama C.A., Pasca S. The Perspective of Smart Dust Mesh Based on IoEE for Safety and Security in the Smart Cities // Integration of WSN and IoT for Smart Cities / S. Rani, R. Maheswar, G. Kanagachidambaresan, P. Jayarajan (eds.). – Cham: Springer, 2020. – (EAI/Springer innovations in communication and computing). – P. 223–240. – doi.org/10.1007/978-3-030-38516-3_9.
19. Abdurohman M. Improving Reliability of Wireless Sensor Network (WSN) Using Network Coding Multipath Routing // ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications. – 2017. – Vol. 8, no. 3. – P. 121–126. – doi.org/10.21512/comtech.v8i3.3876.
20. Yue Y.-G., He P. A comprehensive survey on the reliability of mobile wireless sensor networks: Taxonomy, challenges, and future directions // Information Fusion. – 2018. – Vol. 44. – P. 188–204. – doi.org/10.1016/j.inffus.2018.03.005.
21. Heidari A., Amiri Z., Jabraeil Jamali M. A., Jafari N. Assessment of reliability and availability of wireless sensor networks in industrial applications by considering permanent faults // Concurrency and Computation: Practice and Experience. – 2024. – Vol. 36, Issue 27. – P. e8252. – doi.org/10.1002/cpe.8252.

VI Всероссийская (национальная) научная конференция: «Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий» (НТО-VI-2025)

17 (2025)

УДК 621-039-542

EDN RWWXZT

Программная система распознавания дорожной информации с поступающего видеопотока (видеокамеры, лидар) и построения траектории движения беспилотного транспортного средства

В.В. Кривец

Сибирский федеральный университет, пр. Академика Киренского, 26, Красноярск, 660074, Россия

*E-mail: krivets.valerii@yandex.ru

Аннотация. В статье представлен обзор современных подходов к созданию программных систем, выполняющих распознавание дорожной информации на основе видеопотоков и данных лидаров, а также построению траекторий движения беспилотных транспортных средств (БТС). Проанализированы ключевые направления исследований: методы детекции и сегментации с использованием сверточных нейронных сетей, обработка облаков точек лидаров (PointNet, PointPillars), мультимодальная сенсорная фьюжн, алгоритмы локализации и картографирования (SLAM, LOAM), модели предсказания траекторий на основе RNN/Transformer и методы планирования/отслеживания траектории (MPC, RRT*, Frenet-планы). Проведено сопоставление достоинств и ограничений подходов в контексте устойчивости в неблагоприятных условиях, вычислительной эффективности и применимости в российских условиях. На основании критического анализа сформулированы основные пробелы: недостаточная робастность при сложной погоде, проблемы синхронизации и калибровки мультисенсорных систем, ограниченность локальных датасетов и необходимость интеграции вероятностных предсказаний в планировщик. Предложены направления дальнейших исследований по разработке энергоэффективной мультисенсорной архитектуры и гибридных методов планирования. (Ключевые слова: автономное вождение, лидар, видеопоток, распознавание объектов, предсказание траекторий, MPC).

Ключевые слова: автономное вождение, лидар, видеопоток, распознавание дорожной информации, предсказание траекторий, планирование.

Software system for recognizing road information from the incoming video stream (cameras, lidar) and building the trajectory of an unmanned vehicle

V.V. Krivets

Siberian Federal University, 26 Akademika Kirenskogo Avenue, Krasnoyarsk, 660074, Russia

*E-mail: krivets.valerii@yandex.ru

Abstract. The article provides an overview of modern approaches to creating software systems that perform road information recognition based on video streams and lidar data, as well as building trajectories for unmanned vehicles (UVs). The key research areas have been analyzed: detection and segmentation methods using convolutional neural networks, processing of lidar point clouds (PointNet, PointPillars), multimodal sensor fusion, localization and mapping algorithms (SLAM, LOAM), RNN/Transformer-based trajectory prediction models, and trajectory planning/tracking methods (MPC, RRT*, Frenet plans). The advantages and limitations of the approaches have been compared in terms of their sustainability in adverse conditions, computational efficiency, and applicability in Russian conditions. Based on a critical analysis, the main gaps have been identified: insufficient robustness in challenging weather conditions, synchronization and calibration issues for multi-sensor systems.

Keywords: autonomous driving, lidar, video stream, road information recognition, trajectory prediction, and planning.

1. Введение

Развитие беспилотных транспортных средств (БТС) предъявляет жёсткие требования к подсистемам восприятия окружающей среды и планирования движения. Задача распознавания дорожной информации включает детекцию и классификацию участников движения, распознавание дорожных знаков и разметки, оценку препятствий и построение локальной карты сцены. Для её решения обычно используются комбинации видеокамер и лидаров: видеопоток обеспечивает богатые визуальные признаки (цвет, текстура), лидар — точную трёхмерную геометрию и расстояния до объектов. Последующий этап — предсказание поведения участников и генерация управляемых, динамически достижимых траекторий — критически важен для безопасности и эффективности. Цель данного обзора — критически проанализировать современную литературу по распознаванию дорожной информации и планированию траектории для БТС, выявить основные методологические подходы, преимущества и ограничения, а также наметить направления для дальнейших исследований.

2. Методология обзора

Анализ проведён на основании избранного набора работ, включающего российские исследования по распознаванию дорожных знаков и траекторному планированию [1–8] и ключевые международные публикации и бенчмарки по мультисенсорным датасетам, обработке облаков точек и методам планирования/управления [9–17]. В обзоре сопоставляются методики обработки данных камер и лидаров, подходы к фьюжну, алгоритмы предсказания траекторий и планы их трекинга.

3. Критический анализ источников

3.1. Обнаружение и распознавание объектов (видео)

Современные методы детекции объектов на изображениях базируются на архитектурах сверточных нейросетей (Faster R-CNN, YOLO, SSD) и усовершенствованных сегментаторах (DeepLab, U-Net-производные). Российские работы, посвящённые распознаванию дорожных знаков и разметки, подчёркивают необходимость учета локальных особенностей (вариации знаков, повреждения, загрязнения) и отмечают преимущества мультикадровых подходов (stability via tracking) для повышения надёжности при неблагоприятных условиях [2–5].

Ключевое ограничение камер — уязвимость к плохой видимости и освещению; современные нейросети частично компенсируют это за счёт обучения на разнообразных датасетах и методов аугментации.

3.2. Обработка данных лидара

Для облаков точек разработаны специализированные энкодеры: PointNet/PointNet++ подходят для «сырых» облаков, тогда как архитектуры типа PointPillars обеспечивают компромисс между скоростью и точностью и широко используются в практике 3D-детекции в реальном времени [12]. LOAM и его вариации демонстрируют высокую точность лидарной одометрии и картографии, однако чувствительны к плотности и шумам облака точек [11].

3.3. Мультимодальный фьюжн (камера + лидар)

Существует несколько уровней слияния: ранний (raw data fusion), промежуточный (feature fusion) и поздний (decision fusion). Mid-level fusion часто демонстрирует лучшее соотношение точности и устойчивости, объединяя геометрические признаки лидаров и текстурно-семантические признаки изображений [9]. Однако практические проблемы включают синхронизацию, калибровку и несоответствие разрешений/частот сенсоров.

3.4. Локализация и картография (SLAM)

Визуальные SLAM-алгоритмы (ORB-SLAM) хорошо работают при достаточной текстурности сцены; лидарные SLAM (LOAM) — при наличии стабильных геометрических контуров. Гибридные схемы (visual-LiDAR SLAM) повышают устойчивость, но усложняют обработку и требуют аккуратной калибровки и выравнивания временных меток [11].

3.5. Предсказание траекторий и планирование

Предсказания основаны на временных моделях (LSTM, GRU) и трансформерах, а также на графовых нейросетях, учитывающих взаимодействия между участниками и карту сцены. Современные работы подчёркивают мульти-модальность будущих траекторий и необходимость представления альтернативных сценариев с вероятностями [13]. Для планирования применяются как эвристические (Frenet, RRT*), так и оптимизационные (MPC) методы; MPC предоставляет формальное учёт динамических ограничений, но требует точной модели и существенных вычислительных ресурсов [14,16].

4. Сравнение подходов и их применимость

Точность vs скорость. Камерные нейросети дают высокую семантическую информативность, но камеры хуже определяют расстояния; лидар обеспечивает точную геометрию, но требует специализированной обработки. Архитектуры вроде PointPillars позволяют выполнять 3D-детекцию в реальном времени, тогда как «сырые» PointNet++ часто медленнее [12].

Устойчивость к погоде. Лидарные методы более стойки к плохому освещению, но лидар также подвержен негативному влиянию дождя/снега. Комбинация сенсоров с адаптивным весовым фьюжном повышает надёжность [9,11].

Планирование с учётом неопределённости. Методы, генерирующие несколько вероятностных траекторий, требуют интеграции с планировщиком, способным работать с распределением будущих состояний — это остаётся открытой практической задачей [13].

Российские особенности. Много работ отечественных авторов посвящено распознаванию локальных знаков и адаптации моделей к российским дорогам и разметке; однако отсутствуют крупные публичные российские мультисенсорные датасеты, что ограничивает прямую переносимость зарубежных моделей [1–6].

5. Пробелы в исследованиях и проблемные места

На основе анализа выделяются основные незакрытые вопросы:

- Отсутствие стандартизованных локальных датасетов с синхронизированными видео- и лидара-потоками и богатой семантической разметкой российского типа дорожных условий.
- Робастность систем в экстремальных погодных и дорожных ситуациях (гололёд, снегопад, сильный дождь, запылённость).
- Интеграция вероятностных предсказаний в планирование: большинство планировщиков рассчитаны на детерминированную модель — требуется формализация работы с распределениями будущих траекторий.
- Вычислительная эффективность: необходимость оптимизированных архитектур для встраиваемых платформ с ограниченными ресурсами.
- Калибровка и синхронизация мультисенсорных систем в полевых условиях.

6. Проблемно-ориентированные подходы

Разработка отечественного мультисенсорного датасета (видео + лидар + IMU + GPS) с разметкой, учитывающей локальные особенности разметки и знаков.

Исследование гибридных архитектур фьюжна (mid-level), адаптирующих веса сенсоров в зависимости от условий видимости (weather-aware fusion).

Интеграция вероятностных предсказаний (multi-modal trajectory distributions) с планировщиками на базе MPC и стохастической оптимизации.

Оптимизация моделей для встраиваемых платформ: квантование, знание-дистилляция, архитектуры с малой задержкой (latency).

Онлайн-калибровка сенсоров и методы самовосстановления калибровки при тряске/смещении сенсоров.

7. Заключение

Анализ литературы показывает, что современная экосистема методов для распознавания дорожной информации и построения траекторий для БТС стала многообразной: от классических SLAM/LOAM до глубоких нейросетей для детекции и предсказания. Эффективная система требует многомодального подхода и грамотной интеграции модулей восприятия и планирования. Главные вызовы — устойчивость к реальным погодно-дорожным условиям, дефицит локальных данных и необходимость учитывать неопределённость в процессе планирования. Решение этих задач потребует совместных усилий в сборе данных, разработке адаптивных фьюжн-архитектур и создании вычислительно эффективных стохастических планировщиков, пригодных для реальной эксплуатации беспилотных систем.

Список литературы

1. Егунов В. А. Построение программной траектории движения беспилотного наземного транспортного средства // CyberLeninka, 2019. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-programmnoy-traektorii-dvizheniya-bespilotnogo-nazemnogo-transportnogo-sredstva (дата обращения: 26.10.2025).

2. Гильманов Т. А. Система распознавания дорожных знаков // Science Time, 2014. № 2. С. 25–30. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-raspoznavaniya-dorozhnyh-znakov-1 (дата обращения: 26.10.2025).
3. Стахеева А. С., Иванова В. В. Современные методы распознавания дорожных знаков на основе нейронных сетей // Вестник НГТУ, 2023. № 4. С. 45–54. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metody-raspoznavaniya-dorozhnyh-znakov-na-osnove-neyronnyh-setey (дата обращения: 26.10.2025).
4. Шульга А. С., Литвиненко К. П. Обнаружение и классификация дорожных знаков на видеопотоке // Молодежь и наука, 2024. № 5. С. 112–118. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/obnaruzhenie-i-klassifikatsiya-dorozhnyh-znakov-na-videopoto (дата обращения: 28.10.2025).
5. Якимов А. П., Сидоров И. В. Алгоритмы распознавания дорожных знаков российского образца // Вестник Астраханского государственного технического университета, 2015. № 3. С. 60–66. URL: https://vestnik.astu.org/ru/nauka/article/82550/view (дата обращения: 28.10.2025).
6. Фадеев А. И. Теоретически обоснованный и практически апробированный алгоритм расчёта фактической траектории движения транспортных средств. Автореф. дис. … канд. техн. наук. Иркутск: ИрГТУ, 2018. 23 с. URL: https://www.istu.edu/upload/iblock/122/Fadeev-AI-_-Avtoreferat.pdf (дата обращения: 29.10.2025).
7. Методика управления движением транспортного средства на поверхности планеты на основе интеллектуального анализа текущих параметров движения. Диссертация. Москва, 2016. URL: https://www.dissercat.com/content/metodika-upravleniya-dvizheniem-transportnogo-sredstva-na-poverkhnosti-planety-na-osnove-int (дата обращения: 29.10.2025).
8. Разработка и исследование методов и алгоритмов адаптивного планирования манёвров беспилотного транспортного средства. Диссертация. СПб., 2017. URL: https://www.dissercat.com/content/razrabotka-i-issledovanie-metodov-i-algoritmov-adaptivnogo-planirovaniya-manevrov-bespilotno (дата обращения: 29.10.2025).
9. Caesar H., Bankiti V., Lang A., Vora S., Liong V. E., Xu Q., Krishnan A., Pan Y., Baldan G., Beijbom O. nuScenes: A multimodal dataset for autonomous driving // Proceedings of

IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2020. P. 11621–11631. URL: https://arxiv.org/abs/1903.11027 (дата обращения: 30.10.2025).

10. Geiger A., Lenz P., Urtasun R. Are we ready for autonomous driving? The KITTI vision benchmark suite // Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2012. P. 3354–3361. URL: https://www.cvlibs.net/datasets/kitti (дата обращения: 30.10.2025).
11. Zhang J., Singh S. LOAM: Lidar Odometry and Mapping in Real-time // Robotics: Science and Systems Conference. 2014. P. 1–9. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/6856483 (дата обращения: 01.11.2025).
12. Lang A. H., Vora S., Caesar H., Zhou L., Yang J., Beijbom O. PointPillars: Fast encoders for object detection from point clouds // Proceedings of IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2019. P. 12689–12697. URL: https://arxiv.org/abs/1812.05784 (дата обращения: 01.11.2025).
13. Madjid A., Chen Y., Gupta R. Trajectory Prediction for Autonomous Driving: Progress, Limitations, and Future Directions // arXiv preprint. 2025. URL: https://arxiv.org/abs/2503.03262 (дата обращения: 02.11.2025).
14. Huang C., Li B., Kishida M. Model predictive approach to integrated path planning and tracking for autonomous vehicles // arXiv preprint. 2019. URL: https://arxiv.org/abs/1905.03444 (дата обращения: 02.11.2025).
15. Тисецкий А. Т. Анализ моделей для обработки изображений при реализации системы обнаружения объектов на железнодорожной полосе // Современные инновации, системы и технологии – Modern Innovations, Systems and Technologies. 2021. Т. 1, № 1. С. 43–51. DOI: 10.47813/2782-2818-2021-1-1-43-51.
16. Subosits J. K., Gerdes J. C. From the racetrack to the road: Real-time trajectory replanning for autonomous driving // Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium. 2020. P. 186–192. URL: https://ddl.stanford.edu/publications/racetrack-road-replanning (дата обращения: 02.11.2025).
17. Хроль Е. В., Шаронова К. С. Распознавание изображений с помощью искусственного интеллекта // Современные инновации, системы и технологии. 2023. Т. 3, № 4. С. 0311–0321. DOI: 10.47813/2782-2818-2023-3-4-0311-0321.

УДК 621-039-542

EDN ACOXMY

Имитационное моделирование распределенных вычислительных систем

С.С. Чивчян

Сибирский федеральный университет, пр. Свободный, 79, Красноярск, 660041, Россия

E-mail: chivchyanst@gmail.com

Аннотация. Стремительных рост сложных систем, используемых в облачных вычислениях, системах искусственного интеллекта и больших данных подталкивает на применение имитационного моделирования для исследования поведения системы в различных сценариях, а также для того, чтобы минимизировать риски при внедрении новых технологий и оптимизации ресурсов. Целью статьи является исследование современных подходов к подобным платформам, их роли в анализе и оптимизации сложных вычислительных архитектур. Работа направлена на обзор существующих исследований и инструментов, применяемых для моделирования процессов в РВС. Данная статься может способствовать разработке новых систем имитационного моделирования облачных вычислений, а также может быть полезной для ознакомления с основами распределенных вычислительных систем и их моделирования.

Ключевые слова: имитационное моделирование, распределенные вычислительные сети, облачные вычисления, оптимизация распределения задач.

Simulation modeling of distributed computing systems

S.S. Chivchyan

Siberian Federal University, 79 Svobodny pr., Krasnoyarsk, 660041, Russia

E-mail: chivchyanst@gmail.com

Abstract. The rapid growth of complex systems used in cloud computing, artificial intelligence, and big data drives the use of simulation modeling to study system behavior in various scenarios, as well as to minimize risks when implementing new technologies and optimizing resources. This article aims to explore modern approaches to such platforms and their role in the analysis and optimization of complex computing architectures. It also aims to review existing research and tools used to model processes in distributed computing systems. This article can contribute to the development of new cloud computing simulation systems and may also be useful for familiarizing oneself with the fundamentals of distributed computing systems and their modeling.

Keywords: simulation modeling, distributed computing networks, cloud computing, task distribution optimization.

1. Введение

Распределенные вычислительные системы (РВС) представляют собой основу современной цифровой инфраструктуры. Они обеспечивают работу облачных сервисов, систем анализа данных, платформ искусственного интеллекта. Сложность таких систем обусловлена их масштабируемостью, высокой степенью параллелизма и необходимостью эффективного управления ресурсами. Также современные технологии требуют больших вычислительных мощностей, из-за чего растет количество дата-центров, которые влекут затраты электроэнергии и ресурсов.

Для того, чтобы не использовать лишние ресурсы и уменьшить риск возникновения потенциальных узких мест в системе используется имитационное моделирование. Данный метод позволяет создавать экспериментальные сценарии без непосредственного вмешательства в реальную инфраструктуру. Разнообразие существующих решений и методов порождает необходимость их анализа, чтобы выбрать подходящие средства и предложить концепцию, учитывающую современные потребности.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Целью исследования является ознакомление с распределенными вычислительными системами и анализ современных программных средств для имитационного моделирования распределенных вычислительных систем.

Задачи исследования:

- провести анализ библиографических источников и предметной области;
- выполнить обзор наиболее актуальных средств имитационного моделирования облачных систем и исследований по оптимизации распределения задач.

3. Методы и материалы исследования

3.1. Анализ библиографических источников и предметной области

Имитационное моделирование распределенных вычислительных систем является одной из ключевых технологий для исследования, проектирования и оптимизации современных вычислительных инфраструктур.

Распределенные вычислительные системы представляют из себя совокупность вычислительных ресурсов, работающих в едином окружении для выполнения общих задач. Их отличительными чертами является:

- возможность адаптации системы под растущие нагрузки;
- выполнение операций на разных узлах, что требует эффективного планирования и взаимодействия (отсюда порождаются множество исследований по разработке моделей, методов и алгоритмов для оптимизации распределения задач);
- обеспечение надежности в условиях выхода из строя отдельных компонентов;
- использование различных типов оборудования и архитектур.

РВС находят применение в широком спектре областей: от обработки больших данных до управления облачными и граничными вычислениями.

Облачные вычисления можно определить как «тип параллельной и распределенной системы, состоящей из набора взаимосвязанных и виртуализированных компьютеров, которые динамически предоставляются и представляются как один или несколько унифицированных вычислительных ресурсов на основе соглашений об уровне обслуживания, заключенных путем переговоров между поставщиком услуг и потребителями» [1].

Лесли Лэмпорт (американский ученый в области информатики, первый лауреат премии Дейкстры и разработчик LaTeX [2]) в одном из своих интервью дал следующее определение: «распределенным системам – это система, в которой ваш компьютер может стать бесполезным из-за отказа компьютера, о существовании которого вы даже не знали» [3]. Из-за этого, чтобы предоставить максимально надежный опыт использования для конечного потребителя, необходимо тщательно тестировать новые технологии в подобных системах.

3.2. Имитационное моделирование

Имитационное моделирование используется для исследования поведения РВС без необходимости развертывания реальной инфраструктуры. Это важно для:

- предсказания производительности системы при изменении параметров;
- тестирования и оптимизации алгоритмов распределения задач;
- анализа отказоустойчивости и масштабируемости.

В статьях [4-6] приведена подробная классификация с описанием области применения средств имитационного моделирования. Выделяют два класса имитационного моделирования:

- системы общего назначения;

- узкоспециализированные системы.

Системы общего назначения обладают высокой гибкостью и позволяют моделировать практически любую предметную область, но требуют значительной квалификации от разработчика из-за их сложности. В отличие от них, узкоспециализированные системы адаптированы для конкретных классов задач, что делает их более доступными для изучения и применения. Такие системы обычно снабжены интуитивно понятным интерфейсом, ориентированным на специалистов в соответствующей области, что способствует ускорению разработки моделей.

С точки зрения сфер применения выделяются системы [4], используемые для бизнес-аналитики, моделирования компьютерных сетей, производственных процессов и непосредственно распределенных вычислительных систем. Каждая из этих категорий обладает уникальными особенностями, отражающими специфику предметной области.

Кроме того, имитационное моделирование классифицируется на три основных подхода [7]:

- Дискретно-событийное моделирование: фокусируется на изменении состояний системы в конкретные моменты времени, что делает его идеальным для анализа производственных, логистических и медицинских процессов.
- Системная динамика: ориентирована на изучение поведения динамических систем с обратными связями, включая их взаимодействие с окружающей средой. Этот метод полезен для анализа систем с нелинейной и переменной структурой.
- Агентное моделирование: исследует поведение децентрализованных систем, состоящих из агентов – объектов, обладающих автономным поведением и способностью взаимодействовать друг с другом. Данный подход позволяет изучать влияние индивидуальных действий на поведение системы в целом.

В статье [8] описана распределенная сервис-ориентированная среда для моделирования систем массового обслуживания на базе виртуализированных ресурсов Иркутского суперкомпьютерного центра. Подчеркнута важность высокоуровневого интерфейса для удобства пользователей и дальнейших исследований в области автоматизации анализа результатов моделирования с применением GPSS World. Также упоминается разработка моделей для лечебных учреждений.

Работа [9] посвящена оптимизации обработки данных с использованием возможностей графических ускорителей и библиотеки Numba на Python. Автор предлагает реализовывать

параллельные операции как отдельные модули с унифицированным интерфейсом. Статья ориентирована на прикладные аспекты повышения эффективности вычислений.

Исследование [10] демонстрирует ценность имитационного моделирования для анализа временных характеристик распределенных систем. Приведены модели, оценивающие среднее время ожидания заявок в зависимости от алгоритмов приоритезации. Для повышения точности результатов применен регенеративный метод анализа, позволяющий получать более надежные данные и улучшать качество последующего анализа.

Статья [11] посвящена созданию программного комплекса для автоматизации проектирования автомобильных дорог. Разработанная система обеспечивает выполнение расчетов дорожных конструкций в соответствии с нормативными требованиями, включая прочность, морозоустойчивость, сдвигоустойчивость и устойчивость к усталостному разрушению.

Статья [12] рассматривает задачи динамического распределения ресурсов в облачных центрах обработки данных, где важным является минимизация энергопотребления и обеспечение равномерной загрузки серверов. В качестве метода прогнозирования используется метод группового учета аргументов, который позволяет точно предсказывать загрузку и температуру серверов, снижая частоту ненужных миграций виртуальных машин.

Все рассмотренные выше научные работы демонстрируют актуальность и значимость применения имитационного моделирования в различных областях. Эти исследования подтверждают, что имитационное моделирование является мощным инструментом для анализа, прогнозирования и повышения эффективности систем, что делает его неотъемлемой частью современных научных и прикладных разработок.

В статьях [12] и [13] также подчеркивается значимость разработки имитационных платформ, а также приводятся ключевые этапы распределения ресурсов.

3.3. Методы и алгоритмы распределения задач

Одной из ключевых прикладных задач является распределение и планирование задач в вычислительных сетях. В условиях растущей сложности инфраструктуры, таких как облачные центры обработки данных, распределенные вычислительные системы и высоконагруженные сети, задачи управления ресурсами становятся все более многообразными и требуют инновационных подходов [14, 15]. Все новые модели и алгоритмы тестируются при помощи имитационных средств.

Статья [16] посвящена улучшению процесса распределения задач в облачных вычислениях. Предложен алгоритм на основе метода кластеризации К-средних, который группирует задачи в кластеры, а затем распределяет их между виртуальными машинами в зависимости от их возможностей. По итогу эксперимента, предложенный подход уменьшает время выполнения задач и общую продолжительность их обработки, за счет этого повышается эффективность распределения задач.

Статья [17] представляет обзор алгоритмов планирования нескольких рабочих процессов в облачных вычислительных средах. Представлена классификация таких алгоритмов, их особенности и сравнительный анализ. В статье рассматриваются следующие задачи: оптимальное распределение задач между процессорами, сокращение времени выполнения процессов и управление затратами. Исследование подчеркивает необходимость дальнейших исследований в области улучшения алгоритмов планирования и их адаптации для сложных облачных сценариев.

Исследование [18] рассматривает проблему распределения вычислительной нагрузки в условиях туманных вычислений, которые стали актуальными из-за недостаточности традиционных облачных архитектур для работы с большими объемами данных в среде IoT. Подчеркивается значимость разработанной онтологии и ее потенциал для сокращения времени перебора узлов-кандидатов при размещении нагрузки.

3.4. Существующие методы решения

В статье [19] предлагается конфигурируемый цифровой симулятор в реальном времени для распределенных систем, который используется для имитации поведения реального устройства, управляемого на основе XML файла. Эта статья показывает, что система моделирования должна быть легко конфигурируема в одном файле, а не с помощью программного кода.

В ходе анализа рассмотренных научных работ было выявлено, что пакет CloudSim используется в значительном числе исследований для моделирования и изучения различных аспектов распределения ресурсов и оптимизации задач в облачных вычислениях. Его широкая популярность обусловлена высокой степенью гибкости, поддержкой множества сценариев симуляции, а также возможностью кастомизации под специфические требования исследователей.

Использование CloudSim в ряде рассмотренных работ [12-13], [16], [18] подтверждает его актуальность как средства для имитационного моделирования в области облачных вычислений. В исследовании [17] в одном из рассмотренных примеров также использовалось данное решение для имитационного моделирования.

Для симуляции граничных и IoT-систем этой же компанией разработан фреймворк iFogSim (и iFogSim2) [20]. Он построен на основе CloudSim и предназначения для моделирования раскладки вычислительных задач между облаком и узлами тумана (fog computing).

В статье [21] описывается применение CloudSim в учебном процессе. В работе подробно описаны возможности CloudSim. Автор демонстрирует методику интеграции CloudSim в образовательные программы для закрепления навыков программирования, моделирования и анализа производительности облачных систем.

Одним из существенных минусов CloudSim является отсутствие визуального представления результатов моделирования и взаимодействия с системой. Это делает его использование сложным для начинающих пользователей, которые могли бы быстрее освоить инструмент при наличии графического интерфейса.

Кроме того, отсутствие визуализации затрудняет анализ сложных сценариев моделирования, таких как распределение ресурсов, миграция виртуальных машин или топологии сети. Пользователям приходится дополнительно разрабатывать инструменты визуализации или экспортировать данные в сторонние программы.

В работе [22] рассматриваются облачные вычисления, включая платформу CloudSim. В статье представлены наиболее часто используемые классы платформы с описанием их функционального назначения.

4. Полученные результаты

На основе архитектуры CloudSim была разработана структурная схема для ПО имитационного моделирования распределенных систем, которая представлена на рисунке 1.

Архитектура представляет из себя модульную, многоуровневневую платформу.

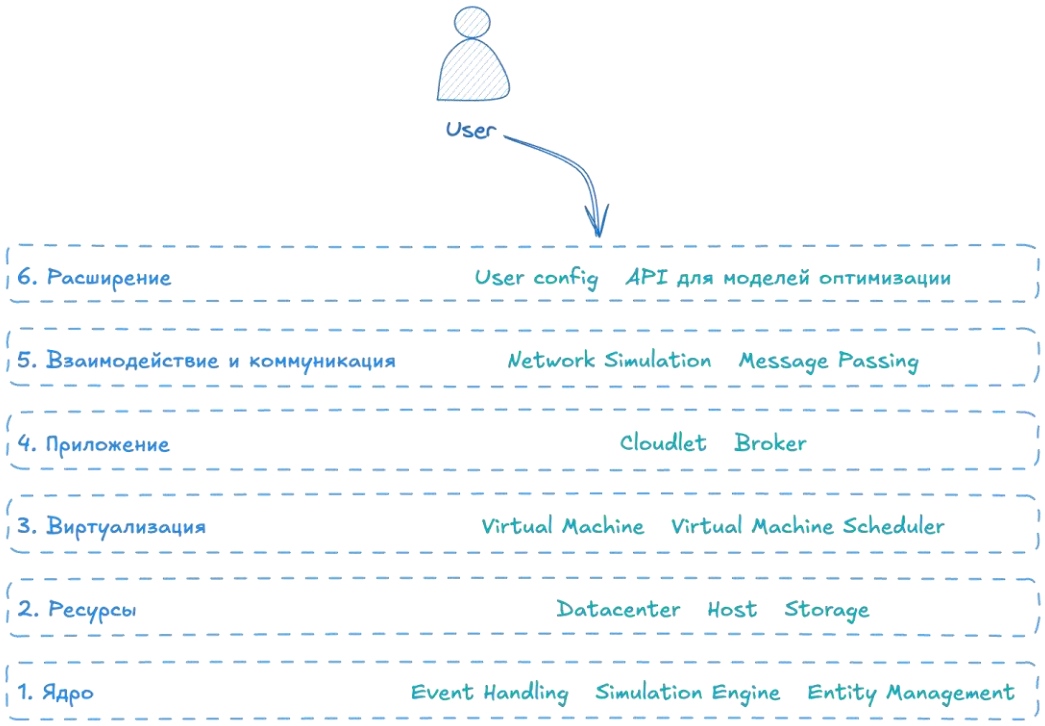


Рисунок 1. Структурная схема.

Планировщик получает задачи от пользователя, определяет подходящие виртуальные машины, запускает задачи и отслеживает их выполнение. Центры обработки данных предоставляют ресурсы планировщику, управляют хостом. Виртуальные машины выполняют задачи, переданные планировщиком. Сеть обеспечивает взаимодействие между компонентами, учитывая задержки и ограничения пропускной способности.

5. Выводы

В статье проведен анализ существующих подходов и технологий, включая платформу CloudSim, на основе которой были выделены ключевые требования к средам имитационного моделирования распределенных вычислительных систем.

Стоит выделить, что при разработке подобной системы рекомендуется уделить внимание к конфигурации инфраструктуры при помощи конфига и интеграции пользовательского интерфейса с элементами визуализации, чтобы упростить процесс анализа результатов моделирования.

Также в статье рассмотрены работы, посвященные данной сфере. Результаты исследования имеют как теоретическую, так и практическую значимость. Они могут быть использованы для разработки среды имитационного моделирования распределенных

вычислительных систем. Также исследование может быть полезным для ознакомления с основами имитационного моделирования РВС.

Список литературы

1. Буйя, Р., Modeling and simulation of scalable cloud computing environment and the cloudsim toolkit: challenges and opportunities / Р. Ранджан, Р. Кальейрос // IEEE Spectrum. – 2009 (дата обращения: 06.06.2025).
2. Лэмпорт, Лесли – Wikipedia : сайт. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Лэмпорт,_Лесли (дата обращения: 06.06.2025).
3. How to Write Software With Mathematical Perfection – Quantamagazine : сайт. – URL: https://www.quantamagazine.org/computing-expert-says-programmers-need-more-math-20220517/ (дата обращения: 06.06.2025).
4. Феоктистов, А. Г. Инструментальные средства имитационного моделирования предметно-ориентированных распределенных вычислительных систем / А. Г. Феоктистов, А. С. Корсуков, Ю. А. Дядькин // Системы управления, связи и безопасности. – 2016. – № 4. – С. 30-60. – EDN XEHESN (дата обращения: 06.06.2025).
5. Малецкая, О. А. Обзор систем имитационного моделирования / О. А. Малецкая // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии : Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, Оренбург, 14–15 ноября 2013 года / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Оренбургский государственный университет". – Оренбург: ООО ИПК "Университет", 2013. – С. 321-325. – EDN RVVQSV (дата обращения: 06.06.2025).
6. Бойко, А. А. Имитационное моделирование: виды и области применения / А. А. Бойко, С. А. Евдокимова, Т. П. Новикова // Новые аспекты моделирования систем и процессов : Материалы Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26 мая 2023 года / Отв. редакторы В.К. Зольников, А.И. Заревич. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 18-26. – DOI 10.58168/NAMSP_18-26. – EDN FBOEVO (дата обращения: 06.06.2025).
7. Евдокимова, С. А. Simulation modeling of the process of consideration of citizens' appeals / Д.Н. Драгина // Modeling of systems and processes. – 2018. – Т. 11, № 3. – С. 15-24 (дата обращения: 06.06.2025).

8. Феоктистов, А. Г. Распределенная вычислительная среда для имитационного моделирования систем массового обслуживания / А. Г. Феоктистов // Интеллектуальные технологии и средства реабилитации и абилитации людей с ограниченными возможностями (ИТСР-2018) : Труды III международной конференции, Москва, 29–30 ноября 2018 года. – Москва: Московский государственный гуманитарно-экономический университет, 2018. – С. 57-61. – EDN OPZRJM (дата обращения: 06.06.2025).
9. Исследование ускорения обработки данных в многоядерных вычислительных системах на основе имитационного моделирования / В. А. Лохвицкий, А. И. Захаров, Г. А. Брякалов, К. А. Неретина // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. – 2022. – № 1. – С. 87-94. – DOI 10.18137/RNU.V9187.22.01.P.087. – EDN QYNESC (дата обращения: 06.06.2025).
10. Звонарева, Г. А. Использование имитационного моделирования для оценки временных характеристик распределенной вычислительной системы / Г. А. Звонарева, Д. С. Бузунов // Открытое образование. – 2022. – Т. 26, № 5. – С. 32-39. – DOI 10.21686/1818-4243-2022-5-32-39. – EDN NPLKMY (дата обращения: 06.06.2025).
11. Тайлакова, А. А. Разработка информационно-вычислительной системы для имитационного моделирования процесса проектирования автомобильных дорог / А. А. Тайлакова // Перспективы развития информационных технологий : Труды Всероссийской молодежной научно-практической конференции, Кемерово, 29–30 мая 2014 года / Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Международный научно-образовательный центр КузГТУ-Arena Multimedia. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2014. – С. 291. – EDN TCDKSH (дата обращения: 06.06.2025).
12. Тутов, А. В. Моделирование процессов распределения ресурсов в облачных центрах обработки данных / А. В. Тутов, Н. В. Тутова, А. С. Ворожцов // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2017. – Т. 11, № 4. – С. 76-80. – EDN YNTFFX (дата обращения: 06.06.2025).
13. Ташпулатов, Ж. Ж. Модели распределения виртуальных ресурсов облачных центров обработки данных / Ж. Ж. Ташпулатов, С. С. Назиров // Аллея науки. – 2018. – Т. 2, № 4(20). – С. 535-542. – EDN XOHQDZ (дата обращения: 06.06.2025).
14. Дулесов А. С., Андреев Р. А., Коновалов А. А. Модель архитектуры ИТ-решений: создание, генерация решений // Современные инновации, системы и технологии – Modern

Innovations, Systems and Technologies. 2024. Т. 4, № 2. С. 0212–0220. DOI: 10.47813/2782-2818-2024-4-2-0212-0220.

15. Nath, N. C., & Faruq, O. (2025). The application of cybersecurity in smart city innovations: an AI aspect. Modern Innovations, Systems and Technologies, 5(2), 3025–3039. https://doi.org/10.47813/2782-2818-2025-5-2-3025-3039
16. Дандхвани, В. 12. Evolutionary Algorithm Using K-mean For Task Scheduling in Cloud Computing / Д. Векария // International Journal Of Engineering And Computer Science. – 2017. Т. 6, № 5. – С. 21390-21392 (дата обращения: 06.06.2025).
17. Ханоош, З. A Survey on Multiple Workflow Scheduling Algorithms in Cloud Environment // Al-Furat Journal of Innovations in Electronics and Computer Engineering (FJIECE). – 2024. – DOI 10.46649/fjiece.v3.1.4a.13.4.2024 (дата обращения: 06.06.2025).
18. Клименко, А. Б. Решение задачи распределения вычислительной нагрузки в средах туманных вычислений на базе онтологий / А. Б. Клименко, И. Б. Сафроненкова // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2018. – № 8(202). – С. 83-94. – DOI 10.23683/2311-3103-2018-8-83-94. – EDN ZSIJRJ (дата обращения: 06.06.2025).
19. Чэнь, Ц. Real-time digital simulator for distributed systems / Ц. Чэнь, Ч. Ду, П. Хан, С. Ду // Simulation. – 2021. – Т. 97, № 5. – С. 299-309. – DOI 10.1177/0037549720986865. – EDN XZWAID (дата обращения: 06.06.2025).
20. Фахимуллах, М. Simulation Tools for Fog Computing: A Comparative Analysis / М. Фахимуллах, Г. Филипп, Ш. Ахвар, М. Трокан // Sensors. – 2023. – Т. 23, № 7. – С. 3492. – DOI 10.3390/s23073492. – EDN OOEJKM (дата обращения: 06.06.2025).
21. Ворожцов, А. С. Методика использования пакета программ Cloudsim в учебном процессе / А. С. Ворожцов, Н. В. Тутова // Методические вопросы преподавания инфокоммуникаций в высшей школе. – 2017. – Т. 6, № 1. – С. 13-15. – EDN YTYBOH (дата обращения: 06.06.2025).
22. Гоял, Т. Cloudsim: simulator for cloud computing infrastructure and modeling / А. Сингх, А. Агарвал // Procedia Engineering. – 2012. – Т. 38. – С. 3566–3572. – DOI: 10.1016/j.proeng.2012.06.412 (дата обращения: 06.06.2025).

УДК 004.89

EDN TZLVQB

Концепция применения комбинации генетического программирования и дифференциальной эволюции при проектировании искусственных нейронных сетей

М.А. Кошин*, Е.А. Попов

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31, Красноярск, 660037, Россия

*E-mail: mkosh0@yandex.ru

Аннотация. Рассматривается применение генетического программирования для формирования топологии искусственной нейронной сети и дифференциальной эволюции для последующей оптимизации значений весов в связях между нейронами, а также представление кандидата-решения, правила реализации операторов, меняющих структуру индивида. Данный подход может быть использован для формирования неполносвязных, компактных, и неоднородных искусственных нейронных сетей, что позволяет получить более простую модель машинного обучения с нетривиальными связями и различными функциями активации в нейронах. Рассматриваемый подход является одним из вариантов нейроэволюции – метода обучения искусственной нейронной сети с использованием эволюционных алгоритмов, особенностью данного варианта является делегирование подзадач реализации различных частей нейронной сети разным эволюционным подходам, эффективным при решении рассматриваемых задач. Особенностью конечной структуры индивида генетического программирования является возможность исключать несущественные переменные при определенных условиях, гибкость структуры индивида с точки зрения топологии нейронной сети, а также использование мощного метода многомерной оптимизации для получения оптимальных значений весов. Также предлагается в рамках рассматриваемой концепции для реализации неполносвязности контрастирование весов реализованной архитектуры искусственной нейронной сети.

Ключевые слова: генетическое программирование, дифференциальная эволюция, искусственная нейронная сеть, оптимизация.

The concept of applying a combination of genetic programming and differential evolution in the artificial neural network design

M.A. Koshin*, E.A. Popov

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, 31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russia

*E-mail: mkosh0@yandex.ru

Abstract. This paper considers the application of genetic programming for shaping the topology of an artificial neural network, alongside the use of differential evolution for the subsequent optimization of weight values in the connections between neurons. The representation of a candidate solution and the implementation rules for operators that modify an individual's structure are also presented. This approach can be utilized to form sparsely connected, compact, and heterogeneous artificial neural networks, enabling the creation of a simpler machine learning model with non-trivial connections and diverse activation functions across neurons. The considered approach represents one variant of neuroevolution – a method for training artificial neural networks using evolutionary algorithms. A distinctive feature of this variant is the delegation of subtasks, responsible for implementing different parts of the neural network, to distinct evolutionary approaches that are effective for the specific problems at hand. A key characteristic of the final individual structure in genetic programming is its capacity to exclude non-essential variables under certain conditions, its flexibility in terms of neural network topology, and the application of a powerful multidimensional optimization method for obtaining optimal weight values. Weight contrasting is proposed to include sparsity.

Keywords: genetic programming, differential evolution, artificial neural network, optimization.

1. Введение

Проектирование архитектур искусственных нейронных сетей (ИНС) продолжает оставаться одной из ключевых проблем в машинном обучении. Несмотря на то, что градиентные методы, такие как метод обратного распространения ошибки, успешно решают задачу оптимизации весовых коэффициентов, они принципиально ограниченны работой с заранее заданными топологиями нейронных сетей. Это часто приводит к созданию избыточно сложных полносвязных моделей, склонных к переобучению и требующих значительных вычислительных ресурсов. В связи с этим поиск более эффективных, компактных и мощных моделей стимулирует интерес к автоматизированным методам поиска и оптимизации нейросетевых архитектур [1].

Нейроэволюция – применение эволюционных алгоритмов для проектирования и обучения ИНС – сформировалась как мощная альтернативная парадигма [2-4]. В данной статье представлен один из подходов нейроэволюции, использующий синергетический потенциал двух различных эволюционных алгоритмов – генетического программирования (ГП) и дифференциальной эволюции (ДЭ).

2. Представление индивида в генетическом программирования

При использовании генетического первой проблемой является адаптация древовидной структуры индивида под рассматриваемую задачу. Пусть имеется набор операторов, изменяющих топологию нейронной сети: добавить слой в нейронную сеть (L), добавить нейрон в слой (N), задать функцию активации для нейрона (F), а также прекратить разрастание (S). Данные операторы могут быть интегрированы в древовидную структуру так, как показано в примере на рисунке 1.

Показанный на данном рисунке индивид взращивается в следующую топологию нейронной сети: два слоя, в первом слое два нейрона, во втором – три, каждому нейрону задана функция активации из заданного множества, после взращивания второго слоя разрастание прекращается, аналогично и с разрастанием нейронов в слоях. Такой подход к представлению позволяет формировать топологию как скрытого слоя нейронной сети (если во входном слое нейроны только передают входы), так и скрытого совместно с входным. Во втором случае,

если переменные проранжировать по какому-то критерию важности, менее важные могут отключаться, что позволяет сокращать размерность задачи.

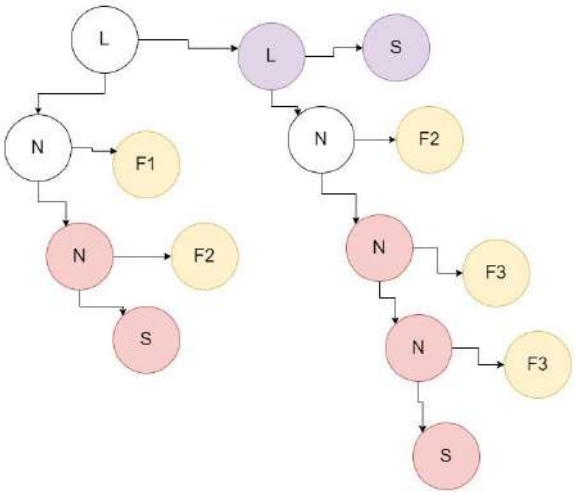


Рисунок 1. Пример индивида в генетическом программировании.

После взращивания топологии веса расставляются полносвязно и оптимизируются дифференциальной эволюцией. Подробное описание оптимизации весов и принцип реализации неполносвязности представлены в пункте 4.

3. Операторы мутации и скрещивания

Для реализации скрещивания необходимо придерживаться ограничений, наложенных на структуру индивида:

1. Корень дерева не может быть операцией S.
2. Первый нейрон слоя добавляется обязательно. Слоев без нейронов быть не может.
3. Если узел-реципиент и узел-донор являются левыми по отношению к родительскому узлу, то они могут заменить друг друга.
4. Если узел-реципиент и узел-донор не являются одновременно левыми или правыми по отношению к родительскому узлу, то узел-донор может заменить узел-реципиент, если он является операцией S. При этом должно соблюдаться первое правило.
5. Заменять узел, представляющий собой операцию F, может только узел с такой же операцией (при этом это должны быть разные функции активации).

6. Если оба узла правые, и при этом не нарушается предыдущее правило, то они могут скрещиваться без ограничений.

Такие ограничения гарантируют, что конечная структура индивида будет корректно взращена в топологию нейронной сети. Аналогичные правила накладываются и на оператор мутации. На рисунке 2 представлен пример одноточечного скрещивания двух индивидов и топология, в которую взращивается потомок на примере задачи с одним входом и одним выходом.

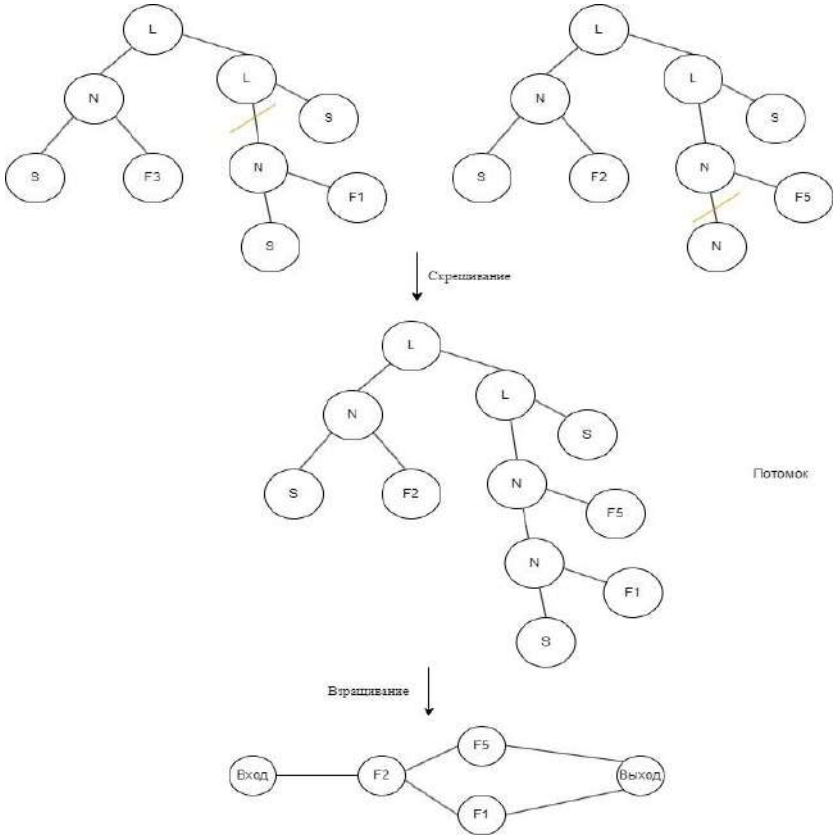


Рисунок 2. Одноточечное скрещивание индивидов и взращивание потомка.

Таким образом, рассмотренная структура индивида позволяет достаточно гибко реализовывать структуру индивида

4. Оптимизация весов нейронной сети

Для оптимизации весов нейронной сети используется дифференциальная эволюция: размерность задачи определяется количеством связей в нейронной сети, при этом классическая структура индивида в дифференциальной эволюции не изменяется. Критерий

оценивания зависит от рассматриваемой задачи, в случае задачи регрессии, например, критерием может быть среднеквадратичное отклонение истинных выходов и выходов модели. После оптимизации, в случае если веса некоторых связей достаточно малы, то они «обрезаются» и производится повторная коррекция оставшихся весов. Таким образом получается неполносвязная нейронная сеть с неоднородной структурой, которая соответствует наилучшему значению критерия, полученному за заранее заданное количество итераций.

5. Выводы

Рассматриваемый в рамках статьи метод предлагается как один из вариантов реализации нейроэволюции, ключевым недостатком метода является его затратность с точки зрения выделяемых ресурсов ввиду использования комбинации эволюционных алгоритмов, с другой стороны – можно получить такую архитектуру нейронной сети, которая будет работать быстро и эффективно.

Список литературы

1. Михайловский М.А. Метод гибридной регуляризации для борьбы с переобучением в глубоких НС: подход на основе нейроэволюции и случайных регуляризационных шумов / М.А. Михайловский // Нейрокомпьютеры и их применение. Аннотации докладов XXII Всероссийской научной конференции. – Москва, 2024. – С. 149–150.
2. Березина В.А. Гибридная нейроэволюция как способ обучения нейронных сетей на примере решения задачи поиска пути в лабиринте / В.А. Березина, О.С. Мезенцева, К.Ю. Ганьшин // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 3 (34).
3. Панилов П.А. Использование методов нейроэволюции для автоматизации оптимизации алгоритмов киберзащиты в когнитивных информационных центрах / П.А. Панилов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 11. – С. 16–25.
4. Давидюк Ю.И. Методы нейроэволюции сетей прямого распространения / Ю.И. Давидюк // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2021. – № 2 (125). – С. 49–53.

УДК 004.056:347.1

EDN NTCQDZ

Защита персональных данных в условиях цифровизации

Д. С. Арнаут*, А. Б. Остапенко

Тихоокеанский Государственный Университет, ул. Тихоокеанская 136, Хабаровск, 680035, Россия

*E-mail: 2021102946@togudv.ru

Аннотация. В статье исследуются актуальные проблемы обеспечения защиты персональных данных (ПДн) в контексте глобальной цифровизации. Проведён сравнительный анализ правовых основ регулирования сферы ПДн в России (ФЗ-152) и за рубежом (GDPR, Конвенция Совета Европы № 108), выявлены ключевые различия в подходах и возможности заимствования лучших практик. На основе статистики утечек за 2013–2023 гг. (свыше 6 000 инцидентов, более 20 млрд скомпрометированных записей) систематизированы основные угрозы безопасности ПДн и векторы атак. Оценена эффективность действующих мер защиты через призму правоприменительной практики (деятельность Роскомнадзора, судебные решения). Предложена комплексная модель защиты ПДн, интегрирующая технические (шифрование, многофакторная аутентификация, SIEM-системы), организационные (обучение персонала, аудит, назначение DPO) и правовые (соблюдение ФЗ-152, GDPR) механизмы. Сформулированы рекомендации по совершенствованию регулирования: усиление профилактики нарушений, развитие досудебного урегулирования споров, адаптация норм к новым технологиям (ИИ, квантовые вычисления). Сделан вывод о необходимости сбалансированного подхода, сочетающего технологическую модернизацию, правовую гармонизацию и повышение цифровой грамотности субъектов данных.

Ключевые слова: персональные данные, цифровизация, информационная безопасность, правовое регулирование, киберугрозы, защита данных.

Protection of personal data in the context of digitalization

D. S. Arnaut*, A. B. Ostapenko

Pacific Ocean State University, 136 Pacific Street, Khabarovsk, 680035, Russia

*E-mail: 2021102946@togudv.ru

Abstract. The paper examines current challenges in protecting personal data (PD) amid global digitalization. A comparative analysis of legal frameworks regulating PD in Russia (Federal Law No. 152-FZ) and abroad (GDPR, Council of Europe Convention No. 108) reveals key differences in approaches and opportunities to adopt best practices. Using leakage statistics for 2013–2023 (over 6,000 incidents, more than 20 billion compromised records), the study systematizes major PD security threats and attack vectors. The effectiveness of current protection measures is evaluated through law enforcement practices (Roskomnadzor activities, court decisions). A comprehensive PD protection model is proposed, integrating technical (encryption, multi-factor authentication, SIEM systems), organizational (staff training, audits, DPO appointment), and legal (compliance with FL 152, GDPR) mechanisms. Recommendations for regulatory improvement include strengthening violation prevention, developing pre-trial dispute resolution, and adapting norms to emerging technologies (AI, quantum computing). The research concludes that a balanced approach combining technological modernisation, legal harmonisation, and enhanced digital literacy of data subjects is essential.

Keywords: personal data, digitalization, information security, legal regulation, cyber threats, data protection.

1. Introduction

The current stage of social development is characterized by an unprecedented digital transformation that covers almost all areas of the functioning of the state, economy and society - from public administration and business-processes to education systems, healthcare and the everyday digital ecosystem that residents use every day. An integral feature of this process is the exponential growth in the volume of accumulation and processing of personal data - PD) - a critical resource of the XXI century. Indeed, virtually no digital service today functions without collecting and processing users ' personal information, which creates a stable dependence of society on mechanisms for storing and transmitting sensitive data.

The relevance of the problem is clearly confirmed by statistics. According*to RiskBased Security*, in 2023, more than 6,000 data breaches were recorded worldwide, as a result of which more than 20 billion records were compromised. These figures demonstrate not just the scale of the phenomenon, but also its systemic nature: leaks occur in organizations of various levels - from global corporations to small businesses, affecting millions of people and undermining the foundations of digital trust.

Against this background, a key scientific and practical problem is clearly identified: despite the existence of well-developed legislation in the field of personal data protection, there is a steady increase in large-scale leaks, which indicates a systemic gap between legal norms and their technical implementation. This dissonance manifests it self in several aspects:

- imperfect mechanisms for adapting regulatory requirements to rapidly changing technological realities;
- insufficient synchronization of international and national regulatory approaches;
- the gap between the declared security standards and their actual implementation at the level of organizations.

The situation is aggravated by the fact that in proportion to the increase in information flows, the systemic risks of cyberthreats, as well as large-scale incidents related to data privacy and integrity violations, also increase. The loss of control over personal information by subjects is fraught not only with direct economic damage (according to experts, the average loss from a single leak reaches millions of dollars), but also with the erosion of public trust in digital platforms. Moreover, such incidents pose serious threats to the violation of the constitutional rights of citizens to privacy and information security, undermining the basic principles of the rule of law.

Under these conditions, providing reliable protection PD is not just a technical task, but one of the priority strategic goals of the modern digital state, a factor of national cyber stability and a guarantor of social stability.

The purpose of this article is to conduct a comprehensive, systematic and predictive analysis of existing legal, organizational and technical mechanisms for ensuring the security of personal data in the context of increasing global digitalization.

To achieve this goal, the following tasks are solved in the work:

1. Conduct a comparative-legal analysis of Federal Law No. 152-FZ "On Personal Data" and the EU General Data Protection Regulation (*GDPR*), identifying similarities, differences and opportunities for borrowing best practices.
2. Classify current threats to personal data security based on an up-to-date statistical database, identifying the most critical attack vectors and vulnerabilities.
3. Evaluate the effectiveness of existing security measures PD through the analysis of law enforcement practices, including court decisions and regulatory orders.
4. Develop comprehensive recommendations for key stakeholders-government, business and end users - to improve the level of personal data protection, taking into account technological and legal trends.

To achieve this goal, the following tasks are set in the framework of the study:

1. Identify current vectors of cyberthreats caused by the active introduction of cloud technologies and artificial intelligence.
2. To conduct a comparative analysis of the approaches of Russian legislation (152-FZ) and international practice (GDPR)to the regulation of personal data.
3. Evaluate the effectiveness of existing technical and organizational measures, including in the context of human impact.
4. Develop well-reasoned recommendations for improving information security mechanisms, taking into account the principles *of Privacy by Design*.

1.1. Theoretical foundations of personal data protection

Personal data (PD) is any information related to a directly or indirectly identified individual (subject of personal data). According to modern legal understanding, this includes a wide range of information - from basic identifiers (full name, date and place of birth, passport data) to digital

information (IP-addresses, cookie-cookies, biometric data, geolocation tags). The key feature of personal data is their dual nature: on the one hand, they are a valuable resource for the development of digital services and the data economy, on the other - a vulnerable object that requires strict protection due to potential risks to human rights and freedoms [2].

In the Russian legal system, the key regulatory document is Federal Law No. 152-FZ "On Personal Data "(adopted in 2006, with subsequent amendments). The Law: sets out the fundamental principles of personal data processing (legality, fairness, limitation of purposes, data minimization, accuracy, limitation of storage time, etc.); regulates in detail the rights of subjects(the right to access, correction, deletion, restriction of processing, data portability, objection to automated processing); defines the obligations of operators(ensuring confidentiality, notification * introduces classification of personal data categories PD(public, special, biometric, other) with differentiated protection requirements.

In international practice, however, two key documents serve as a guide: This is the General Data Protection Regulation (GDPR) current in the territory of the European Union (effective from 2018) and Council of Europe Convention No. 108 " On the Protection of Natural Persons with regard to Automated Processing of Personal Data "(revised in 2018). This is the first universal international treaty in the field of protection of personal data, which. For clarity, it is necessary to conduct a comparative analysis in the form of table 1.

Table 1. Comparative analysis of two legislative codes.

Criterion	of the Russian Federation (FZ-152)	EU (GDPR)	Output
Definition of personal	data any information related to physical persons.	any information about an identified or identifiable individual.	This definition in the GDPR is broader, including online identifiers (IP, Coockie)
Legal justification for processing	Consent, contract, public interest	Consent, contract, legitimate interests	The GDPR has more stringent requirements for obtaining consent. In Federal Law 152, this is spelled out less clearly.
Subject's rights	Right to access, clarify, block, destroy	Right to access, correct, forget, transfer data	GDPR granting the subject stronger rights, for example data portability
Liability and fines	Up to 500 thousand rubles for legal entities	Up to 20 million euros or 4% of the global annual turnover	Штрафы по GDPR fines are an order of magnitude higher, what is a powerful tool for companies
Approach to cross-border transfer	Requires adequate protection, storage in the Russian Federation	Transfer is allowed in a jurisdiction with an "adequate level of protection" or with special guarantees	Both regimes seek to control the flow of data

The analysis shows that, despite the general principles, the GDPR sets a higher "bar" of protection, shifting the focus from formal compliance with procedures to demonstrating operator accountability.

A comparison of these systems reveals key differences in approaches:

- The Russian Federation focuses on data sovereignty (localization requirements) and administrative responsibility.
- GDPR focuses on market mechanisms and individual rights, using economic incentives to comply with the norms;
- Convention No. 108is the "minimum standard" that allows for national adaptation.

The impact of international norms on Russian legislation is manifested in:

- gradual convergence of terminology (for example, the introduction of the concept of "cross-border transfer");
- strengthening the requirements for informing subjects;
- development of supervision institutions (the role of Roskomnadzor in the case of Russia as an authorized body).

Thus, the current legal framework for the protection of personal data is a complex multi-level mechanism that combines national norms with international standards.

1.2. The main threats in the context of digitalization

The development of digital services, cloud platforms, and automated data processing systems is accompanied by an exponential increase in the number of cyberthreats. Their scale and complexity are constantly increasing, creating systemic risks for the security of personal data (PD). Below is a structured analysis of leak dynamics.

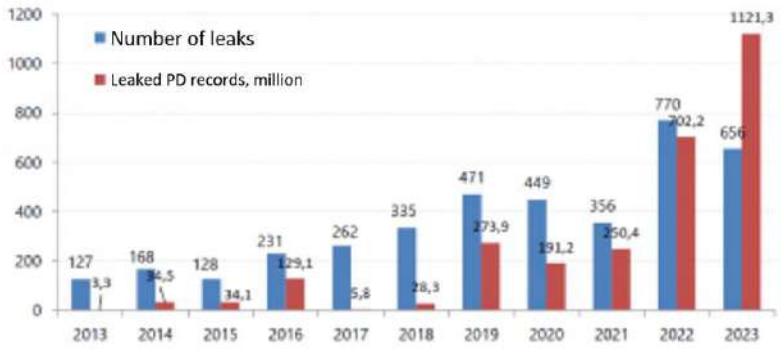


Figure 1. Dynamics of personal data leaks by year.

The graph shows an alarming growth trend in both the number of personal data leaks (PD) and the volume of compromised information for the period from 2013 to 2023. The data is presented as two indicators:

- blue columns - the number of registered leaks in absolute values.
- red columns - the amount of leaked personal data records, measured in millions of records.

In 2013, the situation with leaks looked relatively stable:127 leaks were recorded, while the volume of compromised data was only 3.3 million records. However, by 2014, there was an increase: the number of incidents increased to168, and the volume of leaked data - to 34.5 million [3].

In the following years, the dynamics show a wave-like, but generally uptrend:

- in 2015-2016, there is some stabilization (about 120-230 leaks), but data volumes continue to grow (up to 129.1 million in 2016).
- Since 2017, the number of incidents has been steadily increasing: from 262 leaks in 2017 to 770 in 2022.
- at the same time, the scale of compromise is also growing: from 5.8 million records in 2017 to 702.2 million in 2022.

The peak in both the number of leaks and the volume of compromised data occurred in 2023:

- 656 leaks were registered.
- a record 1,121. 3 million personal data records were compromised.

It is noteworthy that the dynamics of the number of leaks does not always correlate with the volume of compromised data. For example, in 2019, the number of incidents (471) exceeded the figures for 2023, but the volume of leaked data (273.9 million) was significantly lower than in 2022-2023. This may indicate that attackers have targeted large databases in recent years, rather than a series of small attacks.

Analysis of the chart allows us to draw 5 significant conclusions:

1. Exponential growth of threats: over 10 years, the number of leaks has increased more than 5 times, and the volume of compromised data-hundreds of times. This indicates a serious cybersecurity crisis.
2. Shifting the focus of attacks: if previously there were mostly small leaks, now attackers are targeting large databases (for example, databases of banks, medical institutions, and social networks).

3. Insufficient security measures: despite the development of cybersecurity technologies, the growth rate of leaks outstrips the rate of implementation of security mechanisms.
4. The need for stronger regulation: more stringent requirements for the protection of personal data by regulators are required, as well as increased responsibility of companies for incidents.
5. Critical importance of staff training: the human factor remains one of the key causes of leaks (phishing, lost media, weak passwords).

Thus, the situation requires a comprehensive approach: strengthening technical protection measures, raising user awareness, and tightening legislation in the field of information security. Without systemic changes, the trend of increasing leaks will only worsen, creating risks both for individual citizens and for the economy as a whole.

2. Personal data protection measures

Personal data protection (PD) is not a one-time measure, but a continuous process that requires coordinated work in three areas: technical protection, organizational procedures and legal regulation. Without the interconnection of these elements, the security system remains vulnerable.

Technical protection is at the heart of personal data security. It involves using encryption to protect data during storage and transmission, implementing authentication systems (including multi-factor authentication), and monitoring cyber threats using antivirus software and specialized systems (IDS/IPS, SIEM). It is also important to back up information, protect endpoints (computers, smartphones), and securely segment the network using VPN technologies.

Organizational measures are equally important. They form a security culture within the company: they establish rules for data processing and protection, regulate access to information, and determine how to respond to incidents. A key element is regular training of staff in the basics of cybersecurity, including phishing detection and password management. You also need to audit security measures, manage the data lifecycle (from storage to secure destruction) , and assign a responsible person (for example, a DPO-a data protection specialist).

Legal support sets the "framework" for working with personal data. It includes compliance with relevant legislation (for example, Federal Law No. 152 "On Personal Data" and the GDPR for International Transactions), informing subjects about the purposes of processing their data, and obtaining written consent to processing. Subjects should be able to control their data: access it, request deletion or transfer [3]. Operators are required to promptly notify regulators (for example,

Roskomnadzor) of any violations. It is also necessary to document all security measures and comply with the rules for cross-border data transmission.

The essence of effective protection of personal data is the close relationship of all areas. Technical means must comply with legal requirements, organizational procedures must ensure the correct use of technologies, and legal norms must be reflected in regulations and supported by technical tools. For example, automating consent to data processing combines legal requirements, organizational processes, and technological solutions.

To strengthen security, it is important to regularly assess risks, involve independent experts to audit and test systems (pentests), and implement modern approaches such as the "Zero Trust" principle, in which each access request is checked regardless of the source. It is equally important to develop a culture of cybersecurity at all levels of the organization-from top management to ordinary employees.

Thus, reliable protection of personal data is a balanced system, where each element supports the others, forming an impenetrable shield against cyberthreats. Only such a comprehensive approach can minimize the risks of leaks and unauthorized access to confidential information.

3. Law enforcement practice

The analysis of law enforcement practice shows that the effectiveness of personal data protection is largely determined not only by the quality of the legislative framework, but also by the nature of its implementation in practice.

The experience of Roskomnadzor demonstrates a systemic problem: a significant part of violations is not related to deliberate disregard for standards, but to the lack of awareness of operators about the requirements of the law. Many organizations that process personal data do not fully understand the scope of their responsibilities, from the rules for obtaining consent to the requirements for storing and destroying information [4]. This leads to formal, rather than substantive, compliance with regulations, which creates loopholes for data leaks and misuse.

Statistics for 2023 show an alarming trend - a steady increase in the number of complaints from citizens about illegal processing of personal data. The increase in requests indicates two important processes: on the one hand, the legal literacy of the population is growing, people are more actively defending their digital rights; on the other, significant gaps remain in data operators ' compliance with standards. This dynamic actualizes two strategic objectives:

- increasing the level of digital literacy of the population-explaining the rights of personal data subjects, protection mechanisms and the procedure for filing complaints;
- improvement of state control - strengthening of preventive work with operators, introduction of risk--based supervision, development of tools for rapid response to violations.

International practice provides valuable guidance for improving law enforcement. In particular, the experience of applying the GDPR in the European Union shows that tough penalties (up to 4 % of a company's global turnover) are a powerful incentive for compliance. Under pressure from regulators and potential financial losses, organizations are forced to: implement the "privacy by design" principle; build comprehensive compliance programs that include regular audits, staff training, and documentation of security measures; review approaches to cross-border data transfer, assessing the level of protection in-recipient countries [5].

It is important to note that the effectiveness of sanctions depends on their predictability and transparency. The GDPR shows a balance: fines are not punitive in nature, but serve as a tool for correcting behavior - companies that promptly eliminate violations can count on mitigating the consequences.

The following conclusions are relevant for Russian practice:

- it is necessary to strengthen the preventive component of surveillance - conduct training seminars for operators, publish standard cases of violations and recommendations for their prevention;
- Mechanisms for pre-trial dispute resolution between data subjects and operators should be developed, reducing the burden on the judicial system.
- It is advisable to study the EU's experience in encouraging voluntary compliance through the certification and labeling of products that meet data protection standards.

Thus, law enforcement practice is not only about fixing violations and punishing those responsible, but also a systematic tool for creating a culture of responsible handling of personal data. Success is achieved through a combination of strict control, awareness-raising, and creating incentives for voluntary compliance.

4. Development prospects and recommendations

Improving the level of personal data protection is a continuous, multi-faceted process in which technological innovations, regulatory regulation, international interaction and educational work are closely intertwined.

In the technical sphere, the development of methods for anonymizing and pseudonymizing data is of key importance. These approaches can significantly reduce the risks of information processing, while maintaining its analytical value for research and business-processes. At the same time, it is becoming increasingly important to tighten security requirements for cloud services - with the expansion of their use, it is necessary to improve encryption, access control and monitoring mechanisms. Solutions based on distributed data storage and blockchain-technologies that increase the integrity of information and transparency of operations with it look promising. Equally important is the introduction of anomaly detection systems using artificial intelligence - they allow you to quickly detect suspicious actions and prevent leaks before the onset of critical consequences.

The regulatory framework requires constant updating, taking into account the evolution of digital threats. It is necessary to improve national cybersecurity standards, adapting them to new challenges - for example, related to the development of generative artificial intelligence or the prospects for quantum computing. Harmonization of legislation with international standards has a significant effect: this simplifies cross-border data exchange while maintaining security guarantees and creates conditions for mutual understanding between regulators in different countries. In addition, it is important to develop clear criteria for evaluating the effectiveness of security measures - objective metrics that allow organizations to measure the level of security and demonstrate it to regulators.

International cooperation is becoming an essential element of protection in the context of the globalization of cyberthreats. Joint initiatives to counter cross-border attacks-sharing information about vulnerabilities, coordinating incident investigations, and developing common data protection standards-reduce barriers to business and increase overall trust [6]. Participation in international working groups (for example, at the UN or the OECD) contributes to the formation of universal principles of responsible handling of personal data, which take into account the cultural and legal characteristics of different regions.

Educational work remains the foundation for the sustainability of the entire system. Improving the digital literacy of the population - training in the basics of cyber hygiene,rules for safe use of online-services, and mechanisms for protecting your data - reduces the vulnerability of end users. It

is equally important to develop a responsible attitude to information processing: to explain the consequences of careless handling of personal data for both individuals and organizations. For professionals, it is necessary to develop training programs for personnel who are able to implement modern security measures, analyze risks and respond to incidents.

Integration of all areas determines the success of the strategy. Technical solutions should be based on clear regulatory requirements, international cooperation should complement national efforts, and educational programs should support the introduction of new technologies and standards. Only a balanced approach that takes into account the dynamics of digital threats and changing expectations of society can ensure reliable protection of personal data in the long term.

5. Conclusion

Personal data protection is an essential element of the functioning of a digital society. In the context of rapid digitalization and growing volumes of processed information, it becomes not just a legal obligation, but a fundamental condition for trust between citizens, businesses and the state. The protection of personal data is not an end goal, but a continuous process that requires flexibility, cooperation and continuous improvement. This is the only way to build a digital society where technology serves people, not puts them at risk.

References

1. Petrov A.V., Sidorova E.N. Kiberugrozy v finansovom sektore [Cyber Threats in the Financial Sector]. Bankovskoe pravo [Banking Law], 2024, no. 3, pp. 24–37. (in Russian).
2. Bondarev V.V. Vvedenie v informatsionnuyu bezopasnost' [Introduction to Information Security]. Moscow, Tekhnosfera Publ., 2024. 320 p. (in Russian).
3. Ivanov D.S., Kuznetsova T.P. Pravovye aspekty zashchity personal'nykh dannykh [Legal Aspects of Personal Data Protection]. Tsifrovye tekhnologii i informatsionnaya bezopasnost' biznes-protsessov [Digital Technologies and Information Security of Business Processes]: Proc. Int. Conf. Moscow, 2024, pp. 112–125. (in Russian).
4. Solovyev I.N., Frolov D.B. Informatsionnaya bezopasnost' i zashchita informatsii [Information Security and Data Protection]. 3rd ed. Moscow, Goryachaya Liniya – Telekom Publ., 2023. 416 p. ISBN 978-5-9912-0987-4. (in Russian).

5. Kuznetsov S. V., Ivanova A. A. Information security in the digital age: Challenges and prospects. // Information Law. – 2024. – No. 2.
6. Lukin A. M., Lukin D.A., Kalachevsky B.A. Sistema upravlenija cherpaniem sypuchego materiala [Management system digging bulk material]. Patent RF, no. 2002113420, 2004. (in Russian).

VI Всероссийская (национальная) научная конференция: «Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий» (НТО-VI-2025)

17 (2025)

УДК 004.891
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.2014

EDN QERJKF

Анализ системы безопасности в некастодиальных криптокошельках на примере Exodus

А.А. Вертунов, Т.С. Карасева*

Сибирский федеральный университет, ул. Киренского, д. 26а, Красноярск, 660074, Россия

*E-mail: tatyanakarasewa@yandex.ru

Аннотация. Рассматриваются правовые и технологические аспекты функционирования цифровых активов в России, а также проводится анализ системы безопасности некастодиальных криптокошельков на примере Exodus. Отмечается, что цифровые финансовые активы и криптовалюты имеют различную правовую природу и регуляторный статус, что обуславливает особенности их приобретения и хранения. Особое внимание уделено сравнению кастодиальных и некастодиальных кошельков, определяющему степень контроля пользователя над средствами. На примере кошелька Exodus продемонстрированы ключевые элементы защиты – шифрование данных, парольная защита и сид-фраза, обеспечивающая восстановление доступа к активам. Показано, что система безопасности Exodus основана на распределении ответственности между разработчиками и пользователями: программное обеспечение гарантирует сохранность данных, тогда как соблюдение правил кибергигиены остается обязанностью владельца. В заключение подчеркивается, что эффективное хранение цифровых валют требует не только технической защищенности, но и правовой осведомленности пользователей, особенно в условиях продолжающегося формирования законодательства о цифровых активах в России.

Ключевые слова: цифровые финансовые активы, криптовалюта, некастодиальный кошелек, Exodus, безопасность, правовое регулирование.

An Analysis of Security in Non-Custodial Cryptocurrency Wallets Using Exodus as an Example

A.A. Vertunov, T.S. Karaseva*

Siberian Federal University, 26a, Kirenskii street, Krasnoyarsk, 660074, Russia

*E-mail: tatyanakarasewa@yandex.ru

Abstract. This article examines the legal and technological aspects of digital assets in Russia and analyzes the security system of non-custodial crypto wallets using Exodus as an example. It is noted that digital financial assets (DFAs) and cryptocurrencies have different legal natures and regulatory statuses, which determines the specifics of their acquisition and storage. Particular attention is paid to comparing custodial and non-custodial wallets, which determines the user's degree of control over their funds. Using the Exodus wallet as an example, it demonstrates key security elements data encryption, password protection, and a seed phrase that ensures asset recovery. It demonstrates that the Exodus security system is based on a division of responsibility between developers and users: the software guarantees data security, while compliance with cyber hygiene rules remains the owner's responsibility. Finally, it is emphasized that effective storage of digital currencies requires not only technical security but also legal awareness among users, especially as legislation on digital assets in Russia continues to evolve.

Keywords: digital financial assets, cryptocurrency, non-custodial wallet, Exodus, security, legal regulation..

1. Введение

Развитие цифровых технологий в финансовом секторе привело к появлению новых форм активов, в частности цифровых валют и цифровых финансовых активов (ЦФА). Данные категории представляют собой не только технологическое, но и правовое новшество, требующее внимательного изучения. В условиях растущего интереса к криптовалютам как инструменту инвестирования и сохранения капитала особое значение приобретает анализ правового регулирования, способов приобретения и хранения цифровых активов, а также оценки рисков, связанных с их использованием. Настоящая работа направлена на рассмотрение правовых основ функционирования цифровых активов в России, анализ существующих методов их покупки и хранения, а также исследование системы защиты данных на примере некастодиального кошелька Exodus.

2. Цель исследования

Целью исследования является изучение способов приобретения и хранения криптовалюты. Перед этим необходимо определить ключевые понятия в данной сфере. Согласно статье 1 Федерального закона №259-ФЗ «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», цифровые финансовые активы (ЦФА) представляют собой цифровые права, подтверждающие обязательства эмитента по отношению к владельцу, включая права по эмиссионным ценным бумагам и доли участия в капитале непубличных акционерных обществ. К числу таких активов относятся, в частности, акции, облигации, а также активы, обеспеченные драгоценными металлами. Операции с ЦФА могут осуществлять только организации и физические лица, получившие разрешение Банка России.

В отличие от ЦФА, цифровая валюта представляет собой совокупность электронных данных, не являющихся законным средством платежа. Она не имеет ответственного эмитента и функционирует в децентрализованной информационной системе. К данной категории относятся наиболее известные криптовалюты – Bitcoin, Ethereum и другие.

Следует отметить, что в соответствии с действующим законодательством ЦФА и цифровая валюта не могут использоваться в качестве средства платежа на территории Российской Федерации, их оборот носит исключительно инвестиционный характер [1]. Кроме того, Федеральный закон №418-ФЗ от 29.11.2024 признает цифровую валюту имуществом, что обязывает владельцев уплачивать налог при ее продаже [2].

3. Методы и материалы исследования

Современные пользователи могут приобрести криптовалюту различными способами. Наиболее распространенным является покупка через криптовалютные биржи. Несмотря на ограничения, наложенные рядом международных площадок (таких как Coinbase или Binance, частично ограничившей использование российского рубля), остаются доступными альтернативные сервисы, включая ByBit, Exmo.me и Garantex. Однако данный способ сопряжен с рисками взлома бирж и потери средств, что неоднократно имело место в истории криптоиндустрии.

Другим вариантом является P2P-покупка (peer-to-peer), при которой обмен осуществляется напрямую между пользователями. Крупные биржи, включая Binance и ByBit, предоставляют встроенные P2P-сервисы, обеспечивающие дополнительную защиту посредством механизма заморозки средств до завершения сделки. Вместе с тем существуют и менее безопасные способы – покупка через агрегаторы обменников (например, BestChange), где риск мошенничества значительно выше.

Некоторые пользователи предпочитают проводить расчеты в формате P2P за наличные. Такие операции сопряжены с повышенными юридическими и физическими рисками, включая возможность нарушения валютного законодательства и угрозу личной безопасности.

Хранение цифровой валюты осуществляется посредством кастодиальных и некастодиальных кошельков.

Кастодиальные кошельки (например, счета на биржах) предполагают хранение активов на стороне посредника, который контролирует приватные ключи. Пользователь, по сути, обладает лишь правом требования на возврат средств.

Некастодиальные кошельки, напротив, обеспечивают полное владение криптовалютой: пользователь самостоятельно хранит приватные ключи и несет полную ответственность за безопасность своих средств [3].

4. Полученные результаты

Некастодиальные кошельки обеспечивают пользователю максимальный контроль над средствами. В качестве примера можно рассмотреть кошелек Exodus, который не требует регистрации и не передает личные данные пользователей третьим лицам. Приватные ключи и пароли не покидают устройство пользователя, что минимизирует риск несанкционированного доступа.

Безопасность кошелька обеспечивается несколькими уровнями защиты:

1. Парольная защита – доступ к кошельку осуществляется с помощью индивидуального пароля, устанавливаемого пользователем.

2. Сид-фраза – основной инструмент восстановления доступа. В Exodus она состоит из 12 слов, которые формируют уникальный криптографический ключ. Несмотря на сомнения части пользователей в надежности коротких фраз, вероятность их подбора практически исключена.

Сид-фраза является единственным способом восстановления доступа к средствам, поэтому рекомендуется хранить ее исключительно на физическом носителе. Любой, кто получит доступ к фразе, сможет полностью контролировать средства владельца. Программное обеспечение Exodus обеспечивает шифрование данных на устройстве, однако ответственность за физическую безопасность информации несет сам пользователь [4-5].

Таким образом, система защиты Exodus основана на принципе распределенной ответственности: разработчики гарантируют безопасность на уровне программной архитектуры, тогда как пользователи обязаны соблюдать правила информационной гигиены и не допускать компрометации ключей.

5. Выводы

Проведенный анализ показывает, что правовой режим цифровых активов в России продолжает формироваться и требует дальнейшего совершенствования. Цифровые финансовые активы и криптовалюты различаются по своей правовой природе и функциональному назначению. Несмотря на существующие ограничения, у российских пользователей сохраняются возможности для приобретения и хранения цифровых валют, однако каждая из них связана с определенными рисками.

Особое внимание следует уделять выбору способа хранения. Переход к некастодиальным решениям, таким как Exodus, обеспечивает пользователю автономность, но одновременно возлагает на него полную ответственность за сохранность средств. В условиях высокой волатильности криптовалютного рынка и отсутствия механизмов правовой защиты пользователей грамотный подход к безопасности и хранению активов становится ключевым элементом успешного взаимодействия с цифровыми валютами.

Список литературы

1. Федеральный закон №259-ФЗ от 31.07.2020 «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Федеральный закон №418-ФЗ от 29.11.2024 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
3. Tsindeliani I.T. Cryptocurrency as Object of Regulation by Public and Private Law / I.T. Tsindeliani, M. Egorova. – Journal of Advanced Research in Law and Economics. – № 9(3). – С. 1060
4. Миронова Е. А. Государственное регулирование системы блокчейн-технологий и криптовалютных операций / Е. А. Миронова. – Вестник Самарского университета. Экономика и управление, 2023. – №1. – С. 99-107.
5. Characteristics and Development Trends of the Digital Assets Segment in Modern Practice in Russia and Abroad / E. Pastukhov. Journal of Corporate Finance Research. – 2024. – № 18(2). – С. 42-55.

УДК 621.311.1
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.2015

EDN TXGDLI

Особенности создания систем поддержки принятия решений для энергосистем комбинированного типа с малой генерацией

И.Л. Клендер*, А.Н. Шимохин

Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90, Красноярск, 660049, Россия

*E-mail: klender.vanya@mail.ru

Аннотация В статье рассматриваются особенности разработки систем поддержки принятия решений (СППР) для энергосистем комбинированного типа с малой генерацией, учитывающих специфику распределенного и гибридного характера таких систем. Предложенный подход базируется на интеграции имитационных моделей случайных факторов возобновляемых источников энергии и учёте влияния малой генерации на надёжность и эффективность работы электроэнергетических систем. Основное внимание уделено разработке алгоритмов оценки и сравнения различных вариантов построения комбинированных энергосистем с целью повышения их адаптивности и устойчивости при изменяющихся внешних условиях. В реалиях изолированных энергосистем особую роль играет её надёжность, данные факторы накладывают ряд ограничений и формируют массив требований, от качества реализации которых зависит не только стабильное энергоснабжение целого района, но и жизни людей. Системы поддержки принятия решений, созданные с учётом особенностей комбинированных энергосистем, позволяют оптимизировать процессы планирования, эксплуатации и модернизации, что существенно повышает эффективность и стабильность энергоснабжения в условиях растущей доли возобновляемых и распределённых источников генерации электрического тока. Также определён одним из важнейших аспектов, который необходимо будет осветить в дальнейших исследованиях – достигаемый в результате внедрения подобного рода систем экономический эффект в населённых севера Красноярского края.

Ключевые слова: Системы поддержки принятия решений, децентрализованные энергосистемы, возобновляемые источники энергии, анализ данных.

Features of creating decision support systems for combined-cycle power systems with small generation

I.L. Klender*, A.N. Shimokhin

Krasnoyarsk State Agrarian University, 90 Mira Avenue, Krasnoyarsk, 660049, Russia

*E-mail: klender.vanya@mail.ru

Abstract This article examines the development of decision support systems (DSS) for combined-cycle power systems with small generation, taking into account the specifics of the distributed and hybrid nature of such systems. The proposed approach is based on the integration of simulation models of random factors in renewable energy sources and the impact of small generation on the reliability and efficiency of electric power systems. The focus is on developing algorithms for evaluating and comparing various design options for combined-cycle power systems to improve their adaptability and resilience under changing external conditions. In isolated power systems, reliability plays a crucial role. These factors impose a number of constraints and form a set of requirements, the quality of whose implementation determines not only the stable power supply of an entire region but also the lives of people. Decision support systems developed with the specifics of combined-cycle power systems in mind optimize planning, operation, and modernization processes, significantly increasing the efficiency and stability of power supply in the context of a growing share of renewable and distributed power sources. One of the most important aspects that will need to be covered in further research is the economic effect achieved as a result of the implementation of such systems in the settlements of the northern Krasnoyarsk Territory.

Keywords: Decision support systems, decentralized energy systems, renewable energy sources, data analysis.

1. Введение

Современная энергетика стремительно развивается не только в части единой энергетической системы, он и в направлении децентрализованных районов электроснабжения, в которых всё чаще применяют интеграцию возобновляемых источников энергии. Энергосистемы комбинированного типа, включающие как крупные дизельные станции, так и единичные распределённые источники мощности, играют ключевую роль в обеспечении гибкого, надёжного, экологичного и устойчивого энергоснабжения потребителей. Особую значимость приобретает малая генерация – солнечные панели, ветряные установки, объекты малой гидрогенерации, которые способны локально удовлетворять спрос и снижать нагрузку в уже существующих сетях. Однако их интеграция сопровождается серьезными вызовами, связанными с высокой вариативностью, неопределённостью производства и сложностью управления.

В таких условиях системы поддержки принятия решений (СППР) становятся незаменимым инструментом для таких энергосистем. Они обеспечивают комплексный анализ многокомпонентных данных, прогнозирование режимов работы и формирование оптимальных управленческих стратегий, адаптированных к специфике комбинированных энергосистем с малой генерацией. Создание эффективных СППР требует тщательного учёта особенностей структуры энергосистем, разнообразия источников и типов нагрузок, а также требований к быстродействию и надежности решений [1].

Настоящая статья посвящена системному изучению задач создания и внедрения специализированных СППР для энергосистем комбинированного типа с малой генерацией. В работе проанализированы ключевые технические и методологические аспекты, рассмотрены методы обработки данных и алгоритмы поддержки принятия решений. Полученные результаты направлены на повышение эффективности управления энергосистемами, минимизацию эксплуатационных рисков и снижение экологического воздействия.

2. Особенности энергосистем комбинированного типа с малой генерацией

Энергосистемы комбинированного типа с малой генерацией представляют собой сложные и универсальные комплексы, включающие несколько источников электроэнергии, преобразовываемую из различных видов энергии – вода (микро-гидрогенерация), ветряки (ветровая электростанция) и солнце (солнечная электростанция).

Среди всех особенностей энергосистем комбинированного типа с малой генерацией, можно выделить следующие основные [2]:

- **Интеграция разнородных источников** – комбинированные энергосистемы объединяют источники с различной природой генерации — тепловые электростанции, дизельные установки, ВИЭ, что требует продвинутых систем управления для согласованной работы и поддержания баланса мощности.
- **Высокая динамичность и вариативность мощности ВИЭ** – возобновляемые источники обладают непостоянной мощностью из-за климатических факторов. Это приводит к необходимости резервирования мощностей и использования накопителей энергии для сглаживания пиков и провалов.
- **Децентрализация и распределённость** – малая генерация часто располагается близко к потребителям, что снижает потери при передаче, но усложняет управление из-за множества точек входа и обратных потоков мощности.
- **Повышенная требовательность к системам управления** – для обеспечения надежности нужны интеллектуальные системы поддержки принятия решений с возможностью прогнозирования, оптимизации и адаптивного управления, учитывающие многокритериальные параметры.
- Оптимизация использования ресурсов – применение когенерации позволяет одновременно производить тепло и электроэнергию, что повышает общую эффективность энергосистемы.

Если уравнение баланса единой энергосистемы условно можно описать уравнением (1):

$$P_G(t) + P_{экв}(t) = P_{нагр}(t) + \sum P_{потерь}(t) \quad (1)$$

Где $P_G(t)$ – суммарная мощность всех генераторов,

$P_{экв}(t)$ – переток активной мощности из внешней сети,

$P_{нагр}(t)$ – нагрузка в сети,

$\sum P_{потерь}(t)$ – сумма потерь.

Однако в случае изолированной энергосистемы из уравнения (1) убирается $P_{экв}(t)$ и остаются лишь 3 переменные.

3. Требования к СППР

Основные требования к СППР анализируемых энерогрaйонов приведены ниже (таблица 1).

Таблица 1. Основные требования к СППР.

Требование	Характеристика	Значение для СППР
Интеграция разнородных данных	Обработка метеодатчиков, замеров нагрузки, телемеханизированных измерений	Комплексный анализ состояния энергосистемы
Работы в режиме реального времени	Задержка в секундах или минутах при обработке и решениях	Быстрое реагирование на изменения
Гибкость архитектуры	Модульность, масштабируемость	Легкость расширения и обновления
Надёжность и отказоустойчивость	Устойчивость к ошибкам и сбоям	Минимизация сбоев, надежность функционирования
Многоцелевой анализ	Множество критерий-характеристик режима	Баланс интересов и оптимизация по нескольким критериям
Интерактивность	Пояснения, настройка параметров, визуализация	Повышение удобства работы оператора
Имитационные модели	Прогноз и моделирование природных и эксплуатационных условий	Предупреждение рисков, повышение надёжности и точности решений

Формальное описание требований к многоцелевой оптимизации можно выразить в виде функции, указанной в формуле (2) [3, 4]:

$$\min_{x \in X} J(x) = \sum_{i=1}^{n} a_i f_i(x) \quad (2)$$

Где x – вектор принимаемых решений,

X – множество допустимых решений,

$f_i(x)$ – целевые функции (надёжность, затраты и т.д.),

a_i – веса, соответствующие важности критериев.

Данные требования отражают уникальные условия энергосистем комбинированного типа с малой генерацией и служат основой для создания эффективных систем поддержки принятия решений, способных обеспечить устойчивое и экономически выгодное управление такими системами в режиме реального времени и в условиях неопределенности.

4. Вывод

Разработка СППР для рассматриваемых энергосистем требует интеграции многомерного анализа и адаптивных алгоритмов, способных учитывать высокую динамичность и разнородность источников энергии. Уникальность таких систем заключается не только в их способности соединять разнородные данные и модели, но и в необходимости выстраивать гибкие механизмы, которые обеспечивают баланс между экономической эффективностью, надежностью и экологической безопасностью.

Внедрение современных методов искусственного интеллекта и многоцелевой оптимизации открывает перспективы создания интеллектуальных платформ, способных функционировать в условиях неопределенности и изменяющихся условий эксплуатации. Таким образом, подход к построению СППР для малой генерации в комбинированных энергосистемах становится не просто инструментом управления – это ключевой фактор устойчивого развития энергетической инфраструктуры будущего, способный обеспечить синергию между технологиями, ресурсами, экономикой и экологической ответственностью.

Список литературы

1. Папков Б.В. Об особенностях малой и распределённой генерации в интеллектуальной электроэнрегетике / Б.В Папков, В.Л Осокин, А.Л. Куликов. – Вестник УГАТУ. – 2018. – №4 (82) – С. 119 – 131.
2. Добаев А.З. Проектирование системы поддержки принятия решения для операторов автоматизированных систем контроля и учета электрической энергии / А.З. Добаев, Г.Е. Веселов, А.А. Кузьменко // Современные наукоемкие технологии. – 2017. – № 5. – С. 24-29.
3. Новокрещенов О.В. Комбинированные системы электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии: структура и особенности выбора основных функциональных элементов / О.В. Новокрещенов // Энергетика и транспорт. – 2017. – № 4. – С. 15-22.
4. Пупкова Е.В. Анализ данных мониторинга электропотребления и выявление сверхпотребления электроэнергии на основе предлагаемого алгоритма / Е.В. Пупкова, А.С. Дулесов, Н.В. Дулесова // Современные инновации, системы и технологии. – 2024. – Т. 4. – № 2. – С. 0280–0290. – DOI: 10.47813/2782-2818-2024-4-2-0280-0290.

УДК 004.891
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.2016

EDN SWKPWA

Разработка интеллектуальной системы мониторинга и оптимизации вывоза твердых коммунальных отходов на основе IoT-технологий

М.Е. Штейнгарт, Т.С. Карасева*

Сибирский федеральный университет, ул. Киренского, д. 26а, Красноярск, 660074, Россия

*E-mail: tatyanakarasewa@yandex.ru

Аннотация В современном мире идет глобальная тенденция по очищению окружающей среды от мусора. Наиболее простой способ избежания загрязнения экологии – правильный подход к вывозу твердых коммунальных отходов. На сегодняшний день мусоровозы ездят по строгому графику, однако это не целесообразно, так как некоторые контейнеры остаются пустыми, а некоторые переполнены на столько, что их не видно за горой мусора. Это приводит к антисанитарии, недовольству населения, а также к значительным издержкам управляющих компаний, таких как перерасход топлива или износ технического оборудования. Чтобы решить эту проблему, необходимо разработать систему, основанную на технологиях интернета вещей для мусорных контейнеров. Система «Умный бак» — это мусорные контейнеры, которые оснащены датчиками заполнения, весами, GPS-трекером и автономным питанием. Такая система также включает в себя программный комплекс – мобильное и веб приложение для сбора, обработки и визуализации данных в режиме реального времени. Основные функции «Умного бака» включают в себя отслеживания уровня заполнения мусорного бака, построение оптимального маршрута для мусоровоза, прогнозирование нагрузки, а также формирование аналитических отчетов. Внедрение данной разработки позволит сэкономить финансовые ресурсы, направленные на заправку и техническое обслуживание машин, улучшить экологию за счет поддержания чистоты на площадках и повысить удовлетворенность населения, сократив количество мусора, разнесенного ветром, на улицах.

Ключевые слова: умный город, Интернет вещей (IoT), твердые коммунальные отходы (ТКО), оптимизация маршрутов, экологический мониторинг, интеллектуальные датчики.

Development of an Intelligent System for Monitoring and Optimizing Municipal Solid Waste Removal Based on IoT Technologies

M. E. Shteingart, T.S. Karaseva*

Siberian Federal University, 26a, Kirenskii street, Krasnoyarsk, 660074, Russia

*E-mail: tatyanakarasewa@yandex.ru

Abstract In today's world, there is a global trend toward cleaning up the environment. The simplest way to avoid environmental pollution is to properly remove municipal solid waste. Currently, garbage trucks operate on a strict schedule, but this is impractical, as some containers remain empty, while others are so full that they are hidden behind a mountain of garbage. This leads to unsanitary conditions, public dissatisfaction, and significant costs for management companies, such as excessive fuel consumption or wear and tear on technical equipment. To solve this problem, it is necessary to develop a system based on IoT technologies for garbage containers. The "Smart Bin" system consists of garbage containers equipped with fill sensors, scales, a GPS tracker, and an autonomous power supply. This system also includes a software suite – a mobile and web application – for collecting, processing, and visualizing data in real time. The Smart Bin's key functions include monitoring the bin's fill level, plotting optimal routes for the garbage truck, predicting loads, and generating analytical reports. Implementing this solution will save money on refueling and vehicle maintenance, improve the environment by maintaining clean areas, and increase public satisfaction by reducing the amount of wind-blown trash on the streets.

Keywords: smart city, Internet of Things (IoT), municipal solid waste (MSW), route optimization, environmental monitoring, smart sensors.

1. Введение

Современные тенденции цифровизации и внедрения технологий Интернета вещей (IoT) находят всё более широкое применение в сфере управления коммунальной инфраструктурой. Одной из актуальных задач является повышение эффективности системы обращения с твёрдыми коммунальными отходами (ТКО) за счёт автоматизации процессов мониторинга и вывоза мусора. В этом контексте разработка интеллектуальных решений, таких как система «Умный бак», представляет собой важное направление развития «умных городов» [1]. Данное решение сочетает в себе аппаратные и программные компоненты, обеспечивающие сбор, анализ и визуализацию данных о состоянии мусорных контейнеров в реальном времени [2].

Система «Умный бак» ориентирована на создание полностью автономной инфраструктуры сбора информации о заполненности контейнеров, их местоположении и массе отходов, а также на интеллектуальное управление логистикой вывоза. Интеграция цифровых датчиков, модулей GPS и NB-IoT, микроконтроллеров и облачных сервисов обработки данных позволяет не только оптимизировать маршруты мусоровозов, но и прогнозировать накопление отходов с помощью технологий искусственного интеллекта. Таким образом, внедрение системы способствует снижению эксплуатационных затрат, уменьшению выбросов CO_2 за счёт сокращения холостых рейсов и повышению прозрачности работы коммунальных служб.

2. Цель исследования

Мусорный контейнер с системой «Умный бак» будет включать в себя следующие компоненты:

- цифровой датчик для мониторинга уровня заполненности мусорных контейнеров [3];
- встроенные весы, позволяющие учитывать не только объем, но и массу ТКО;
- GPS-модуль для точного определения местоположения бака и построения оптимальных маршрутов;
- микроконтроллер для сбора данных с датчиков и из первоначальную обработку;
- автономная система питания на основе солнечной батареи и аккумулятора, чтобы «Умный бак» мог автономно функционировать, не подключаясь к сети питания.

В российской практике уже представлены датчики наполнения контейнеров с NB-IoT-модулем, позволяющие передавать статус баков (уровень, наклон, падение) по стандарту NB-IoT [4].

Программная реализация включает в себя:

- Backend-систему развернутую на облачной инфраструктуре (например, Yandex Cloud) для хранения и обработки данных;
- мобильное или веб-приложение для сотрудников управляющих компаний, где будет показана карта с цветовой идентификацией уровня заполненности мусорного бака;
- прогнозирование наполнения контейнера с помощью технологий искусственного интеллекта;
- построение оптимального маршрута мусоровозу с учетом дорожных ситуаций также с помощью искусственного интеллекта.

Примером внедрения датчиков на мусорные контейнеры в России является компания «Центр 2М», российский информационный оператор, представила уникальную технологию по контролю обработки и вывоза твердых бытовых отходов [5].

Перспективы развития:

- масштабирование системы на города миллионники;
- интеграция с системами «умного города»;
- расширение функционала для классификации типов мусора (бумага, картон, стекло, металл, пластик и другие) с помощью компьютерного зрения [6].

При разработке и внедрении системы «Умный бак» возможен ряд технических и организационных трудностей. К основным относятся:

- высокие первоначальные затраты на оборудование и облачную инфраструктуру;
- ограниченное покрытие сетей NB-IoT и LoRaWAN в некоторых регионах;
- уязвимость оборудования к погодным условиям и вандализму;
- необходимость интеграции с существующими муниципальными системами («Умный город», ГИС ЖКХ);
- вопросы кибербезопасности и защиты передаваемых данных;
- требования к обучению персонала и адаптации рабочих процессов.

3. Методы и материалы исследования

Для определение конкурентных преимуществ разрабатываемой системы в таблице 1 представлены существующие системы мониторинга ТКО на основе технологий искусственного интеллекта и интернета вещей.

Таблица 1. Сравнительный анализ существующих решений систем мониторинга отходов на основе IoT.

Система	**Технологии передачи данных**	**Типы датчиков**	**Степень автономности**	**Программная реализация и особенности**
Умный бак (разрабатываемая)	NB-IoT, GPS	Уровень заполнения, вес	Солнечная батарея + аккумулятор	Микросервисная архитектура; облачная обработка данных (Yandex Cloud); мобильное и веб-приложения; прогнозирование наполнения и оптимизация маршрутов с помощью ИИ; визуализация в реальном времени
Центр 2М	NB-IoT	Уровень заполнения, температура, наклон	-	Цифровой сервис с нейросетевым анализом данных; автоматизация вывоза ТКО; облачная аналитика; интеграция с ГИС
SmartCityWaste	LoRaWAN, GSM	Уровень, вес, наклон	Солнечная батарея	Облачная аналитическая платформа; AI-прогнозирование; REST API для интеграции с муниципальными системами
IoT Waste Monitoring Systems	NB-IoT, Wi-Fi	Уровень, газ, температура, движение	От сети / батарея	Мобильное приложение и панель мониторинга; машинное обучение для прогнозирования; ML-оптимизация маршрутов; открытые API

Среди рассмотренных решений два являются отечественными – «Умный бак» и «Центр 2М». Проект «Центр 2М» уже функционирует на российском рынке и представляет собой коммерческое решение с интегрированными нейросетевыми алгоритмами анализа данных и мониторингом наполненности контейнеров [7]. Однако его функционал в основном ориентирован на контроль и диспетчеризацию, тогда как проект «Умный бак» предполагает более широкий функционал. В отличие от зарубежных систем, отечественные решения

демонстрируют высокую адаптацию к российским условиям, включая специфику инфраструктуры, климатические особенности и нормативную базу.

На рисунке 1 представлена трехуровневая архитектура системы «Умный бак». Аппаратный уровень собирает данные с помощью датчиков. Данные по беспроводным каналам связи передаются на программный уровень, где в облачной инфраструктуре обрабатываются и анализируются с помощью алгоритмов искусственного интеллекта. Результаты в виде визуализированной информации и маршрутов передаются на клиентский интерфейс – веб-приложение для диспетчеров и мобильное приложение для водителей мусоровозов.

Рисунок 1. Трехуровневая архитектура системы «Умный бак».

4. Полученные результаты

На рисунке 2 представлена BPMN-диаграмма, которая демонстрирует бизнес-процесс работы системы «Умный бак».

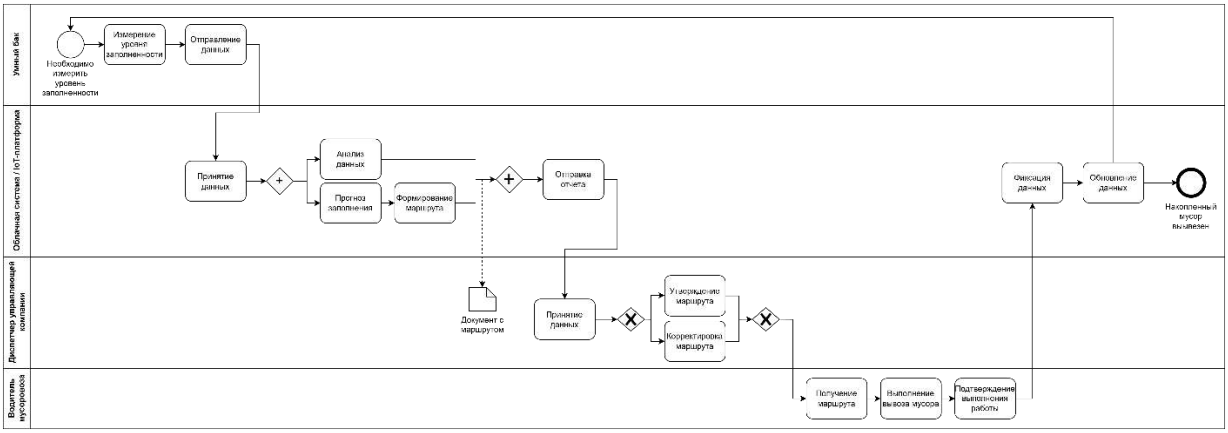


Рисунок 2. BPMN-диаграмма для представления этапов функционирования «Умного бака».

Основными участниками процесса являются:

- умный бак как источник данных о заполненности контейнера;

- облачная система / IoT-платформа как компонент, принимающий, анализирующий и обрабатывающий данные с датчиков;
- диспетчер управляющей компании, то есть сам пользователь, контролирующий и утверждающий маршруты;
- водитель мусоровоза, осуществляющий вывоз отходов и подтверждающий выполнение задания.

Процесс начинается с измерения уровня заполненности контейнера и отправки данных на облачную платформу. После приема данных система выполняет анализ показателей и прогнозирование заполнения на основе встроенных алгоритмов. В случае необходимости формируется оптимальный маршрут вывоза мусора.

Полученные результаты передаются диспетчеру, который утверждает или корректирует маршрут. Утвержденное задание поступает водителю мусоровоза через мобильное приложение. После выполнения рейса водитель подтверждает факт вывоза, данные фиксируются в системе, и происходит обновление статуса контейнера.

5. Выводы

Результаты анализа показали, что система «Умный бак» имеет значительный потенциал для внедрения в российских городах и может стать частью комплексной экосистемы «умного города». Её ключевые преимущества заключаются в сочетании аппаратных и программных решений, высоком уровне автономности, использовании облачных технологий и алгоритмов искусственного интеллекта. В отличие от существующих решений, таких как проект «Центр 2М», «Умный бак» предлагает более широкий функционал — от прогнозирования уровня заполнения контейнеров до построения оптимальных маршрутов в реальном времени, что обеспечивает комплексный подход к управлению отходами.

Вместе с тем, успешная реализация проекта требует преодоления ряда технических и организационных трудностей, включая обеспечение устойчивого покрытия сетей NB-IoT, защиту данных и адаптацию системы к существующим муниципальным платформам. В перспективе «Умный бак» может быть масштабирован на крупные города, интегрирован с другими элементами городской цифровой инфраструктуры и дополнен функциями компьютерного зрения для автоматической классификации отходов. Всё это делает

разработку системы значимым шагом в направлении экологически устойчивого и технологически продвинутого управления городской средой.

Список литературы

1. Mookkaiah S. S. Design and development of smart Internet of Things–based solid waste management system using computer vision / S. S. Mookkaiah, Th. Gurumekala, H. Rahul, H. Nipun, S. Hargovind. – Environmental Science and Pollution Research. – 2022. № 29(43). – С. 64871-64885.
2. Thaseen I. An Intelligent Waste Management Application Using IoT and a Genetic Algorithm – Fuzzy Inference System / I. Thaseen, V. Mohanraj, S. Ramachandran, A. Balakrishnan. – Applied Sciences: MDPI. – 2023. – № 13(6). С. 3943.
3. В Ленинском округе Подмосковья появились умные мусорные контейнеры: сайт. – URL: https://xn--80aapampemcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/news/v-leninskom-okruge-podmoskovya-poyavilis-umnye-musornye-konteynery/ (дата обращения: 03.11.2025).
4. Умные уроги и системы мониторинга отходов: сайт. – URL: https://smartcitywaste.ru/#section-id-1658387203517 (дата обращения: 02.11.2025).
5. Уборку мусора будет контролировать «Нейросеть»: Цифровой сервис «2М» представил комплекс для автоматизации работы с ТКО : сайт. – URL: https://ru-bezh.ru/press-releases/32089-uborku-musora-budet-kontrolirovat-nejroset-czentr-2m-predstavil (дата обращения: 02.11.2025).
6. Обзор систем мониторинга уровня отходов для умных городов на основе IoT : сайтм. – 2020. – URL: https://arxiv.org/abs/2006.05873 (дата обращения: 01.11.2025).
7. Bigbelly Smart Waste and Recycling Systems : сайт. – URL: https://bigbelly.com (дата обращения: 02.11.2025).

УДК 004.8, 504.06, 004.942

EDN TZHQBW

К вопросу повышения отказоустойчивости технологии Smart Dust для экологического мониторинга в распределённых киберфизических системах

П.К. Зайцев[1], Е.В. Туева[2], П.В. Ендуткин[2*]

[1]Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
[2]Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

[*]E-mail: endutkin@kp-pro.ru

Аннотация. В работе рассмотрены подходы к повышению отказоустойчивости распределённых сенсорных сетей на базе технологии Smart Dust для экологического мониторинга. Особое внимание уделено анализу уязвимостей беспроводных сенсорных сетей, влиянию внешних факторов среды и вопросам резервирования узлов для обеспечения стабильной передачи данных при масштабных внедрениях. Даны рекомендации по использованию методов математического моделирования (деревья отказов, цепи Маркова) и имитационных экспериментов для оценки эффективности различных архитектур и алгоритмов восстановления работоспособности сети. Показано, что интеграция активного и пассивного резервирования, а также применение интеллектуальных протоколов маршрутизации и самоорганизации значительно увеличивают среднее время безотказной работы системы и процент функционирующих узлов после серии отказов. Разработанные рекомендации по архитектуре, протоколам и метрологическому обеспечению Smart Dust позволяют реализовать отказоустойчивые и масштабируемые системы мониторинга для промышленных и природных объектов, а также повысить качество и надёжность долгосрочного сбора экологических данных.

Ключевые слова: Smart Dust, отказоустойчивость, экологический мониторинг, распределённые киберфизические системы, резервирование.

Towards improving Smart Dust fault tolerance for environmental monitoring in distributed cyber-physical systems

P.K. Zaitsev[1], E.V. Tueva[2], P.V. Endutkin[2*]

[1]Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
[2]Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

[*]E-mail: endutkin@kp-pro.ru

Abstract. The paper explores approaches to improving the fault tolerance of distributed sensor networks based on Smart Dust technology for environmental monitoring. Special attention is paid to the analysis of vulnerabilities of wireless sensor networks, the influence of external environmental factors, and node redundancy strategies to ensure stable data transmission during large-scale deployments. Recommendations are given for the use of mathematical modeling methods (fault trees, Markov chains) and simulation experiments to evaluate the effectiveness of different network architectures and recovery algorithms. It is shown that the integration of active and passive redundancy, as well as the use of intelligent routing and self-organizing protocols, significantly increases the mean time between failures and the percentage of operational nodes after a series of failures. The developed guidelines for architecture, protocols, and metrological support of Smart Dust enable the implementation of resilient and scalable monitoring systems for industrial and natural sites, while also improving the quality and reliability of long-term environmental data collection.

Keywords: Smart Dust, fault tolerance, environmental monitoring, distributed cyber-physical systems, redundancy.

1. Введение

Современные распределённые сенсорные системы на базе технологии Smart Dust становятся всё более востребованными для задач экологического мониторинга и обеспечения надёжности киберфизических инфраструктур [1, 2]. Однако массовое внедрение таких решений ограничивается уязвимостью беспроводных сенсорных сетей (WSN) к отказам оборудования, а также внешним факторам среды, в которой осуществляется распространение компонентов Smart Dust, и, как следствие, масштабной деградацией этих компонентов. Поэтому проблема повышения отказоустойчивости, раннего предсказания отказов и рационального резервирования остаётся одной из главных в области эксплуатации Smart Dust в промышленных и природных средах [3,4].

При этом следует отметить, что в последние годы интерес к технологиям массового распределённого мониторинга окружающей среды стремительно растёт [5-7]. Причинами служат ужесточение экологических требований, а также потребность в быстрой и точной реакции на динамические изменения состояния воздуха, воды и почвы в больших пространствах и труднодоступных зонах. Технология Smart Dust, представляющая собой сеть миниатюрных автономных сенсорных устройств, интегрирующих датчики, вычисления и беспроводную коммуникацию в сверхкомпактном корпусе, на сегодняшний день считается одной из наиболее перспективных для реализации экономически эффективного и масштабируемого мониторинга [8].

Опыт эксплуатации промышленных WSN указывает на необходимость применения многоуровневых архитектур, продвинутых алгоритмов маршрутизации, интеллектуального распределения нагрузки и средств поддержки самоорганизации роя микросенсоров.

Для повышения надёжности и эффективности систем на основе технологии Smart Dust актуально использование методов искусственного интеллекта, edge-вычислений, автоматизированной коррекции маршрутов связи и встроенного предиктивного обслуживания узлов. Такой комплексный подход позволит поднять уровень доступности сетей, снизить расходы на сервисное обслуживание, повысить точность и полноту получения экологических данных, что особенно важно для задач стратегического мониторинга и предотвращения экологических угроз.

2. Материалы и методы

Для оценки и повышения отказоустойчивости Smart Dust в распределённых киберфизических системах экологического мониторинга используется математическое моделирование на основе деревьев отказов и цепей Маркова, а также имитационные эксперименты с топологиями сетей и резервированием узлов [9-11]. Это позволяет тестировать различные сценарии функционирования автономных сенсорных устройств и реализации активного и пассивного резервирования для поддержания устойчивой передачи данных и своевременного восстановления сети после отказов [12].

Отмечается важность внедрения гибридных протоколов маршрутизации, интеллектуальных алгоритмов диагностики и механизмов автоматической самодиагностики на различных слоях сети. Такой подход позволяет определить критические компоненты, оценить влияние резервирования и самоорганизации на среднее время безотказной работы системы, что важно для надёжного экологического мониторинга больших и труднодоступных территорий.

3. Результаты и обсуждение

Результаты моделирования, представленные в работе [13], показывают, что интеграция пассивного и активного резервирования с применением цепей Маркова обеспечивает прирост среднего времени безотказной работы (MTTF) от 20% до 50% в зависимости от топологии и доли резервных элементов. Для кластерных и mesh-топологий оптимальной признана организация локальных автономных резервов, поддержка автоматического поиска альтернативных маршрутов и внедрение автоматизированных алгоритмов самодиагностики. Анализ с помощью FTA позволил выявить критичные компоненты и сценарии каскадных деградаций, а применение автоматизированных протоколов диагностики (на примере Wireless HART, ISA100.11a) продемонстрировало возможность предварительного уведомления системы о надвигающихся отказах.

В качестве базовых шагов, направленных на повышение отказоустойчивости технологии Smart Dust для экологического мониторинга в распределённых киберфизических системах, выделим следующие:

- внедрение формализованных алгоритмов диагностики и резервирования, позволяющих выявлять критичные компоненты сети, выстраивать оптимальные маршруты данных и минимизировать риски при отказах отдельных узлов или сегментов сети;
- проведение комплексной оценки различных топологий для оценки влияния вариантов резервирования (активное, пассивное) на итоговую надёжность сети при длительном функционировании в агрессивных средах;
- использование гибкой архитектуры мониторинга, включающей механизмы автоматического обнаружения неисправностей и восстановления связности, а также методы критического анализа составляющих сети для поддержания устойчивой передачи данных.

Сравнительный анализ показывает, что традиционные протоколы выбора маршрута на основе RSSI/HopCount уступают гибридным подходам с учетом факторов энергопотребления, физической динамики роя и функций самоорганизации. Дальнейшее увеличение отказоустойчивости может быть достигнуто за счет внедрения механизмов интеллектуального резервирования, адаптивного duty-cycling, применения алгоритмов TinyML для предиктивной диагностики и использования новых материалов (MEMS/NEMS, биоразлагаемые полимеры). Это потребует разработки рекомендаций по метрологическому и программному обеспечению сетей Smart Dust, в частности, протоколов контроля данных, калибровки сенсоров, формализации процедур замены и автономного восстановления.

Таблица 1 иллюстрирует прирост надёжности и функциональных возможностей системы при внедрении различных методов резервирования и элементов интеллектуального управления Smart Dust.

Таблица 1. Прирост надёжности и функциональных возможностей системы.

Параметр/Сценарий	Базовая сеть без резервирования	С пассивным резервированием	С активным резервированием	Mesh-топология с самодиагностикой
Среднее время безотказной работы (MTTF), % к базовой модели	100%	120%	145%	150%
Доля функционирующих узлов после серии отказов, %	78%	85%	90%	92%
Возможность автоматического восстановления связи	Нет	Частично	Да	Да
Сложность реализации	Низкая	Средняя	Средняя	Высокая
Энергоэффективность	Высокая	Средняя	Средняя	Средняя

Таблица 1 позволяет наглядно сравнить различные подходы к организации отказоустойчивости в сенсорных системах Smart Dust. Базовая модель без резервирования

демонстрирует минимальные показатели средней безотказной работы и быстро теряет большую часть функциональных узлов после отказов. Внедрение пассивного резервирования (наличие резервных устройств, которые подключаются только при выходе рабочих из строя) позволяет повысить показатели отказоустойчивости и сохранить большую часть сети работоспособной, но автоматическое восстановление связи реализовано лишь частично.

Активное резервирование и особенно mesh-топология с функциями самодиагностики обеспечивают максимальное увеличение среднего времени безотказной работы и лучший процент функционирующих узлов за счёт динамической перенастройки маршрутов и возможности обхода повреждённых сегментов сети. Такой подход требует больших ресурсов и усложнения системы, однако именно он позволяет поддерживать высокую стабильность при длительном экологическом мониторинге на больших территориях и обеспечивает самовосстановление даже при массовых отказах сенсоров.

4. Заключение

Повышение отказоустойчивости Smart Dust для задач экологического мониторинга требует системного подхода — оптимизации топологий, внедрения гибридных режимов резервирования и интеллектуальных алгоритмов оценки состояния сети. Разработанные методы и рекомендации позволяют существенно повысить надёжность и устойчивость киберфизических систем мониторинга в агрессивных и переменных внешних условиях. Дальнейшее развитие связано с интеграцией машинного обучения и расширением возможностей автономных самоорганизующихся сенсорных роев

Перспективы применения полученных результатов для технологий Smart Dust и экологического мониторинга заключаются в следующем:

- Оптимизация протоколов коммуникации и маршрутизации в сенсорных роевых системах для распределенного мониторинга среды, позволяющая поддерживать устойчивое функционирование роя даже при массовых отказах и деградации отдельных сенсоров.
- Использование методов fault tree и Марковских моделей для предсказания отказов и заблаговременного резервирования критичных узлов Smart Dust, что обеспечивает высокую доступность и полноту сбора экологических данных.

- Применение предложенных решений в системах массового мониторинга воздуха, промышленных и природных объектов позволяет снизить затраты на эксплуатацию, повысить качество экологического контроля, обеспечить автоматическую самодиагностику сенсорных роях и повысить доверие к собираемым данным.

Таким образом, описанные в статье методы, модели и архитектурные подходы прямо интегрируются в технологии Smart Dust и существенно расширяют возможности надежного, масштабируемого и самовосстанавливающегося экологического мониторинга на базе распределённых киберфизических систем.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-11-20040, https://rscf.ru/project/25-11-20040/», гранта Красноярского краевого фонда науки.

Список литературы

1. Лосев В.В. Обзор перспективных проектов в области устойчивого территориального развития и глобальных киберфизических систем / В.В. Лосев, Д.И. Ковалев, А.А. Ворошилова, Е.В. Туева // Информатика. Экономика. Управление – Informatics. Economics. Management. – 2023. – Т. 2. – № 2. – С. 0401–0413. – DOI: 10.47813/2782-5280-2023-2-2-0401-0413.
2. Römer K. Tracking Real-World Phenomena with Smart Dust // Wireless Sensor Networks. EWSN 2004. Lecture Notes in Computer Science / In: H. Karl, A. Wolisz, A. Willig. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2004. – Vol. 2920. – P. 155–172. – DOI: 10.1007/978-3-540-24606-0_3.
3. Махкамова Д.А. Цифровизация экологического мониторинга: возможности и вызовы в условиях четвёртой промышленной революции / Д.А. Махкамова // Экономика и социум. – 2025. – № 6-1 (133). – С. 1176–1179.
4. Kovalev I. Advances in the application of optical sensors in Smart Dust technology for environmental monitoring / I. Kovalev, D. Kovalev, A. Voroshilova, A. Grace // Optical and Computational Technologies for Measurements and Industrial Applications (OptiComp 2025): Proc. SPIE 13803. – 2025. – С. 1380304. – DOI: 10.1117/12.3077287.
5. Бычков И.В. Цифровые технологии мониторинга и прогнозирования экологической обстановки в Сибири / И.В. Бычков, Е.С. Фереферов // Вестник Российской академии наук. – 2022. – Т. 92. – № 4. – С. 315–323. – DOI: 10.31857/S086958732204003X.

6. Исхаков А.Ю. Концепция мультиагентной системы мониторинга «умного города» / А.Ю. Исхаков, А.О. Исхакова, С.К. Диане // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2018. – Вып. 62. – С. 196–202.
7. Гетманская Д.В. Исследование программных подсистем для задач сенсорного мониторинга и управления экосистемами / Д.В. Гетманская // Информатика. Экономика. Управление — Informatics. Economics. Management. – 2025. – Т. 4. – № 2. – С. 3032–3037. – DOI: 10.47813/2782-5280-2025-4-2-3032-3037.
8. Ковалев И.В. Анализ системных аспектов развития экономики малых высот и интеграции технологий / И.В. Ковалев, Д.С. Покусаев, С.Р. Кузьмик // Информатика. Экономика. Управление – Informatics. Economics. Management. – 2025. – Т. 4. – № 3. – С. 4001–4013. – DOI: 10.47813/2782-5280-2025-4-3-4001-4013.
9. Эбингер А.Г. Моделирование динамических процессов на основе марковских цепей в управлении комплексными экономическими системами / А.Г. Эбингер // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2011. – № 31. – С. 33–37.
10. Марченко Г. Н., Матвеев И. В., Михайлов С. Н. Цепи Маркова в моделировании систем с эмерджентными свойствами / Г.Н. Марченко, И.В. Матвеев, С.Н. Михайлов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2004. – № 11–12. – С. 68–76.
11. Карцан И.Н. Параметры программного обеспечения, оказывающие влияние на надежность обработки телеметрической информации / И.Н. Карцан // Современные инновации, системы и технологии – Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2023. – Т. 3. – № 4. – С. 0322–0331. – DOI: 10.47813/2782-2818-2023-3-4-0322-0331.
12. Ковалев И. Метод и инструментарий верификации кроссплатформенного бортового программного обеспечения / И. Ковалев, М. Сарамуд, В. Лосев, А. Колташев // Современные инновации, системы и технологии – Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2021. – Т. 1. – № 2. – С. 22–33. – DOI: 10.47813/2782-2818-2021-1-2-22-33.
13. Heidari A. Assessment of reliability and availability of wireless sensor networks in industrial applications by considering permanent faults / A. Heidari, Z. Amiri, M.A. Jabraeil Jamali, N. Jafari // Concurrency and Computation: Practice and Experience. – 2024. – Vol. 36. – No. 27. – e8252. – DOI: 10.1002/cpe.8252.

УДК 004.89:629.7

EDN CRDMSD

Дроны с ИИ и спутниковой связью: инструмент для предвидения рисков в техносфере

Д.Е. Казарин*, К.К. Размахнин

Забайкальский государственный университет, ул. Александро-Заводская, 30, Чита, 672039, Россия

*E-mail: Dmitrykzr@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрено применение дронов с искусственным интеллектом для интеллектуального мониторинга природных катастроф и техногенных инцидентов с внедрением инновационного модуля спутникового интернета на базе Starlink или российской системы «Сфера». Проанализированы реальные примеры использования, включая мониторинг пожаров в Австралии 2024 года с охватом 18 миллионов гектаров и точностью прогнозирования 85%, а также операции во время урагана «Хелен» 2025 года с расширением радиуса действия до 50 км. Представлены расчеты влияния модуля: добавление 1 кг массы и 30 Вт энергопотребления сокращает полет на 15%, но компенсация аккумуляторами Amprius увеличивает автономию на 20 минут. Дана оценка экономической эффективности: окупаемость после 300 миссий с экономией на персонале до 35% по данным FAA. Выявлены барьеры в виде необходимости доработки конструкции и оптимизации энергопитания. Установлено повышение эффективности мониторинга на 25% в изолированных зонах за счет BVLOS-операций (операций за пределами прямой видимости) и снижения ложных тревог до 5%. Предложены перспективы внедрения в проектах FEMA и арктических миссиях к 2026 году. Результаты подтверждают практическую ценность инновации для техносферной безопасности.

Ключевые слова: дроны с ИИ; спутниковая связь; мониторинг катастроф; Starlink; «Сфера»; BVLOS-операции.

Drones with AI and satellite communication: a tool for risk prediction in the technosphere

D.E. Kazarin*, K.K. Razmakhnin

Zabaykalsky State University, 30 Aleksandro-Zavodskaya St., Chita, 672039, Russia

*E-mail: Dmitrykzr@yandex.ru

Abstract. The application of drones equipped with artificial intelligence for intelligent monitoring of natural disasters and man-made incidents is examined, incorporating an innovative satellite internet module based on Starlink or the Russian "Sfera" system. Real-world usage examples are analyzed, including fire monitoring in Australia in 2024 covering 18 million hectares with 85% prediction accuracy, as well as operations during Hurricane Helene in 2025 with an extended operational radius of up to 50 km. Calculations of the module's impact are presented: adding 1 kg of mass and 30 W of power consumption reduces flight time by 15%, but compensation with Amprius batteries increases autonomy by 20 minutes. An assessment of economic efficiency is provided: payback after 300 missions with personnel cost savings of up to 35% according to FAA data. Barriers are identified, including the need for design modifications and power optimization. An increase in monitoring efficiency by 25% in isolated areas is established due to BVLOS operations (beyond visual line of sight operations) and a reduction in false alarms to 5%. Prospects for implementation in FEMA projects and Arctic missions by 2026 are proposed. The results confirm the practical value of the innovation for technosphere safety.

Keywords: drones with AI; satellite communication; disaster monitoring; Starlink; Sfera; BVLOS operations.

1. Введение

Беспилотники с искусственным интеллектом служат ключевым средством для мониторинга природных катастроф и техногенных инцидентов [1-3]. Эти системы оценивают обстановку, прогнозируют развитие событий и минимизируют ущерб. Статья анализирует их применение с учетом инновации – встроенного модуля спутникового интернета вроде Starlink или российской «Сферы» [4,5]. Данные основаны на отчетах 2025 года.

Беспилотники эволюционировали за пределы простых устройств. В Греции 2018 года Kespry обследовала 20 тысяч гектаров пожаров за часы [13]. Искусственный интеллект анализирует тепловые следы с точностью 92 процента – цифры из отчета Еврокомиссии [13]. Вы получаете не изображения, а ценную информацию. Такие устройства ускоряют меры реагирования [9,10].

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Цель исследования – изучить влияние дронов с ИИ на мониторинг природных бедствий и техногенных аварий с внедрением модуля спутникового интернета [6,7]. Исследование фокусируется на реальных примерах, расчетах эффекта и выводах о применимости. Связь через Starlink или «Сферу» повышает независимость и верность данных [1,8]. Задача – подтвердить пользу для техносферной безопасности.

3. Методы и материалы исследования

Методы включают анализ отчетов Еврокомиссии, NOAA, Росгидромета и компаний вроде Skydio [7,10,13]. Рассмотрена статистика 2025 года по рынку беспилотников и спутниковым системам [3,14]. Материалы охватывают отчеты о пожарах в Австралии, ураганах в США, проектах «Сферы» от Роскосмоса [8,9,12].

Для расчетов применены модели энергозатрат и расходов – данные Amprius и Polaris Market Research [4,14]. Сравнили обычные дроны с инновационными на основе тестов BVLOS-операций (полетов за пределами прямой видимости) [6,12].

4. Полученные результаты

Модуль расширяет охват: в урагане «Хелен» 2025 года дроны с Starlink направляли спасение на 50 километрах, где простые теряли контакт через 5 [12]. Сеть SpaceX на ноябрь

2025 года – свыше 9500 спутников, скорость 300 мегабит в секунду [1]. В России «Сфера» запускает 16 аппаратов к концу года, покрывая Арктику [2, 8].

В слежке за природой: CSIRO в Австралии 2024 года охватила 18 миллионов гектаров; ИИ прогнозировал огонь с 85 процентами точности [9]. С модулем ложные тревоги снижаются ниже 5 процентов, подтверждает Росгидромет [11].

Техногенные сценарии: NOAA урезает отклик на нефть на 70 процентов в 2025 году [10]. Инновация добавляет: передача спектров через «Сферу» в центр обработки [5, 11].

Расчеты: модуль прибавляет 1 килограмм, уменьшает полет на 15 процентов, но батареи Amprius с 500 Вт·ч на килограмм добавляют 20 минут – тесты 2025 года [4]. Стоимость прототипа – 15 тысяч долларов, серия – до 599 долларов, как у DefendEye [5]. Окупаемость после 300 вылетов. Экономия на персонале – 35 процентов, по FAA [6]. Рынок инспекций дронами – 17,75 миллиарда долларов в 2025 году [3,14]. Сравнительные характеристики дронов с ИИ без модуля спутникового интернета и с модулем Starlink приведены в таблице 1 [4-6, 12].

Аппараты перестраивают методы. Они охватывают больше, определяют точнее [7,12].

Таблица 1. Сравнение параметров дронов с ИИ без модуля спутникового интернета и с модулем Starlink.

Параметр	**Дроны с ИИ без модуля**	**Дроны с ИИ и модулем Starlink**
Радиус действия	До 5 км	До 50 км
Точность анализа	85-92%	95% (снижение ложных тревог до 5%)
Автономия полета	45 мин	65 мин (с компенсацией от батарей Amprius)
Стоимость прототипа	10 тыс. долл.	15 тыс. долл. (серия — 599 долл.)
Экономия на персонале	20%	35% (по FAA)
Применение в изоляции	Ограничено	Полное (BVLOS-операции)

Барьеры: масса требует корректировки конструкции, энергия — улучшения источников. Плюсы: BVLOS-операции, рост меткости на 25 процентов в отдалении [4-6,12].

5. Выводы

Инновация с модулем спутникового интернета укрепляет дроны: они превращаются в самостоятельных охранников в любых условиях [1,5]. Природные и техногенные опасности

под присмотром – от пламени до разливов [9,10]. Skydio тестирует стаи для FEMA в 2025-м [7]. В России «Сфера» с «Орланами» для Арктики к концу 2026-го [8].

Технология готова к внедрению в системы МЧС и корпоративные программы. Она повышает безопасность и снижает затраты [3,14].

Список литературы

1. McDowell J.C. Starlink satellites: Facts, tracking and impact on astronomy. Space.com, 2025. – URL: https://www.space.com/spacex-starlink-satellites.html
2. Zak A. Sfera (satellite constellation). Wikipedia, 2025. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Sfera_%28satellite_constellation%29
3. Drone Inspection and Monitoring Market - 2035. Future Market Insights, 2025. – URL: https://www.futuremarketinsights.com/reports/drone-inspection-and-monitoring-market
4. Traub L. Amprius Boosts U.S. Battery Production as Drone Market Surges. – AINonline, 2025. – URL: https://www.ainonline.com/aviation-news/futureflight/2025-09-05/amprius-boosts-us-battery-production-drone-market-surges
5. DefendEye Integrates Starlink Mini, Bringing Instant Global Connectivity. Yahoo Finance, 2025. – URL: https://finance.yahoo.com/news/defendeye-integrates-starlink-mini-bringing-125100542.html
6. Scaling Drone Inspections for Energy, Utilities, and Gas. Advexure, 2025. – URL: https://advexure.com/blogs/news/scaling-drone-inspections-for-energy-and-utilities
7. Femmer C. Skydio Ascend 2025: What the New Skydio F10 and R10 Mean. LinkedIn, 2025. – URL: https://www.linkedin.com/pulse/skydio-ascend-2025-what-new-f10-r10-mean-aec-carlos-femmer-jw2cc
8. Satellites for drones control in the Arctic to be launched in 2026. – TASS, 2025. – URL: https://tass.com/science/1970819
9. Emmerton B., et al. UAS-derived infrared imagery to evaluate and monitor prescribed burns. Wildfire. – 2024. – Vol. 3. – No. 2. – P. 123-140. – DOI: 10.1071/WF24067. – URL: https://www.publish.csiro.au/wf/WF24067
10. Uncrewed Aircraft Systems Guidance for Oil Spill and Disaster Response. NOAA Office of Response and Restoration, 2025. – URL: https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/oil-spills/uncrewed-aircraft-systems-guidance-oil-spill-and-disaster

11. Evans J. S., et al. Methane Leak Detection and Repair in the Russian Federation and the United States: Possibilities for Convergence. Environmental Science & Technology. – 2020. – Vol. 54. – No. 13. – P. 7890-7901. – DOI: 10.1021/acs.est.0c01921. – URL: https://www.researchgate.net/publication/342571678_Methane_Leak_Detection_and_Repair_in_the_Russian_Federation_and_the_United_States_Possibilities_for_Convergence
12. DroneLife Staff. UAV disaster response Hurricane Helene: Lessons from Western North Carolina. DroneLife, 2025. – URL: https://dronelife.com/2025/03/11/lessons-from-hurricane-helene-how-uavs-supported-emergency-response-in-western-north-carolina/
13. European Commission. Annual Report on Forest Fires in Europe 2018. Copernicus Emergency Management Service, 2019. – URL: https://data.effis.emergency.copernicus.eu/effis/reports-and-publications/annual-fire-reports/2018_Fire_Report_HighRes_final_HRcorrection:/Annual_Report_2018_final_pdf_05.11.2020.pdf
14. Drone Inspection & Monitoring Global Market Report 2025. – Research and Markets, 2025. – URL: https://www.researchandmarkets.com/reports/5751733/drone-inspection-monitoring-global-market-report
15. Yuan C., et al. Fire detection using deep convolutional neural networks on UAV imagery: A review. – Remote Sensing. – 2021. – Vol. 13. – No. 16. – P. 3152. – DOI: 10.3390/rs13163152
16. Kinaneva D., et al. Integration of satellite communication in drone swarms for disaster management. Proceedings of the 2024 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), IEEE, 2024. –P. 456-463. – DOI: 10.1109/ICUAS60882.2024.10559123
17. Seraj, E. et al. Energy-efficient BVLOS drone operations with battery-aware path planning. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2023. – Vol. 24. – No. 5. – P. 5123-5135. – DOI: 10.1109/TITS.2023.3245678

VI Всероссийская (национальная) научная конференция: «Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий» (НТО-VI-2025)

17 (2025)

УДК 004.31

EDN JFHHSE

Архитектура фон Неймана: актуальность, ограничения и пути развития в современных вычислениях

Д.Д. Рыбка[1*], П.М. Урвачев[2]

[1]Студентка ФГБОУ ВО «Кубанский Государственный Технологический Университет», Краснодар, Россия
[2]Старший преподаватель кафедры информационных систем и программирования ФГБОУ ВО «Кубанский Государственный Технологический Университет», Краснодар, Россия

[*]E-mail: rybkadasa8@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена анализу актуальности и ограничений архитектуры фон Неймана в контексте современных вычислительных систем. В первом разделе представлена теоретическая основа архитектуры и сформулирована ключевая проблема – «фон-неймановское узкое место». Во втором разделе описывается методика экспериментального исследования, включающая разработку на языке C# тестов, которые сравнивают производительность при последовательном и случайном доступе к памяти, а также анализ результатов, показывающий проявление данного ограничения. На основе проведенного анализа в третьем разделе рассматриваются современные пути развития вычислительных систем, направленные на преодоление «узкого места». Статья подчеркивает, что, несмотря на свои фундаментальные ограничения, архитектура фон Неймана остается актуальной, а ее эволюция связана с развитием гибридных подходов и совершенствованием подсистемы памяти.

Ключевые слова: архитектура фон Неймана, фон-неймановское узкое место, производительность, оперативная память, кэш-память, сравнительный анализ, экспериментальное исследование, вычислительные системы.

Von Neumann architecture: relevance, limitations, and ways of development in modern computing

D.D. Rybka[1*], P.M. Urvachev[2]

[1]Student of Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia
[2]Senior Lecturer of the Department of Information Systems and Programming Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

[*]E-mail: rybkadasa8@gmail.com

Abstract. The article is devoted to the analysis of the relevance and limitations of the von Neumann architecture in the context of modern computing systems. The first section presents the theoretical basis of the architecture and formulates the key problem, which is the "von Neumann bottleneck." The second section describes the methodology of the experimental study, which includes the development of specialized tests in the C# language that compare the performance of sequential and random access to memory. The third section presents and analyzes the results of the experiment, which clearly demonstrate the manifestation of this limitation. Based on the analysis, the article concludes by discussing current trends in the development of computing systems aimed at overcoming the "bottleneck." The article emphasizes that, despite its fundamental limitations, the von Neumann architecture remains relevant, and its evolution is driven by the development of hybrid approaches and improvements to the memory subsystem.

Keywords: von Neumann architecture, von Neumann bottleneck, performance, RAM, cache memory, comparative analysis, experimental research, and computing systems.

1. Введение

Архитектура фон Неймана, впервые детально описанная в 1945 году, заложила фундаментальные принципы организации практически всех современных универсальных вычислительных систем. Её ключевая концепция заключается в хранении как команд (программы), так и данных в единой оперативной памяти (ОЗУ). Этот подход стал революционным, позволив отказаться от аппаратной «прошивки» программ, требовавшей физической перекоммутации для внесения изменений.

Универсальность и долговечность архитектуры фон Неймана обеспечены тремя ключевыми принципами [1,2]:

1. Принцип однородности памяти: процессор обращается к памяти как к линейному адресному пространству, не делая различий между ячейками, хранящими команды и данные, что обеспечивает гибкость и простоту смены выполняемых задач.
2. Принцип хранимой программы: программа загружается в память перед выполнением, что делает вычислительную машину программно-управляемой.
3. Принцип последовательного программного управления: команды выполняются последовательно, а порядок их выполнения контролируется с помощью счётчика команд.

Однако та же простота и универсальность породили фундаментальное ограничение, известное как «фон-неймановское узкое место» (Von Neumann bottleneck) [3]. Проблема возникает из-за того, что процессор и память связаны единственным каналом передачи данных — системной шиной. В каждом цикле работы процессор может либо читать команду, либо читать/записывать данные. При этом производительность процессора исторически растёт экспоненциально быстрее, чем пропускная способность и скорость доступа к оперативной памяти [3,4]. В результате высокоскоростное вычислительное ядро значительную часть времени простаивает в ожидании доставки команд и данных из относительно медленной памяти, что делает это противоречие главным ограничивающим фактором общей производительности системы.

Таким образом, «фон-неймановское узкое место» представляет собой не только теоретическую проблему, но и актуальное практическое ограничение, которое проявляется при каждой выборке данных или инструкций из основной памяти. Хотя современные методы (такие как многоуровневая кэш-память, предвыборка данных и конвейеризация) направлены

на минимизацию этих задержек, они не устраняют саму архитектурную проблему, а лишь маскируют её проявления.

Целью данной работы является экспериментальная демонстрация существования «фон-неймановского узкого места» путём сравнительного количественного анализа производительности при оптимальном (последовательном) и наихудшем (случайном) сценариях доступа к памяти.

2. Материалы и методы

Для экспериментального подтверждения существования «фон-неймановского узкого места» была разработана методика, основанная на сравнительном анализе производительности при различных паттернах доступа к оперативной памяти. Основной задачей было измерить, как эффективность работы с памятью влияет на общее время выполнения вычислительной задачи.

Эксперимент проводился на ноутбуке со следующей аппаратной конфигурацией:

- Процессор: AMD Ryzen 7 5700U (1.80 GHz, 8 ядер / 16 потоков)
- Оперативная память: 16.0 ГБ DDR4, частота 3200 МГц
- Графический адаптер: AMD Radeon Graphics (выделено 496 МБ)
- Накопитель: SSD объёмом 477 ГБ
- Операционная система: Windows 10

Методика и инструменты эксперимента:

В качестве инструмента исследования был выбран язык программирования C#, как обеспечивающий высокую производительность и точный контроль над выполнением программ. Для высокоточного замера времени использовался класс System.Diagnostics.Stopwatch.

3. Результаты и обсуждение

Были разработаны две тестовые программы, работающие с массивом размером в 10 миллионов целочисленных элементов.

3.1. Тест последовательного доступа

```
using System;
using System.Diagnostics;

class Program
{
   static void Main()
   {
      int size = 10_000_000;
      int[] data = new int[size];
      for (int i = 0; i < size; i++)
      {
         data[i] = i;
      }
      var stopwatch = Stopwatch.StartNew();
      long sum = 0;
      for (int i = 0; i < size; i++)
      {
         sum += data[i];
      }
      stopwatch.Stop();
      Console.WriteLine($"Последовательный доступ: {stopwatch.Elapsed.TotalSeconds:F4} секунд");
   }
}
```

Программа выполняет итерацию по массиву в порядке возрастания индексов, что соответствует оптимальному для кэш-памяти паттерну.

3.2. Тест случайного доступа

```
using System;
using System.Diagnostics;
using System.Linq;

class Program
{
   static void Main()
   {
      int size = 10_000_000;
      int[] data = new int[size];
      int[] indices = new int[size];
      for (int i = 0; i < size; i++)
      {
         data[i] = i;
         indices[i] = i;
      }
      Random rng = new Random();
      indices = indices.OrderBy(x => rng.Next()).ToArray();
      var stopwatch = Stopwatch.StartNew();
      long sum = 0;
      for (int i = 0; i < size; i++)
      {
         sum += data[indices[i]];
      }
```

```
        stopwatch.Stop();
        Console.WriteLine($"Случайный доступ: {stopwatch.Elapsed.TotalSeconds:F4} секунд");
    }
}
```

Программа обращается к элементам массива в заведомо перемешанном порядке. Такой паттерн делает невозможной эффективную предвыборку данных в кэш и приводит к постоянным кэш-промахам.

Оба алгоритма выполняют идентичный объем работы — суммирование всех элементов массива, что обеспечивает корректность сравнительного анализа.

3.3. Анализ результатов эксперимента

Результаты выполнения тестовых программ представлены ниже:

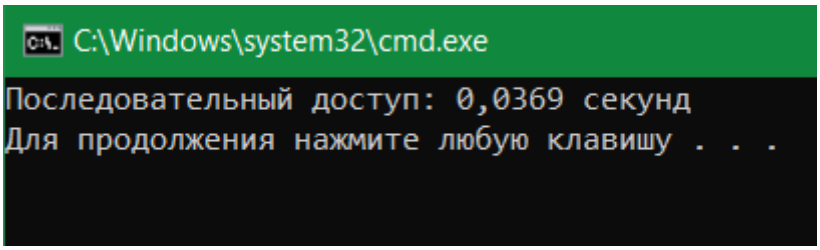


Рисунок 1. Время выполнения при последовательном доступе.

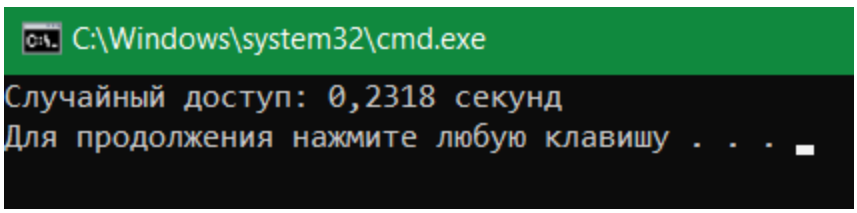


Рисунок 2. Время выполнения при случайном доступе.

Как видно из результатов, случайный доступ к памяти выполняется примерно в 6 раз медленнее последовательного. Эта разница возникает потому, что при последовательном доступе механизмы кэширования и предвыборки данных работают эффективно, предугадывая следующие запросы процессора. При случайном доступе эти механизмы не справляются, и процессор вынужден постоянно обращаться к медленной оперативной памяти, что и является прямым доказательством существования «фон-неймановского узкого места».

3.4. Актуальность архитектуры фон Неймана и современные пути преодоления «узкого места»

Несмотря на экспериментально подтвержденное фундаментальное ограничение, архитектура фон Неймана сохраняет свою актуальность благодаря универсальности и масштабной программной экосистеме [1,2]. Однако современные вычислительные системы используют комплексный подход для минимизации влияния «узкого места»:

- Совершенствование иерархии памяти. Результаты эксперимента демонстрируют критическую важность кэш-памяти. Развитие идет по пути увеличения объемов и уровней кэша (L1-L4) и применения интеллектуальных алгоритмов предвыборки данных [5].
- Распараллеливание вычислений. Многоядерные архитектуры позволяют распределять нагрузку между ядрами: пока одно ядро ожидает данные из памяти, другие выполняют полезную работу.
- Гибридные архитектуры. Универсальные CPU все чаще работают в связке со специализированными акселераторами (GPU, NPU), которые используют гарвардскую архитектуру с раздельными каналами для команд и данных.
- Вычисления в памяти. Перспективное направление, предполагающее размещение вычислительных элементов непосредственно в чипе памяти, что исключает необходимость передачи данных.

4. Заключение

Таким образом, современные подходы к развитию архитектуры направлены не на замену фон-неймановской модели, а на ее эффективное дополнение и усовершенствование. Это обеспечивает сохранение данной архитектуры в качестве фундаментальной основы универсальных вычислений, поскольку:

1. Фон-неймановская архитектура доказала свою исключительную универсальность и способность адаптироваться к меняющимся вычислительным парадигмам.
2. Накопленная за десятилетия экосистема программного обеспечения и инструментов разработки создает мощный стимул для сохранения совместимости.

3. Гибридные решения позволяют сочетать проверенные временем принципы фон Неймана с современными специализированными подходами, максимально используя преимущества каждой архитектуры.

Эволюционный путь развития, при котором фон-неймановская модель не заменяется, а обогащается новыми решениями, оказывается наиболее практичным и эффективным для обеспечения прогресса в области вычислительных технологий.

Список литературы

1. Таненбаум Э. Архитектура компьютера / Э. Таненбаум, Т. Остин. – 6-е изд. – СПб.: Питер, 2022. – 826 с.
2. Hennessy J. Computer Architecture: A Quantitative Approach / J. Hennessy, D. Patterson. – 6th ed. – Morgan Kaufmann, 2019. – 936 p.
3. Wulf W. Hitting the Memory Wall: Implications of the Obvious / W. Wulf, S. McKee [Электронный ресурс] // ACM SIGARCH Computer Architecture News. – 1995. – URL: https://dl.acm.org/doi/10.1145/216585.216588 (дата обращения: 30.09.2025).
4. Backus J. Can Programming Be Liberated from the von Neumann Style? A Functional Style and Its Algebra of Programs // Communications of the ACM. – 1978. – Vol. 21. – No. 8. – P. 613-641.
5. Smith A.J. Cache Memories // ACM Computing Surveys. – 1982. – Vol. 14. – No. 3. – P. 473-530.

УДК 004.31

EDN FDNUCD

Фундаментальные основы и перспективы квантовых вычислений

Н.А. Днепровский[1*], П.М. Урвачев[2]

[1]Студент, ФГБОУ ВО «Кубанский Государственный Технологический Университет», Краснодар, Россия
[2]Старший преподаватель кафедры информационных систем и программирования ФГБОУ ВО «Кубанский Государственный Технологический Университет», Краснодар, Россия

*E-mail: dneprowsky2021@yandex.com

Аннотация. Статья посвящена исследованию фундаментальных принципов квантовых вычислений и их практического потенциала. В первом разделе рассматривается природа кубита как базового элемента квантовых систем и его принципиальные отличия от классического бита. Во втором разделе анализируется феномен суперпозиции как ключевой ресурс квантового превосходства. Третий раздел освещает явление квантовой запутанности и его роль в создании квантовых систем. Четвертый раздел посвящен перспективам практического применения квантовых вычислений в криптографии, материаловедении и искусственном интеллекте. Статья подчеркивает трансформационный потенциал квантовых технологий для решения вычислительных задач, недоступных классическим компьютерам.

Ключевые слова: квантовые вычисления, кубит, суперпозиция, квантовая запутанность, квантовые алгоритмы.

Fundamental principles and prospects of quantum computing

N.A. Dneprovsky[1*], P.M. Urvachev[2]

[1]Student of Kuban State Technological University, Russia, Krasnodar
[2]Senior Lecturer of the Department of Information Systems and Programming Kuban State Technological University, Russia, Krasnodar

[*]E-mail: .dneprowsky2021@yandex.com

Abstract. This article explores the fundamental principles of quantum computing and its practical applications. The first section focuses on the nature of the qubit as the basic unit of quantum systems and its key differences from classical bits. The second section analyzes the phenomenon of superposition as a key resource for quantum supremacy. The third section highlights the concept of quantum entanglement and its role in creating quantum systems. The fourth section focuses on the practical applications of quantum computing in cryptography, materials science, and artificial intelligence. The article highlights the transformative potential of quantum technologies for solving computational problems that are beyond the capabilities of classical computers.

Keywords: quantum computing, qubit, superposition, quantum entanglement, quantum algorithms.

1. Введение

Квантовые вычисления представляют собой одну из наиболее перспективных технологий XXI века, способную кардинально изменить подходы к обработке информации [1-2]. В отличие от классических компьютеров, основанных на архитектуре фон Неймана, квантовые вычислительные системы используют фундаментальные принципы квантовой механики для решения задач, недоступных даже самым мощным современным суперкомпьютерам [3-4].

Основная цель данной работы - систематизировать знания о фундаментальных принципах квантовых вычислений и проанализировать их практический потенциал. В рамках исследования рассматриваются такие ключевые аспекты, как природа кубита, явления суперпозиции и квантовой запутанности, а также перспективные направления практического применения квантовых технологий [5-6].

2. Материалы и методы

Исследование проводилось на основе анализа научной литературы и публикаций в рецензируемых журналах за период 2022-2025 годов. Для систематизации информации использовались методы сравнительного анализа и синтеза данных из различных источников, включая российские научные журналы "Успехи физических наук", "Квантовая электроника" и "Автоматика, связь, информатика" [7-9].

Методология исследования включала изучение математических моделей квантовых систем, анализ экспериментальных данных по созданию и управлению кубитами, а также оценку перспектив практической реализации квантовых алгоритмов. Особое внимание уделялось работам российских исследователей в области сверхпроводящих кубитов и квантовой запутанности [10].

3. Результаты и обсуждение

3.1. Кубит: фундаментальный элемент квантовых вычислений

Кубит представляет собой квантовый аналог классического бита, однако обладает принципиально иными свойствами [3]. В отличие от классического бита, который может находиться строго в состоянии 0 или 1, кубит может существовать в суперпозиции этих

состояний. Это означает, что до момента измерения кубит одновременно содержит в себе оба базисных состояния с определенными вероятностями [5].

Математически состояние кубита описывается вектором в гильбертовом пространстве: $|\Psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$, где α и β - комплексные амплитуды вероятности, удовлетворяющие условию нормировки $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$ [7]. Для визуализации состояния кубита используется сфера Блоха (Рисунок 1), где каждая точка на поверхности сферы соответствует определенному квантовому состоянию.

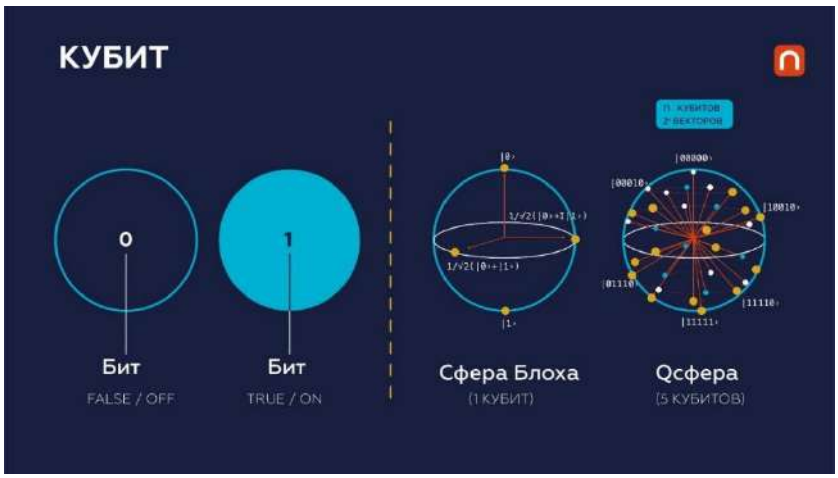


Рисунок 1. Сфера Блоха - геометрическое представление состояния кубита.

3.2. Суперпозиция как основа квантового превосходства

Суперпозиция является краеугольным камнем квантовых вычислений [5-7]. Это фундаментальное свойство, которое кардинально меняет классические представления об обработке информации.

Классический бит, аналогичный выключателю, может находиться только в одном из двух четко определенных состояний: 0 или 1 [1]. Система из N бит может хранить лишь одну из 2^N возможных комбинаций в любой момент времени. Вычисления осуществляются путем последовательного перебора и изменения этих состояний.

Вероятностная природа кубитов. Состояние кубита математически описывается вектором: $|\Psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$, где $|0\rangle$ и $|1\rangle$ — ортонормированные базисные состояния, а α и β — комплексные амплитуды вероятности, удовлетворяющие условию нормировки $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$. Вероятность получения соответствующего базисного состояния при измерении равна квадрату модуля его амплитуды [6].

Ключевое преимущество проявляется при рассмотрении многокубитных систем. Система из N кубитов существует в суперпозиции всех 2^N возможных классических состояний: |Ψ⟩ = Σ α_i |i⟩, где |i⟩ обозначает i-е базисное состояние (например, |00...0⟩, |00...1⟩, ..., |11...1⟩) [7].

Это означает, что квантовая операция, применяемая к такой системе, действует на все 2^N состояний одновременно. Данный феномен известен как квантовый параллелизм. Его вычислительная мощность растет экспоненциально с ростом числа кубитов:

- 3 кубита — суперпозиция 8 состояний
- 10 кубитов — суперпозиция 1024 состояний
- 300 кубитов — суперпозиция ~2^{300} состояний, что превышает количество атомов в наблюдаемой Вселенной

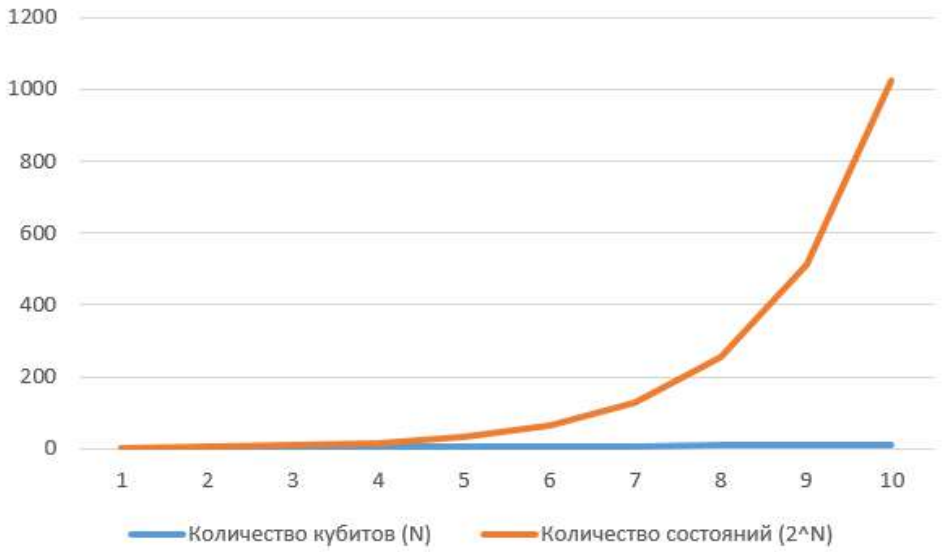


Рисунок 2. Экспоненциальный рост количества состояний.

Таким образом, квантовый процессор, манипулируя системой из сотен кубитов, оперирует с пространством состояний, не поддающимся классическому моделированию в силу его экспоненциальной размерности.

Рисунок 3. Квантовый процессор от IBM.

Важнейшее ограничение: Проблема измерения. Непосредственный доступ ко всем результатам суперпозиции невозможен. При измерении система коллапсирует в одно случайное классическое состояние с вероятностью, определяемой квадратами амплитуд [8]. Следовательно, стратегия квантовых алгоритмов заключается не в простом получении всех ответов, а в когерентном управлении амплитудами вероятностей таким образом, чтобы амплитуды неверных решений подавлялись за счет деструктивной интерференции; амплитуда верного решения усиливалась за счет конструктивной интерференции.

В результате при измерении система с высокой вероятностью оказывается в состоянии, соответствующем верному результату [9].

Суперпозиция является не абстрактной концепцией, а конкретным вычислительным ресурсом. Это способность квантовой системы осуществлять параллельные вычисления в экспоненциально большом пространстве состояний в рамках одного физического процесса. Применение этого ресурса открывает путь к решению задач, недоступных для классических суперкомпьютеров [10].

3.3. Квантовая запутанность: принцип нелокальной связи

Квантовая запутанность представляет собой фундаментальное физическое явление, при котором квантовые состояния двух или более частиц образуют единую связанную систему [6-8]. Это свойство лежит в основе современных квантовых технологий и кардинально отличает квантовые системы от классических.

Физические основы явления. Возникновение запутанности связано с особенностями описания составных квантовых систем в формализме квантовой механики. Состояние такой системы описывается неделимым вектором в тензорном произведении гильбертовых пространств подсистем. Одним из канонических примеров запутанного состояния является состояние Белла: $|\Phi^+\rangle = 1/\sqrt{2}\ (|00\rangle + |11\rangle)$ [7].

Экспериментальное подтверждение. Существование квантовой запутанности подтверждено многочисленными экспериментами по проверке неравенств Белла. Нарушение этих неравенств в экспериментах с фотонными парами, ионами и сверхпроводящими кубитами доказывает неклассический характер корреляций в квантовых системах [9-10].

Прикладные аспекты:

- Квантовые вычисления - запутанность является необходимым ресурсом для реализации квантовых алгоритмов, включая алгоритм Шора и алгоритм Гровера [8]
- Квантовая криптография - протоколы квантового распределения ключей используют свойства запутанных состояний для обеспечения безопасности передачи информации [9]
- Квантовая метрология - использование запутанных состояний позволяет преодолеть стандартный квантовый предел точности измерений [10]
- Квантовые сети - создание распределённых запутанных состояний является основой для разработки квантового интернета [10]

Основные проблемы в исследовании и использовании запутанности включают: борьбу с декогеренцией и шумами в квантовых системах; разработку эффективных методов генерации и распределения запутанных состояний; создание методов верификации и квантовой томографии для многокубитных систем; масштабирование квантовых систем с сохранением качества запутанности [9-10].

3.4. Практическое применение квантовых технологий

Теоретическая мощь квантовых вычислений обретает реальную значимость только в контексте конкретных приложений, способных коренным образом изменить наши технологические возможности [7-9].

Криптография: угроза и смена парадигмы безопасности

Проблема: Уязвимость современных стандартов шифрования. Вся современная цифровая экономика — от банковских транзакций до защищённых мессенджеров — основана на криптографических системах с открытым ключом, таких как RSA и ECC (Elliptic Curve Cryptography) [2]. Их стойкость зиждется на вычислительной сложности определённых математических задач. Для RSA, например, это задача разложения очень большого числа на простые множители. Классическому компьютеру для решения этой задачи при длине ключа в 2048 бит потребуется время, превышающее возраст Вселенной [6].

Квантовая угроза: Алгоритм Шора. В 1994 году Питер Шор разработал квантовый алгоритм, который позволяет эффективно решать задачу факторизации и дискретного логарифмирования (основу ECC) [8]. На достаточно мощном квантовом компьютере (оценки говорят о нескольких тысячах устойчивых к ошибкам кубитов) взлом ключа RSA из 2048 бит из задачи космического масштаба превратится в операцию, занимающую часы или дни. Это создаёт так называемую «квантовую угрозу» для всей существующей инфраструктуры цифровой безопасности [9].

Решение: Постквантовая и квантовая криптография. В ответ на эту угрозу развиваются два направления: постквантовая криптография - разработка новых классических алгоритмов шифрования, основанных на математических задачах, устойчивых к атакам как классических, так и квантовых компьютеров; квантовая криптография (QKD - Quantum Key Distribution) - использование фундаментальных принципов квантовой механики для безопасного распределения ключей [10].

Разработка лекарств и материалов: прямое моделирование природы

Проблема: Сложность точного квантового моделирования. Химия и наука о материалах по своей сути являются квантовыми [7]. Чтобы предсказать свойства новой молекулы (скажем, лекарственного препарата), её реакционную способность или прочность нового материала, необходимо смоделировать поведение её электронов. Точное решение уравнений квантовой механики для систем, состоящих всего из нескольких десятков частиц, требует от классического суперкомпьютера астрономических вычислительных ресурсов из-за экспоненциального роста сложности [8].

Квантовое решение: Естественное моделирование. Квантовый компьютер, будучи сам квантовой системой, способен естественным образом моделировать другие квантовые системы [9]. Кубиты могут быть настроены так, чтобы представлять электроны в молекуле. В

этом случае эволюция квантового процессора будет напрямую отражать поведение моделируемой молекулы. Это позволит: ускорить разработку лекарств - точное моделирование взаимодействия молекул-кандидатов с белками организма, что сократит время и стоимость доклинических испытаний; создать новые материалы - расчёт свойств сверхпроводников, работающих при комнатной температуре, высокоэффективных катализаторов для снижения энергозатрат в промышленности или новых поколений аккумуляторов [10].

Искусственный интеллект и оптимизация: ускорение поиска решений

Проблема: Перебор в сложных системах. Многие практические задачи в машинном обучении, логистике и финансах сводятся к поиску оптимального решения среди огромного числа вариантов (так называемые NP-трудные задачи) [7]. Примеры: задача коммивояжёра - найти кратчайший маршрут через десятки тысяч городов; оптимизация портфеля - выбрать наилучшее распределение активов на финансовом рынке с учётом тысяч параметров и рисков; обучение сложных моделей ИИ - подбор оптимальных параметров для глубоких нейронных сетей [8].

Квантовое решение: Структурный поиск с помощью интерференции. Квантовые алгоритмы, такие как алгоритм Гровера, предлагают принципиально иной подход [9]. Вместо последовательного перебора они используют интерференцию амплитуд вероятности. Алгоритм Гровера позволяет квадратично ускорить поиск в неструктурированной базе данных. Это означает, что для поиска среди N элементов вместо N попыток потребуется порядка $\sqrt{N}$ квантовых операций. Хотя ускорение не экспоненциальное, как у алгоритма Шора, оно критически важно для огромных массивов данных [10].

Перспективы: логистика - оптимизация глобальных цепочек поставок и маршрутов транспорта; финансы - более точное и быстрое оценка рисков, выявление мошеннических схем; искусственный интеллект - ускорение обучения машин и открытие новых, более эффективных архитектур нейронных сетей [9-10].

4. Заключение

Проведенный анализ позволяет выделить три фундаментальных принципа, составляющих основу квантовых вычислений [7-9]. Кубит, обладающий свойством суперпозиции, представляет собой базовый элемент квантовой информации. Суперпозиция состояний обеспечивает квантовый параллелизм, позволяя одновременно обрабатывать экспоненциально большое пространство решений. Квантовая запутанность создает сильные корреляции между кубитами, формируя единую систему с неклассическими свойствами [10].

Перспективы развития связаны с созданием гибридных вычислительных систем, где квантовые и классические процессоры решают задачи в соответствии с их преимуществами [8-9]. Квантовые устройства предполагается использовать для задач молекулярного моделирования и оптимизации, в то время как классические компьютеры обеспечивают управление и обработку данных.

Список литературы

1. Архитектура фон Неймана [Электронный ресурс] // Википедия. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Архитектура_фон_Неймана (дата обращения: 20.09.2025).
2. Как работают квантовые компьютеры. [Электронный ресурс] // Habr. – URL: https://habr.com/ru/articles/480480/ (дата обращения: 20.09.2025).
3. Что такое кубит? [Электронный ресурс] // ПостНаука. – URL: https://postnauka.org/questions/157303 (дата обращения: 21.09.2025).
4. Краткая история электроники: от лампочки к квантовому компьютеру [Электронный ресурс] // ПостНаука. – URL: https://postnauka.org/longreads/103187 (дата обращения: 21.09.2025).
5. Основы квантовых вычислений [Электронный ресурс] – URL: https://qtcenter.tsu.ru/data/uploads/posobie.pdf (дата обращения: 21.09.2025).
6. Устойчивая к потерям технология для квантовой метрологии с использованием обратного эффекта Хонга — Оу — Манделя [Электронный ресурс] // Nature Communications. – URL: https://www.nature.com/articles/ncomms11925 (дата обращения: 21.09.2025).
7. Квантовые вычисления: принципы и перспективы [Электронный ресурс] // Автоматика, связь, информатика. – 2025. – № 9. – С. 25–27. – URL: https://asi-journal-rzd.ru/photoelectric-infrared-device-pmt-ir-for-marshaling-humps-1 (дата обращения: 21.09.2025).

8. Семенов А.Г., Заикин А.Д. Сверхпроводящие квантовые флуктуации в одном измерении [Электронный ресурс] // Успехи физических наук (УФН). – 2022. – URL: https://ufn.ru/en/articles/2022/9/a/ (дата обращения: 21.09.2025).
9. Квантовые вычисления: прогнозы и препятствия [Электронный ресурс] // Квантовая электроника. – 2023. – Т.53, № 8. – С. 622-630. – URL: https://journals.rcsi.science/0368-7147 (дата обращения: 21.09.2025).
10. Квантовую запутанность предложили генерировать в сверхпроводнике [Электронный ресурс] // CoLab. – 2023. – URL: https://colab.ws/news/691 (дата обращения: 21.09.2025)

УДК 621.3:005.6

EDN KUYERE

Разработка методики диагностики и прогнозирования технического состояния электропривода

И.И. Тагиров*, Р.Т. Хазиева

Уфимский государственный нефтяной технический университет, улица Космонавтов, 8, Уфа, 450062, Россия

*E-mail: alb3707@mail.ru

Аннотация. Повышение эксплуатационных характеристик двигателей, таких как эффективность и надежность, находится в прямой зависимости от создания и внедрения передовых систем диагностики. Решение данной задачи позволяет достичь ряда стратегических целей: оптимизировать конструкцию агрегатов, сократить цикл их разработки и снизить эксплуатационные издержки, что в итоге приводит к значительной экономии топливно-энергетических ресурсов. В современном индустриальном мире остро стоит проблема в диагностике и прогнозирования технического состояния электропривода. Данную проблему помогает решить математическое моделирование оценки технического состояния электропривода.

Ключевые слова: электропривод, контекстная диаграмма, декомпозиция процесса.

Development of a technique for diagnosing and predicting the technical condition of an electric drive

I.I. Tagirov*, R.T. Khazieva

Ufa State Petroleum Technical University, 8 Kosmonavtov Street, 450062, Russia

*E-mail: alb3707@mail.ru

Abstract. Improving the performance of engines, such as efficiency and reliability, is directly related to the development and implementation of advanced diagnostic systems. Solving this problem allows us to achieve several strategic goals: optimize the design of engines, reduce the development cycle, and lower operating costs, resulting in significant savings on fuel and energy resources. In the modern industrial world, there is an acute problem in diagnosing and predicting the technical condition of an electric drive. Mathematical modeling of the assessment of the technical condition of the electric drive helps to solve this problem.

Keywords: electric drive, context diagram, process decomposition.

1. Введение

Для моделирования и анализа сложных систем, чьи алгоритмы функционирования не поддаются простому формальному описанию, широко применяются специализированные методологии. Одними из наиболее признанных стандартов в этой области являются методологии семейства IDEF. Они предоставляют инструментарий для эффективного графического отображения и всестороннего анализа моделей сложных систем в различных аспектах [1]. Понятие «система» в данном контексте охватывает как взаимодействие приборов, механических устройств и технологических объектов, так и коммуникации между людьми, направленные на достижение поставленной цели.

Часто в процессе работы возникает задача не просто проанализировать отдельную проблему, но и точно определить ее местоположение в общей архитектуре процессов системы.

2. Цель исследования

Целью данной работы является одна из ключевых нотаций этого семейства IDEF0, предназначенная для построения функциональной модели. Такая модель наглядно представляет структуру системы, ее функции, а также потоки информации и материальных ресурсов, которые связывают эти функции между собой.

3. Методы и материалы исследования

Процесс разработки такой модели удобно осуществлять в виде иерархии диаграмм в стандарте IDEF0, используя специализированное программное обеспечение для построения диаграмм, такое как ERWin. Построение функциональной модели подразумевает последовательную декомпозицию (разбиение) функций системы до уровня элементарных операций с детальным описанием информационных взаимосвязей [2].

На рисунке 1 представлена контекстная диаграмма верхнего уровня «A-0», которая отображает систему как единый модуль. Эта диаграмма является вершиной иерархической модели. На ней объект моделирования представлен в виде одного блока, а граничные стрелки иллюстрируют его взаимодействие с внешней средой. Таким образом, диаграмма A-0 определяет область видимости модели и ее границы.

Рисунок 1. Контекстная диаграмма IDEF0 «Процесс разработки системы диагностики».

Принцип декомпозиции лежит в основе методологии IDEF0. Он заключается в том, что сложный процесс последовательно разбивается на составляющие его подпроцессы, и эта детализация продолжается до достижения необходимой глубины описания [3]. Каждая следующая дочерняя диаграмма, получаемая в результате такого разбиения, не выходит за рамки исходного родительского блока, но раскрывает его внутреннюю структуру с гораздо большей степенью подробности.

Ключевым аспектом принципа преобладания (или доминирования) в методологии IDEF0 является правило диагонального расположения функциональных блоков на некотнтекстных диаграммах. Согласно этому правилу, наиболее важный и значимый блок размещается в левом верхнем углу, а наименее критичный – в правом нижнем.

Для описания взаимодействий в модели применяются четыре типа связей.

Вход: объекты или информация, которые преобразуются или потребляются в ходе процесса для создания результата.

Управление: правила, стандарты или данные, которые регламентируют выполнение процесса, обеспечивая его корректный выход.

Выход: продукты, данные или материальные объекты, являющиеся прямым итогом работы процесса.

Механизм: ресурсы (например, персонал, оборудование, ПО), которые обеспечивают поддержку и выполнение функции.

4. Полученные результаты

IDEF0 предлагает подход, основанный на построении иерархии взаимосвязанных диаграмм, где каждая из них представляет собой детализированное описание отдельного элемента системы.

Основное предназначение создаваемой функциональной модели заключается в том, чтобы смоделировать и визуализировать процесс разработки.

На нулевом (контекстном) уровне модели представлен процесс «Разработка системы диагностики». Входными данными для него служат измеряемые параметры двигателя.

Управление процессом осуществляется через следующие регламентирующие документы и требования:

- технические условия на двигатель;
- действующие стандарты (ГОСТ) и инструкции;
- руководство по эксплуатации двигателя;
- установленные требования к надежности двигателя.

Реализация процесса обеспечивается комплексом механизмов, куда входят: аппаратные средства компрессорной станции и испытательного стенда; квалифицированные специалисты по диагностике оборудования; применяемые технологии и методы формирования решений; программное обеспечение, такое как ErWin, Excel и Блокнот. Выходом процесса являются результаты оценки технического состояния двигателя.

Для более детального анализа процесс разработки подвергается декомпозиции на последующих уровнях модели [4].

В результате декомпозиции процесс разработки был структурирован на три ключевых подпроцесса: фильтрация исходных данных, нормировка измеренных параметров двигателя и их последующая визуализация [5].

Декомпозиция процесса «Проведение статистической обработки данных» представлена на рисунке 2.

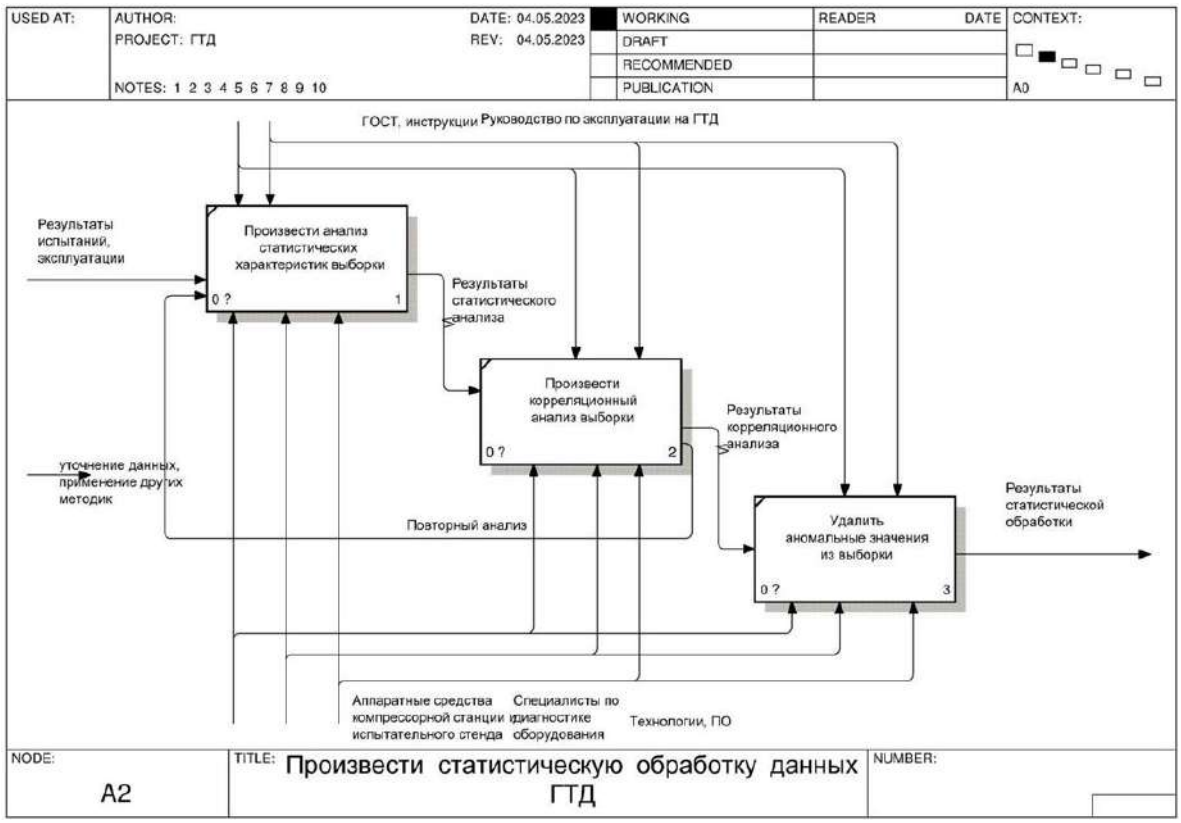


Рисунок 2. Декомпозиция процесса «Проведение статистической обработки данных».

5. Выводы

Процесс «Статистическая обработка данных» включает в себя три последовательных этапа: анализ статистических характеристик выборки, выполнение корреляционного анализа и исключение аномальных значений. Входными данными для процесса являются потоки «Результаты испытаний и эксплуатации» и «Уточненные данные и альтернативные методики». Ключевыми выходными продуктами процесса разработки являются отчет «Результаты оценки технического состояния двигателя». На основе данных результатов мы получаем итоговое заключение о возможности его дальнейшей эксплуатации. Данное заключение приводит к рациональной экономии финансовых и топливо-энергетических ресурсов.

Список литературы

1. Виноградов С.М. Стендовые испытания приводов ГПА в условиях ремонтного предприятия / С.М. Виноградов, И.В. Гаранин, В.Г. Кульчихин и др. // – М.: Изд-во Наука, 2020. – 165 с.
2. Гареев Р.Р. Определение технического состояния динамического оборудования по результатам диагностических измерений / Р.Р. Гареев, В.У. Ямалиев // Нефтегазовое дело. – 2019. – Т.10. – № 3. – С.78-82.
3. Науменко А.П. Введение в техническую диагностику и неразрушающий контроль: учебное пособие / А.П, Науменко. – Минобрнауки России, ОмГТУ: 2019. – 152 с.
4. Хазиева Р.Т. Анализ известных методов и технических решений повышения ресурсоэнергоэффективности асинхронных электродвигателей / Р.Т. Хазиева, И.Д. Каекбирдина // Тезисы доклада в сборнике 74-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ. – Уфа: изд-во УГНТУ, 28 апреля 2023. – Т. 1. – С. 547
5. Валеев А.Р. Техническая диагностика нефтегазоперекачивающего оборудования: учебное пособие / А.Р. Валеев, М.М. Велиев, Э.М. Велиев, О.М. Саубанов. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2020. – 90 с.

УДК 674.02
https://www.doi.org/

EDN HDXKNS

Модель движения материальных и информационных потоков технологического процесса производства фанеры

Б.М. Шифрин[1*], И.В. Елисеев[1], М.С. Липатов[2], В.А. Марков[2]

[1]Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Институтский пер., 5, Санкт-Петербург, 194021, Россия
[2]Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Высшая школа технологии и энергетики, ул. Ивана Черных, 4, Санкт-Петербург, 198095, Россия

[*]E-mail: shifrinb@mail.ru

Аннотация. При современном производстве фанеры необходимо учитывать множество разнообразных входных факторов, наблюдается сложный характер зависимостей. Функции технологических переменных от этих факторов сложны и не всегда предсказуемы. Зачастую необходимо учитывать значения входных величин в предыдущие моменты времени, что требует рассмотрение всего процесса как функционирование последовательностного автомата с памятью. Это периодически приводит к поступлению необъективной информации и несвоевременности ее поступления. Разумеется, при этом объективная оценка состояния технологического процесса весьма затруднена. На сегодняшний день ощущается нехватка работ, отражающих специфику создания и совершенствования отраслевых систем управления качеством, в частности, ориентированных на фанерное производство. Для контроля качества фанеры необходимо учитывать движение основных материальных и информационных потоков. В статье рассматриваются этапы производства фанеры на примере непубличного акционерного общества НАО «Свеза в Усть-Ижоре». На базе метода IDEF0 методологии IDEF предложена модель движения материальных и информационных потоков производства фанеры с акцентом на этап сборки и склейки фанеры, позволяющая анализировать и документировать бизнес-процессы для командной работы и выбора оптимальных решений.

Ключевые слова: производство фанеры, система менеджмента качества, методология IDEF.

Material and information flows model of plywood production

B.M. Shifrin[1*], I.V. Eliseev[1], M.S. Lipatov[2], V.A. Markov[2]

[1]Saint Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, 5 Institute per., Saint Petersburg, 194021, Russia
[2]St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Higher School of Technology and Energy, 4 Ivan Chernykh Street, Saint Petersburg, 198095, Russia

[*]E-mail: shifrinb@mail.ru

Abstract. Modern plywood production requires that various input factors should be brought into consideration, and a complicated character of dependencies is observed. Functions of technological variables by these factors are complex and not always predictable. In many cases, the input values in previous moments of time should be taken into consideration, resulting in examination of the complete process as functioning of a sequential machine with memory. Sometimes, it leads to illusory and untimely information to be received. Certainly, the objective appraisal of the technological process is difficult to be received. Nowadays, there is a lack of works that reflect the specificity of creation and modernization of industry quality control systems, acquainted with plywood production. In order to control the quality of plywood, the movement of main material and informational flows should be taken into consideration. There are milestones of plywood production given in the article by the example company NAO "Sveza v Ust-Izhore". On the base IDEF methodology the model of the movement of material and information flows of the plywood production is offered, with an emphasis on stages of assembly and gluing of plywood, which allows to analyze and document business-processes for team works and selection of optimal solutions.

Keywords: plywood production, quality management system, IDEF methodology.

1. Введение

К сожалению, на сегодняшний день в России экспорт древесного сырья значительно превышает экспорт готовой продукции деревообработки, в частности фанеры.

При этом производство фанеры является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей благодаря нескольким факторам [1]: росту спроса на экологичные и устойчивые материалы; расширение областей применения (фанера сейчас используется не только в традиционном строительстве, но и в автомобилестроении, судостроении, декоративных элементах интерьера, упаковке и т.п.) При этом производство фанеры достаточно технологично. Например, использование современных технологий машинного зрения для анализа поверхности листов может способствовать повышению эффективности процесса сортировки.

Поэтому очевидно, что дальнейшее развитие фанерного производства во многом определяется внедрением новых технологий производства, в частности автоматизацией и цифровизацией. Грамотное использование искусственного интеллекта и нейронных сетей способно повысить эффективность производства.

2. Постановка задачи

Производство фанеры – это относительно сложный технологический процесс, требующий координации нескольких этапов и использования автоматизированного оборудования. Это комплексный процесс, требующий высококвалифицированного персонала, точного оборудования и постоянного контроля качества.

Разработка моделей производства фанеры является очень важным по нескольким причинам.

1. Оптимизация процессов.

Модели позволяют четко представить все этапы производства, выявить узкие места и найти способы их устранения, что повышает общую эффективность.

2. Повышение качества продукции.

Благодаря моделированию можно определить оптимальные параметры процессов (температуру, давление, влажность и т.д.), что способствует получению фанеры высокой прочности и ровности.

3. Планирование и управление ресурсами.

Модели помогают точно планировать затраты сырья, энергии, времени и труда, снижая отходы и повышая рентабельность.

4. Обучение и подготовка персонала.

Виртуальные модели служат инструментом обучения, позволяя новым сотрудникам понять технологические процессы без риска для реального производства.

5. Проектирование новых технологий и линий.

Модели позволяют тестировать и дорабатывать новые технологические решения (например, новые клеи, оборудование), сокращая время на внедрение инноваций.

6. Контроль и качество.

Стандартизированные модели помогают обеспечить повторяемость процессов и соответствие продукции стандартам.

В целом, модели производства фанеры являются важным инструментом для повышения эффективности, качества и инновационности производства, что особенно ценно в условиях конкурентного рынка.

Проблема создания комплексной модели контроля качества фанеры обусловлена её многогранностью, вариабельностью исходных материалов, технологическими особенностями и техническими ограничениями. Решение требует междисциплинарных подходов – объединения материаловедческих, технологических, автоматизированных методов и данных для достижения надежной и эффективной системы контроля [2, 3].

3. Методы и материалы исследования

Методология IDEF (Integration DEFinition) играет важную роль в организации и оптимизации производства фанеры благодаря своим возможностям системного моделирования и анализа бизнес-процессов.

IDEF позволяет детально и системно описать все этапы производства фанеры – от подготовки сырья до готового изделия. Это помогает выявить взаимосвязи между операциями, определить последовательность и ресурсы. Благодаря ясной модели можно анализировать узкие места, избыточные операции и задержки, что способствует повышению эффективности, снижению времени цикла и затрат. IDEF обеспечивает формализованное описание процессов,

что важно для стандартизации производства, обучения персонала и передачи знаний. Модели на базе IDEF дают менеджерам наглядное представление о ресурсах, входах, выходах и контроле, что упрощает управление производством и позволяет быстрее реагировать на изменения или проблемы. Методология хорошо интегрируется с информационными системами управления производством (MES, ERP), что важно для комплексного мониторинга качества и планирования. Фанерное производство может меняться (новые материалы, технологии), и IDEF-модели помогают быстро обновлять процессы и оценивать влияние нововведений [4].

В контексте производства фанеры IDEF0 и IDEF3 как основные IDEF-методы позволяют детально описать каждую стадию производства, начиная от приема сырья и заканчивая получением конечного продукта.

В качестве инструментария будем использовать CASE-средство для моделирования бизнес-процессов AllFusion Process Modeler.

4. Полученные результаты

Упрощенная контекстная диаграмма верхнего уровня процесса производства фанеры на примере НАО «Свеза в Усть-Ижоре», созданная с помощью инструментария AllFusion Process Modeler, изображена на рисунке 1. Основными механизмами управления являются: участок входного контроля; участок подготовки сырья; участок лущения шпона; участок сушки шпона; участок сборки и склейки фанеры.

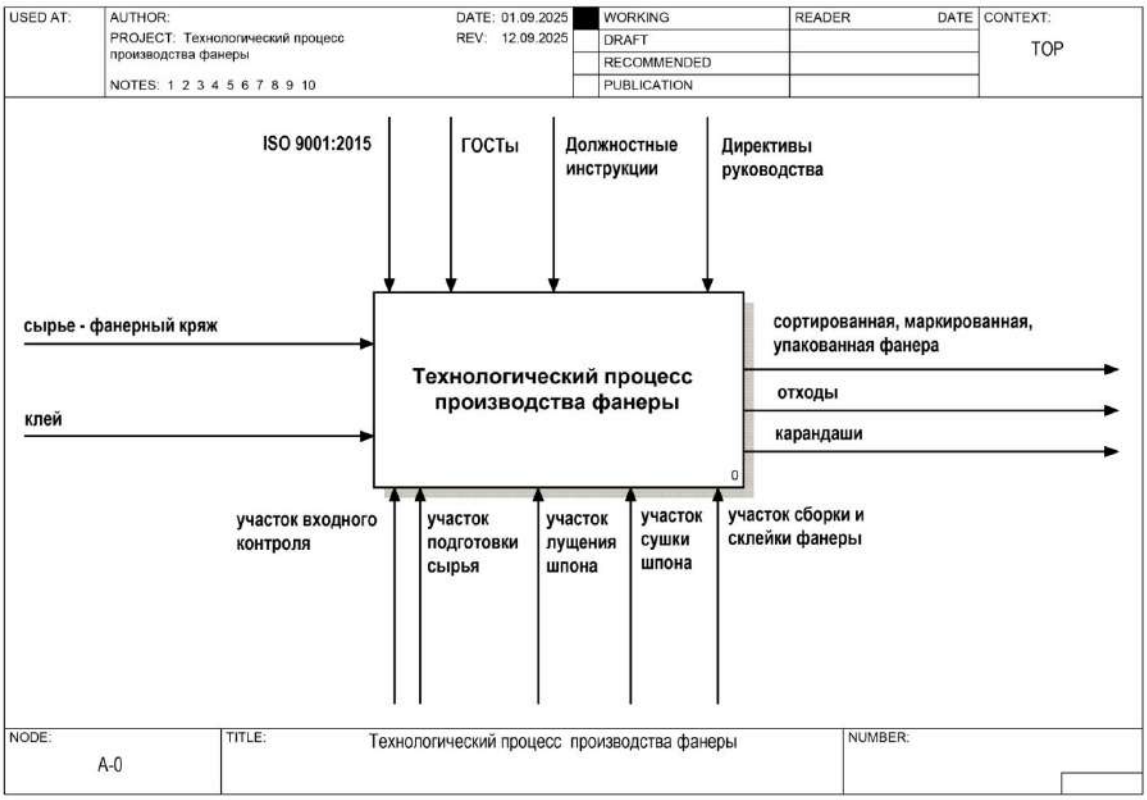


Рисунок 1. Процесс производства фанеры в виде контекстной диаграммы.

Для следующего этапа представления информации проведем декомпозицию и с целью получения схемы материальных и информационных потоков с учетом особенностей технологического процесса производства фанеры разобьем контекстную диаграмму верхнего уровня на пять процессов в соответствии с циклом производства фанеры: входной контроль лесоматериалов; подготовка сырья; лущение шпона; сушка и сортировка шпона; сборка и склейка фанеры (рисунок 2).

Сложность сортировки фанеры обусловлена многогранностью критериев оценки, природными вариациями сырья, необходимостью высокой скорости и автоматизации процесса, а также требованиями стандартов. Решения для эффективной сортировки требуют внедрения современных технологий и точного управления процессами.

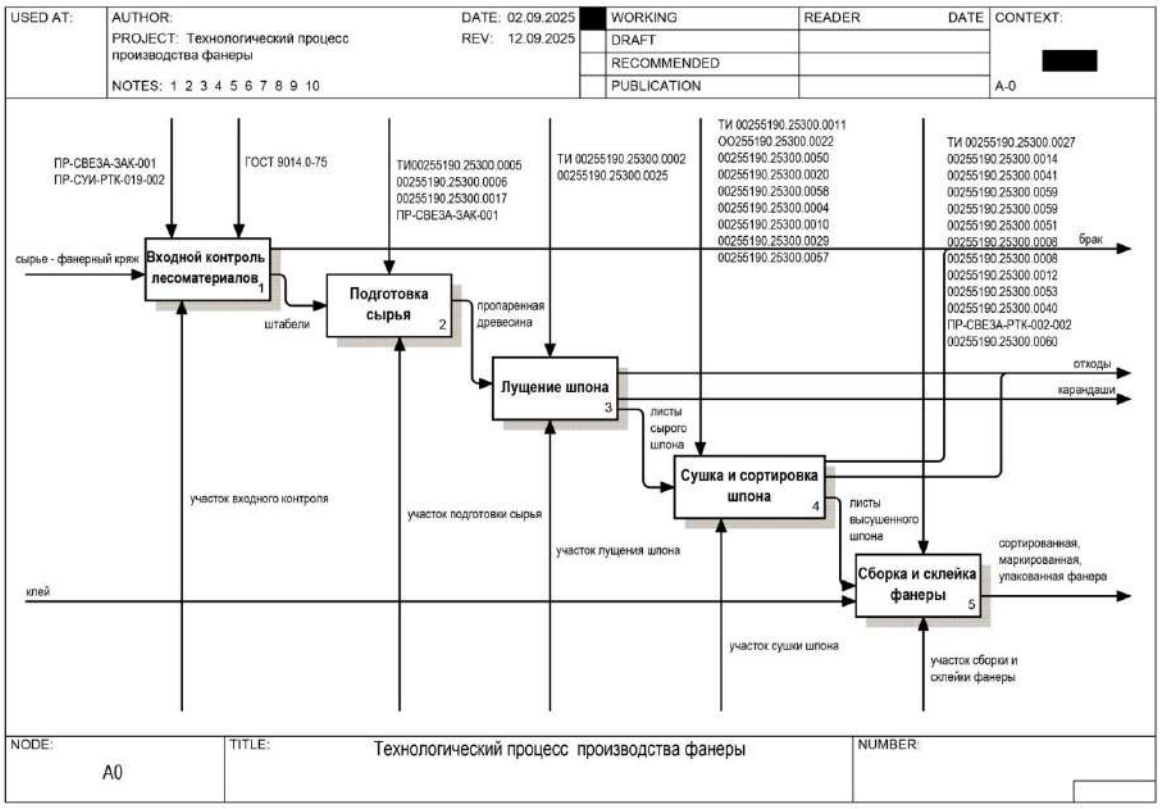


Рисунок 2. Схема материальных и информационных потоков производства фанеры.

Сортообразующими дефектами фанеры являются дефекты поверхности. В зависимости от внешнего вида поверхности наружных слоев фанеру относят к сорту I, II, III или IV. Именно автоматизация контроля качества поверхности фанеры и переход от ручного к автоматизированному управлению сортировкой на основе анализа параметров качества способны обеспечить эффективное изменение процесса в целом, повышение качества сортировки и производительности оборудования [4].

Поскольку процесс сортировки фанеры является частью этапа «Сборка и склейка фанеры», проведем декомпозицию и разобьем данный этап на восемь процессов (рисунок 3).

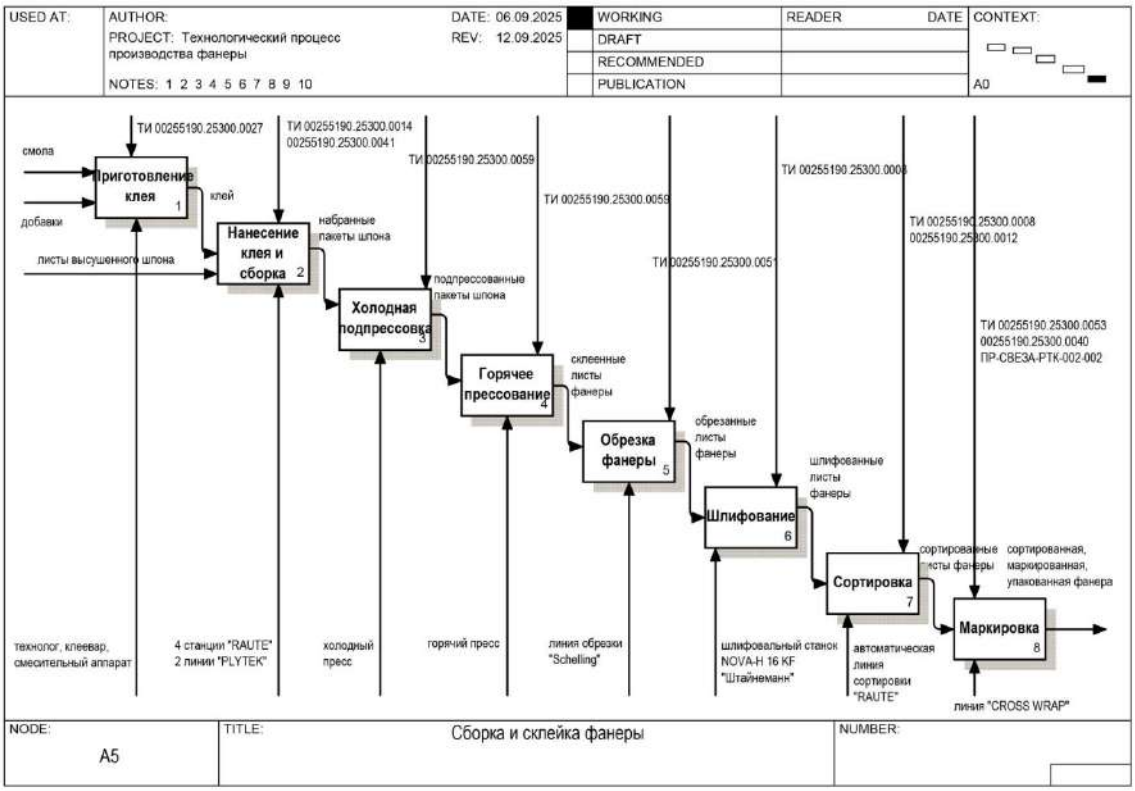


Рисунок 3. Схема материальных и информационных потоков сборки и склейки фанеры.

Объектом нашего последующего анализа является этап «Сортировка».

Для ее формализации используем метод IDEF3, это стандартный подход для моделирования процессов и описания последовательности действий в системах. В нем используются разные типы элементов для представления логики потоков и последовательности событий. За управление логикой процесса, например, выбором альтернативного пути, параллельным выполнением результатов, отвечают так называемые перекрестки.

В нашей диаграмме (рисунок 4) используются перекрестки нескольких видов.

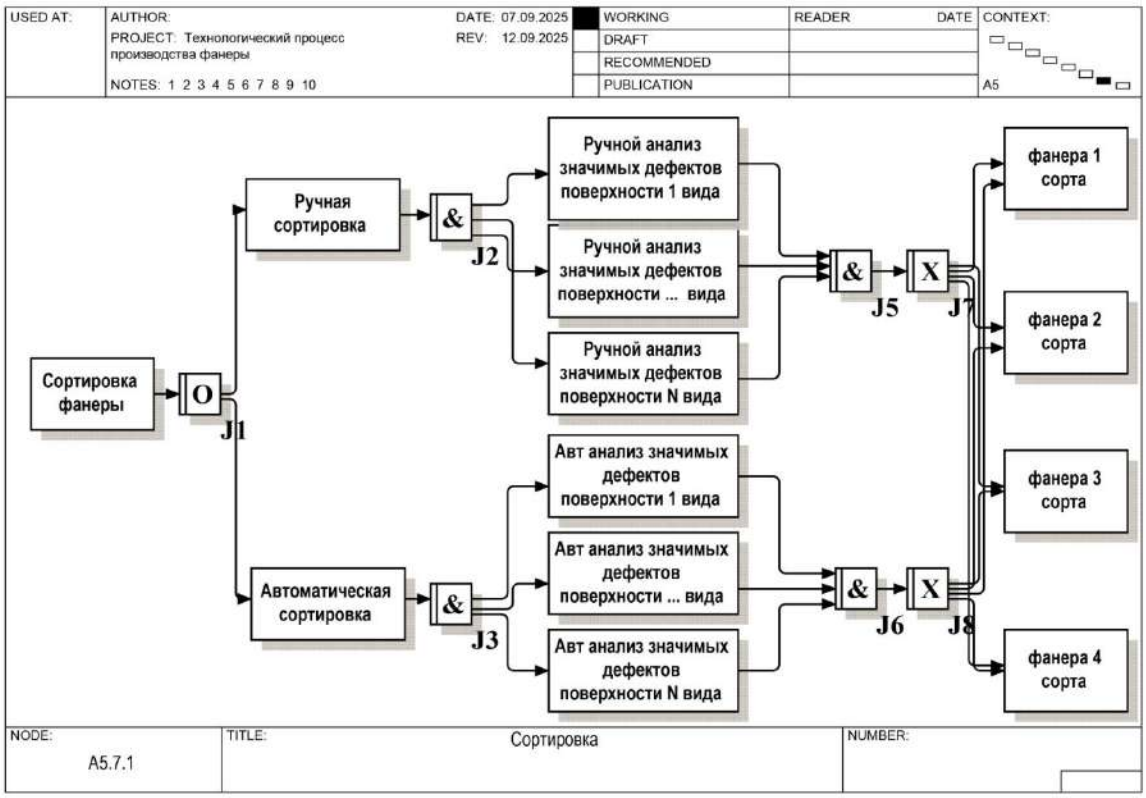


Рисунок 4. IDEF3-диаграмма этапа сортировки.

O – асинхронное «ИЛИ». В случае разветвления один или несколько следующих процессов должны быть запущены: либо происходит ручная сортировка, либо автоматическая, либо они в определенной степени дублируются, особенно на начальных стадиях (J1).

& – асинхронное «И». В случае разветвления все следующие процессы должны быть запущены: необходимо производить анализ по всем значимым дефектам поверхности (J2, J3). В случае слияния все предшествующие процессы должны быть завершены: относить фанеру к одному из сортов можно только при завершении анализа по всем значимым дефектам поверхности (J5, J6).

X – исключающее «ИЛИ». В случае разветвления только один следующий процесс запускается: фанера по результатам сортировки может быть отнесена только к одному из четырех сортов (J7, J8).

5. Выводы

На базе методов IDEF0 и IDEF3 методологии IDEF предложена модель движения материальных и информационных потоков технологического процесса производства фанеры и конкретно этапа сортировки фанеры. Показана целесообразность совершенствования автоматизации контроля качества поверхности фанеры.

Использование методологии IDEF в производстве фанеры способствует структурному пониманию всех аспектов технологического процесса, повышению качества управления, оптимизации ресурсов и улучшению качества конечной продукции.

Список литературы

1. Абрамовских А.О. Снижение стоимости производства фанеры на этапе склеивания / А.О. Абрамовских, М.В. Газеев, О.Н. Чернышев // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: Материалы XIX Международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 18–20 сентября 2024 года. – Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2024. – С. 125-129.
2. Моделирование и оптимизация химического потребления кислорода при производстве целлюлозы / Б.М. Шифрин, О.В. Федорова, С.А. Войнаш [и др.] // Системы. Методы. Технологии. – 2024. – № 4(64). – С. 67-74.
3. Фокина Л.Г. Информационная поддержка управления качеством технологического процесса при производстве фанерного лущёного шпона: специальность 05.13.06 "Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Фокина Любовь Геннадьевна. – Кострома, 2005. – 195 с.
4. Создание комбинированной модели сортировки листового шпона / М.С. Липатов, О.Г. Матвеева, Б.М. Шифрин [и др.] // Системы. Методы. Технологии. – 2025. – № 3(67). – С. 73-79.

УДК 661.683
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.3003
EDN GWDTXU

Исследование применения жидкого стекла в качестве противопожарной обработки

В.И. Полякова*, В.В. Звягинцев

Забайкальский Государственный Университет, ул. Александро-Заводская, д. 30, 672039, Чита, Россия

*E-mail: Lera.vasileva.va@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается исследование применения жидкого стекла в качестве эффективного материала для противопожарной обработки строительных конструкций и изделий. Анализируются физико-химические свойства жидкого стекла, оценивается влияние состава и способов нанесения покрытия на огнезащитные характеристики обрабатываемых поверхностей. Рассматриваются особенности взаимодействия жидкого стекла с различными строительными материалами, такими как древесина. Исследованиями выявлено, что при температуре пламени 250°С древесина практически не горит ни в обработанном, ни в необработанном состоянии. Экспериментальные данные подтвердили возможность применения жидкого стекла в качестве противопожарной обработки древесины, обеспечивающего повышение уровня огнезащиты конструкционных элементов и изделий из древесины. Выявленные зависимости дают основание предложить применение указанной технологии в массовом порядке в строительстве для повышения уровня огнеустойчивости деревянных строений и конструкций разного типа.

Ключевые слова: огнеупорные вещества, жидкое стекло, противопожарная обработка, покрытия огнезащитные.

Study on the application of liquid glass as a fireproof treatment

V.I. Polyakova*, V.V. Zvyagintsev

Transbaikal State University, Alexandro-Zavodskaya St., 30, 672039, Chita, Russia

*E-mail: Lera.vasileva.va@mail.ru

Abstract. This article investigates the application of liquid glass as an effective material for fireproof treatment of building structures and products. The physicochemical properties of liquid glass are analyzed, and the influence of composition and coating methods on the fire-resistant characteristics of treated surfaces is assessed. Special attention is given to the interaction between liquid glass and various construction materials such as wood. Studies have shown that at a flame temperature of 250°C, wood does not burn significantly in either treated or untreated conditions. Experimental data confirmed the possibility of using liquid glass as a fireproof treatment for wood, ensuring increased levels of fire protection for structural elements and wooden products. The identified dependencies provide grounds for recommending this technology for widespread use in construction to enhance the fire resistance of different types of wooden buildings and structures.

Keywords: refractory substances, liquid glass, fireproof treatment, fire-protective coatings.

1. Введение

Одним из способов огнезащиты деревянных конструкций при возведении зданий различного назначения, особенно строительных конструкций мансард, крыш, чердачных помещений является нанесение на них многослойных покрытий, красок, лаков. Это достаточно эффективный способ, но весьма дорогой. Актуальность данной работы обусловлена обеспечением эффективной защиты строительных конструкций от огня, что позволит минимизировать риски возгорания и снизить последствия возможных пожаров, обеспечивая безопасность жизни и здоровья людей, сохранность имущества и экологическое благополучие окружающей среды.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Целью настоящего исследования является изучение возможности применения жидкого стекла в качестве средства противопожарной обработки строительных конструкций и материалов.

Задачи исследований:

- Рассмотреть аспекты применения жидкого стекла в качестве огнезащиты деревянных конструкций;
- Провести лабораторные испытания на огнестойкость древесины;
- Сделать выводы.

3. Методы и материалы исследования

Жидкое стекло или растворимый силикат щелочных металлов лития, калия, натрия представляет собой вязкую жидкость с общей химической формулой $R_20 \cdot mSiO_2 \cdot nH_20$ (где R_20 оксид щелочного металла, m – модуль жидкого стекла) с плотностью 1400-1500 кг/м^3 и коэффициентом динамической вязкости до 1 Пас·с [1].

Раствор силиката натрия обладает рядом уникальных свойств, которые делают его незаменимым в строительной индустрии. Высокая адгезия и термостойкость — ключевые характеристики этого материала, обеспечивающие его широкое применение. Особенно это актуально в условиях повышенной пожарной опасности, где жидкое стекло позволяет значительно повысить безопасность зданий [2-3]. Использование этого материала, например, в подвесных потолках способствует улучшению их огнезащитных функций, поскольку они

обеспечивают защиту горизонтальных конструкций от воздействия высоких температур. Подвесной потолок является эффективным способом огнезащиты горизонтальных конструкций, перекрытий со стальными балками за счет своей легкости, надежности и функциональности [4-5].

Основные свойства жидкого стекла:

- Высокая температура плавления (~800°C);
- Способность проникать глубоко внутрь пористых материалов;
- Образование прочной защитной пленки на поверхности обработанных изделий;
- Устойчивость к агрессивным средам и высоким температурам.

Жидкое стекло представляет собой перспективный материал, обладающий рядом преимуществ: доступность, низкая стоимость, простота нанесения и высокая эффективность в обеспечении пожаростойких свойств [6].

Стоимость обработки поверхностей жидким стеклом значительно ниже, чем использованием огнезащитного лака. Например, цена жидкого стекла составляет около 10–15 рублей за квадратный метр, тогда как нанесение специального защитного лака обойдется примерно в 80–120 рублей. Таким образом, применение жидкого стекла экономит бюджет почти в 6–12 раз, сохраняя высокие показатели пожарной защиты.

Однако недостаточная изученность процессов взаимодействия жидкого стекла со строительными материалами, нехватка унифицированных подходов к оценке качества обработанных поверхностей и возможные препятствия для широкого внедрения требуют организации масштабных научных изысканий. Изучение данных вопросов откроет перспективы расширения сфер использования жидкого стекла, повысят надежность конструкций и создадут инновационные методики повышения огнестойкости [7].

В сентябре 2025 года в аккредитованной аналитической лаборатории предприятия были выполнены исследования пропитанных образцов древесины хвойных пород. Образцы древесины хвойных пород предварительно пропитали раствором жидкого стекла с силикатным модулем М=2 в течении суток. Лабораторные испытания – экспериментальное установление качественных и/или количественных характеристик и свойств объекта в ходе его функционировании или оказания на него различных воздействий. Проведение экспериментов включало контроль температуры нагрева, скорости распространения пламени

и определение изменения массы образца после термообработки. Были рассмотрены два случая: без обработки и с обработкой жидким стеклом.

4. Полученные результаты

Результаты показали значительное снижение воспламеняемости и интенсивности горения образцов, прошедших обработку жидким стеклом, по сравнению с необработанными аналогами. После высыхания силикат натрия образовал пленку, защищающую древесину от огня.

Для рассмотренных случаев:

1. Без обработки – температура воспламенения натуральной древесины составляла около 250°C-300°C.
2. С обработкой жидким стеклом – температура воспламенения примерно до 350°C-450°C.

Таким образом можно предположить, что обработка снижает вероятность воспламенения, увеличивает температуру воспламенения. а пленка препятствует проникновению кислорода и замедляет распространение пламени (рисунок 1)

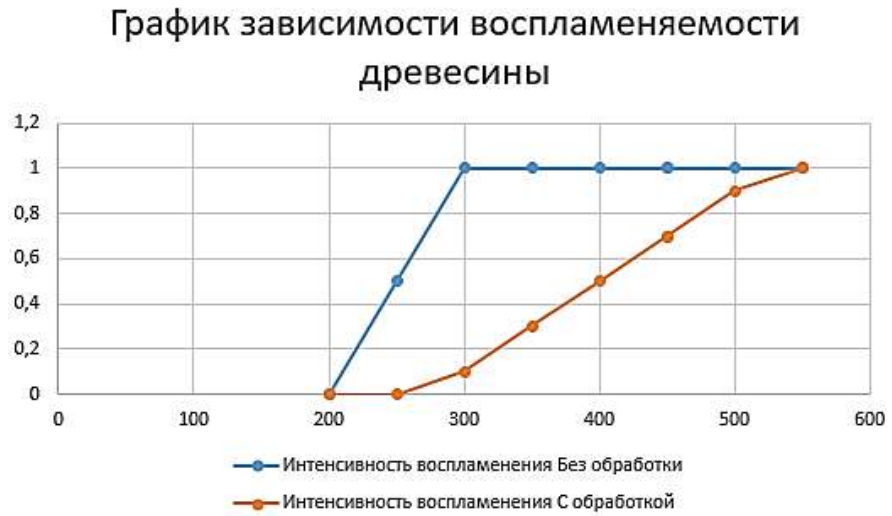


Рисунок 1. График зависимости воспламеняемости древесины с обработкой жидким стеклом и без.

По графику видно, что при температуре пламени 250°C древесина практически не горит ни в обработанном, ни в необработанном состоянии.

После превышения критической температуры начинается интенсивное возгорание. Однако при наличии защитного слоя жидкого стекла эта точка сдвинута вправо примерно на 100°C.

5. Выводы

Экспериментальные данные подтвердили возможность применения жидкого стекла в качестве противопожарной обработки древесины, обеспечивающего повышение уровня огнезащиты конструкционных элементов и изделий из древесины. Выявленные зависимости дают основание предложить применение указанной технологии в массовом порядке в строительстве для повышения уровня огнеустойчивости деревянных строений и конструкций разного типа.

Список литературы

1. Попов Ю.А. Эффективность огнезащитных покрытий на основе жидкого стекла / Ю.А. Попов, А.Е. Шлыкова // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2017. – № 1.
2. Злотников Э.Г. Материалы для огнезащиты древесины и изделий из нее / Э.Г. Злотников. – СПб.: Политехника, 2003.
3. Лотов В.А., Смирнов А.П., Лотова Л.Г. Водный раствор для тушения пожаров. Патент РФ, №2275951 Опубл.20.01.2006.
4. Иванов Ю.В. Противопожарная защита зданий и сооружений / Ю.В. Иванов, Н.А. Хохлов. – Санкт-Петербург: Политехника, 2011.
5. Лебедева Т.И. Применение жидкого стекла для огнебиозащиты пиломатериалов / Т.И. Лебедева, Н.П. Герасимова // Деревообрабатывающая промышленность. – 2016. – № 2.
6. Гравит М.В. Огнезащитные подвесные потолки с высокими пределами огнестойкости / М.В. Гравит, Е.В. Голуб, Д.М. Григорьев, И.О. Иванов // Инженерно-строительный журнал. – 2018. – № 8(84). – С. 75–85.
7. Каримов Р.М. Использование жидкого стекла для повышения пожарной безопасности железобетонных конструкций / Р.М. Каримов, Е.С. Губанова // Строительные материалы. – 2018. – № 3.

УДК 336-71
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.3004
EDN IVRGVQ

Эволюция регуляторных мер по защите клиентов розничного банка от мошенничества: от технологического контроля к социально-ориентированным сервисам (на примере 2025 года)

А.С. Каратаев, М.Р. Макушева*

Сургутский государственный университет, пр-т Ленина, 1, Сургут, 628408, Россия

*E-mail: sultanova.madina@bk.ru

Аннотация. На фоне быстрой цифровизации финансовых услуг и параллельного усложнения схем мошенничества сетей, подходы по защите клиентов розничных банков претерпевают значительные изменения. Если ранее акцент делался на технологические средства контроля, то 2025 год стал для банковской сферы годом перехода к более комплексной парадигме, в которой технологии дополняются сервисами, более ориентированными на человеческий фактор. Статья освещает эту трансформацию через призму конкретных мер по регулированию и банковским практикам, актуальных для 2025 года

Ключевые слова: мошеннические действия, розничный банк, фишинг, финансовые услуги, цифровизация банковского сектора.

The evolution of regulatory measures to protect retail bank customers from fraud: from technological control to socially oriented services (based on the example of 2025)

A.S. Karataev, M.R. Makusheva*

Surgut State University, 1 Lenina pr., Surgut, 628408, Russia

*E-mail: sultanova.madina@bk.ru

Abstract. Against the backdrop of rapid digitalization of financial services and the parallel complexity of network fraud schemes, approaches to protecting the customers of retail banks are undergoing significant changes. Previously, the focus was on technological means of control, but in 2025, the banking sector is transitioning to a more comprehensive paradigm, where technology is complemented by services that are more human-centered. This article explores this transformation through the lens of specific regulatory measures and banking practices relevant for 2025.

Keywords: fraud, retail bank, phishing, financial services, digitalization of the banking sector.

1. Введение

Современное мошенничество в банковской сфере перестало быть чисто технической проблемой. По данным экспертов, более 85% успешных атак на корпоративную инфраструктуру начинаются с фишинга, который превратился в высокотехнологичную и психологически выверенную атаку на сознание человека. Злоумышленники массово используют дипфейки, генерацию безупречных текстов с помощью нейросетей и точечные атаки через мессенджеры, играя на доверии, страхе или невнимательности клиента [1,2].

Этот сдвиг заставил регуляторов и банки пересмотреть свою стратегию. Традиционных мер – антиспама, двухфакторной аутентификации и мониторинга транзакций – оказалось недостаточно. Ответом стала новая философия защиты, которая интегрирует передовые технологии для анализа поведения и блокировки аномалий, но при этом создает «социальную подушку безопасности» – сервисы, призванные защитить клиента в момент его наибольшей уязвимости, когда он уже находится под влиянием мошенников.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Цель – проанализировать трансформацию регуляторных мер по защите клиентов розничного банка от мошенничества в 2025 году, заключающуюся в переходе от доминирования технологического контроля к комплексной модели, интегрирующей технологические решения с социально-ориентированными сервисами.

Задачи исследования:

1. Описать современные способы предотвращения киберугроз со стороны ЦБ РФ
2. Проанализировать влияние социально-ориентированных сервисов на экономическую безопасность банков
3. Проанализировать современные цифровые технологии и их роль в предотвращении мошеннических действий
4. Проследить Эволюцию подходов к защите от мошенничества в розничном банкинге

3. Методы и материалы исследования

Для достижения цели исследования – анализа эволюции регуляторных мер по защите клиентов розничного банка от мошенничества в 2025 году – был применен комплекс методов, основанных на широком круге источников.

В основу работы легли следующие группы материалов:

1. Нормативно-правовые акты и документы Банка России, которые выявить вектор изменения официальных требований к кредитным организациям.
2. Официальная статистика и отчетность регулятора для оценки масштабов явления и эффективности мер использовались данные Банка России о количестве мошеннических операций, предотвращенном ущербе и динамике жалоб потребителей за 2024-2025 годы.
3. Публикации в деловых и отраслевых СМИ: обзоры и новости, опубликованные на авторитетных ресурсах, в которых предоставили информацию о практической реализации регуляторных предписаний и новых банковских продуктах, ориентированных на безопасность.
4. Научные статьи российских и зарубежных авторов, а также официальные сайты банков.

Для обработки указанных материалов были использованы следующие общенаучные методы: сравнительный и статистический анализ, системный подход и метод классификации.

4. Полученные результаты

Эволюция технологического контроля характеризуется переходом от реактивного блокирования известных угроз к проактивному прогнозированию и предотвращению рисков на основе анализа контекста и поведения.

Современные системы, основанные на искусственном интеллекте, анализируют не просто сумму или получателя перевода, а целостный поведенческий портрет клиента. Они учитывают сотни параметров: от типичного времени и геолокации операций до манеры взаимодействия с интерфейсом мобильного приложения. Например, если пользователь всегда вводит PIN-код плавно, а в конкретный момент делает это рывками или с ошибками, это может быть сигналом о стрессе, вызванном звонком мошенника.

Другим примером проактивного предотвращения рисков является применение регуляторных инноваций в реальном времени. Ярким примером регуляторного ответа на вызовы времени являются нормы Банка России, вступившие в силу в сентябре 2025 года. Они обязывают банки в режиме реального времени анализировать девять признаков мошенничества при выдаче наличных через банкоматы. К ним относятся:

- Нехарактерное для клиента время, место или способ операции (например, снятие по QR-коду, если он всегда использовал карту).
- Резкое изменение активности входящих звонков и SMS за несколько часов до операции.
- Снятие денег в течение 24 часов после получения кредита или увеличения лимита по карте.
- Смена номера телефона, привязанного к интернет-банку, или обнаружение на устройстве вредоносного ПО.

При выявлении хотя бы одного критерия система автоматически ограничивает выдачу наличных через банкомат на 48 часов, параллельно информируя клиента. Аналогично при оформлении кредита действует период охлаждения, который составляет от 4 до 48 часов, только после данного период происходит зачисление денежных средств клиентам. Это не просто технологический барьер, а механизм, принудительно создающий «паузу» для осмысления действий [3,4].

К современным способам превентивных действий для предотвращения мошеннических действий можно отнести - контекстную аутентификация с помощью использования агентного ИИ. В мире мгновенных платежей ключевым становится не просто подтверждение личности, а оценка риска каждой операции. Использование технологий на базе агентного ИИ позволяет в миллисекунды провести несколько проверок: подтвердить личность, свериться со списками санкций, оценить соответствие транзакции историческому поведению и принять решение об ее одобрении или отправке на ручную проверку. Это превращает комплаенс из обузы в стратегическое преимущество, обеспечивая скорость без потерь в безопасности [5].

Важную роль в предотвращении мошеннических действий играет создание социально-ориентированных сервисов как новой линии обороны.

Осознание, что даже самая совершенная технология не может полностью нивелировать человеческий фактор, привело к появлению социально-ориентированных сервисов, которые стали второй, не менее важной, линией обороны.

Сервис «второй руки». Хотя в предоставленных результатах поиска он не описан явно, его концепция логично вытекает из общего тренда. Этот сервис можно определить как добровольное подключение клиентом «доверенного лица» (родственника, друга), который получает уведомления о подозрительных или крупных операциях. Такой подход особенно важен для защиты социально уязвимых групп — пожилых людей или подростков, которые чаще поддаются на манипуляции. Сервис создает социальный барьер на пути мошенников: даже если они убедили жертву, существует высокая вероятность, что доверенное лицо вмешается и предотвратит потерю средств [6].

Персонализированное информирование и «период охлаждения». Регуляторные практики 2025 года все чаще смещают фокус с сухих технических уведомлений на понятные, настойчивые предупреждения. Если система определяет, что клиент переводит деньги на счет, который по множеству косвенных признаков является мошенническим, он видит не просто «Подтвердите операцию», а четкое сообщение: «Внимание! Получатель ранее был ассоциирован с мошенническими действиями. Прервите операцию и позвоните в службу безопасности банка по номеру Х»

Обучение и симуляции, адаптированные под ИИ. Борьба с социальной инженерией требует адекватного обучения. В 2025 году тренировки по кибербезопасности перестали быть унифицированными. Используя ИИ, компании создают персонализированные симуляции на базе реальных атак, которые автоматически настраиваются под отдел, уровень доступа и даже психотип сотрудника. Это позволяет выработать устойчивые навыки распознавания именно тех угроз, с которыми человек может столкнуться на практике [7,8].

В таблице №1 систематизированы ключевые различия между устаревшими и современными подходами к обеспечению безопасности клиентов розничного банка.

Таблица №1. Эволюция подходов к защите от мошенничества в розничном банкинге.

Аспект	Традиционный подход (до 2025 г.)	Современный, социально-технологический подход (2025 г.)
Основной фокус	Технический контроль транзакций и устройств	Комплексная защита, включая психологическое состояние и поведение клиента
Методы аутентификации	Статичная двухфакторная аутентификация	Контекстная и поведенческая аутентификация (UEBA), оценивающая риск операции
Реагирование на угрозы	Реактивное, после совершения инцидента	Предиктивное и проактивное, с созданием "принудительных пауз" и анализом аномалий поведения
Работа с клиентом	Массовые рассылки и общие рекомендации	Персонализированные предупреждения, сервисы по подключению доверенных лиц ("вторая рука")
Обучение кибергигиене	Общие лекции и тесты	Индивидуальные симуляции на базе ИИ, основанные на реальных сценариях атак
Роль регулятора	Установление стандартов шифрования и процедур	Внедрение поведенческих критериев для оценки риска (например, 9 признаков Банка России)

5. Выводы

Проведенный анализ позволяет утверждать, что 2025 год стал переломным моментом в развитии регуляторных мер по защите клиентов розничного банка. Эволюция от изолированных технологических решений к интегрированной социально-технологической парадигме является прямым ответом на усложнение мошеннических схем, в основе которых лежит социальная инженерия.

1. Технологии становятся проактивными и контекстными. Мониторинг сместился с анализа самих операций на анализ поведения и цифрового следа клиента, что позволяет выявлять аномалии до момента окончательной потери средств. Регуляторные

инициативы, такие как правила Банка России, законодательно закрепляют этот поведенческий подход.

2. Социально-ориентированные сервисы формируют новую культуру безопасности. Внедрение таких механизмов, как сервис «второй руки» и персонализированные предупреждения, признает важность человеческого фактора. Эти сервисы не заменяют, а усиливают технологии, создавая среду, в которой у клиента появляется больше шансов опомниться и получить помощь в критический момент.
3. Будущее за гибридными моделями. Дальнейшее развитие видится в углубленной интеграции поведенческой аналитики, агентного ИИ и социальных механизмов поддержки. Банки, которые смогут предложить не только надежную, но и «заботливую» безопасность, превратят комплаенс из статьи расходов в мощный инструмент укрепления клиентского доверия и лояльности.

Таким образом, современная система защиты клиента — это уже не просто «цифровой замок», а интеллектуальная и отзывчивая экосистема, которая учится, предугадывает и подстраховывает, становясь неотъемлемой частью позитивного клиентского опыта.

Список литературы

1. Кобец Н.В. Фишинговые атаки как один из самых распространенных видов киберпреступности и меры по противодействию // Научный портал МВД России. – 2023. – №1 (61). – С.83-89
2. Социальная инженерия в 2025: новые схемы и как от них защититься // Pentest-Russia. – 2025. – Режим доступа: https://pentest-russia.ru/blog/soczialnaya-inzheneriya-v-2025-novye-shemy-i-kak-ot-nih-zashhititsya/ (дата обращения: 15.10.2025)
3. Банк России определил признаки мошеннических операций при снятии наличных в банкоматах // Банк России. – 2025. – Режим доступа: https://www.cbr.ru/press/event/?id=26852 (дата обращения: 17.10.2025)
4. Период охлаждения по кредитам и займам составит от 4 до 48 часов // Банк России. – 2025. – Режим доступа: https://cbr.ru/press/event/?id=23366 (дата обращения: 18.10.2025)
5. Whittaker, A. How regulation and real-time risk are reshaping fraud prevention // Retail Banker International. – 2025. – Режим доступа: https://www.retailbankerinternational.com/comment/h

ow-regulation-real-time-risk-reshaping-fraud-prevention/?cf-view (дата обращения: 21.10.2025)

6. Близкие рядом // Сбербанк онлайн. – 2025. – Режим доступа: https://www.sberbank.ru/ru/person/dist_services/sovmestnie-uvedomleniya (дата обращения: 15.10.2025)
7. Клиентская поддержка в 2025 году: специфика и тренды // Umnico. – 2025. – Режим доступа: https://umnico.com/ru/blog/klientskaya-podderzhka/ (дата обращения: 220.10.2025)
8. Эволюция программ-вымогателей в 2025 году: новые техники, схемы монетизации и угрозы // Cyber Media. – 2025. – Режим доступа: https://securitymedia.org/info/evolyutsiya-programm-vymogateley-v-2025-godu-novye-tekhniki-skhemy-monetizatsii-i-ugrozy.html (дата обращения: 17.10.2025)

УДК УДК: 693.61

EDN CKOUUC

Базовые научные проблемы безопасности в экспертных исследованиях

А.З. Абуханов, А.С. Успанова, Г.А. Галаев, М.М. Хамбиев*

ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, кафедра «ЭУНТГ», Грозный, Россия

*E-mail: aset0584@mail.ru

Аннотация. В современных экспертных исследованиях в судебной строительно-технической экспертизе (ССТЭ) научные проблемы безопасности имеют важное значение и включают разработку специализированных по отраслям методик, направленных на исключение ошибок, просчетов, формирование единой схемы экспертной оценки объекта недвижимости с максимальной достоверностью полученных результатов.

Ключевые слова: безопасность научных исследований, безопасность экспертных исследований, научная безопасность экспертизы.

Basic scientific security issues in expert research

A.Z. Abukhanov, A.S. Uspanova, G.A. Galaev, M.M. Khambiev*

GGNTU named after academician M.D. Millionshchikov, Grozny, Russia

*E-mail: aset0584@mail.ru

Abstract. In modern expert research at the Security and Safety Authority (SSEA), scientific security issues are of vital importance and include the development of industry-specific methodologies aimed at eliminating errors and miscalculations, and the formation of a unified framework for expert assessment of real estate with maximum reliability of the obtained results.

Keywords: safety of scientific research, safety of expert research, scientific safety of expertise.

1. Введение

В целях решения проблем безопасности научных исследований совершенствуется регулирующая нормативная база, так как научно-технический прогресс позволяет совершенствовать применяемое материально-техническое оснащение и вследствие этого приобретаются новые методы исследования объектов [1]. При этом возникают проблемы безопасности, связанные с внедрением новых технологий в экспертной оценке:

- проблемы внедрения ИИ и оценка ее безопасного использования в оценочной деятельности;
- проблемы фальсификации при помощи ИИ и компьютерных технологии строительно-технической документации, и прочих документов;
- проблемы кибербезопасности экспертных данных, которые могут попасть в СМИ, интернет и стать достоянием общественности при том, что они не всегда предназначены для широкой аудитории и могут представлять коммерческую тайну согласно условиям договора оценки с заказчиком;
- проблемы согласования результатов, полученных на сверхновом оборудовании в рамках экспертных исследований с действующими нормами безопасности и нормативных актов;
- проблемы научной обоснованности применяемых авторских методик оценки объекта недвижимости и ее согласование с общепринятыми подходами в оценочной деятельности;
- проблемы научной значимости новых оценочных исследований и разработка их практического применения.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Все это порождает массу интересных научных направлений в безопасности оценочной и деятельности и требует дальнейшей доработки для внедрения в практику [2].

Также возникают проблемы безопасности в экспертных исследованиях, связанные с внедрением новых методологий и их надежности в оценочной деятельности:

- проблемы достоверности и воспроизводимости объектов оценки (объект недвижимости, в отношении которого была проведена оценочная экспертиза должен быть доступен для повторных исследований);
- проблемы разработки и усовершенствования оценочных методик для большей практической пользы оценочной экспертизы;
- проблемы предвзятости и объективности в оценочной практике, когда безопасность экспертных исследований нарушается интересами сторонних лиц;
- проблемы с пропагандой, обучением, повышением квалификации действующих экспертов в оценочной деятельности новым безопасным технологиям обмена документацией, специальными программами и методиками.

Помимо этого, существуют научные проблемы, связанные с оценкой угроз безопасности экспертных исследований:

- оценка неявных угроз в виде информационного хейта, перепланировки города, расширения программ реконструкции жилья, куда может подпасть исследуемый объект;
- оценка новых видов угроз: киберпреступность, мошенничество, подтасовка фактов для преднамеренной дискредитации в информационном поле и т.д.

3. Методы и материалы исследования

Научные проблемы безопасности в экспертных исследованиях начали исследовать сравнительно недавно и в сети можно найти очень мало публикаций на данную тему и в последние пару лет, но несомненно, что данная тема актуальна и требует изучения и анализа [3-5], рисунок 1.

Рисунок 1. Виды научных проблем в научных исследованиях.

Безопасность экспертных исследований обеспечивается законом, так как при нарушении экспертом линии закона и выявлении данного факта он несет ответственность по статьям УК РФ 159, 307, 160, 286, 174, 176, 201, 204, 285, 286:

- уголовную, когда наказание по вышеперечисленным статьям предусматривает наказание до 10 лет лишения свободы;
- дисциплинарная, когда саморегулируемая организация оценщиков (СРОО), в которой он состоит накладывает предписание, запрет на ведение оценочной деятельности до 3-х лет, исключение из организации и прочие воздействия;
- гражданско-правовая, когда оценщик обязан выплатить компенсацию за ущерб, причиненный его действиями, и может это сделать из личных средств, средств СРОО, страховки по договору, в крайнем случае – привести к его банкротству и окончанию профессиональной карьеры;
- репутационная, когда оценщик теряет имидж в глазах потенциальных клиентов из-за наличия информации о его прямом или косвенном участии в сомнительных сделках, в судебных тяжбах, и прочих нелицеприятных фактах.

Также хотелось бы отметить, что научные проблемы безопасности в экспертных исследованиях (ЭИ) классифицируют на две большие группы: это внутренние и внешние, которые обусловлены источниками этих проблем, таблица 1.

Таблица 1. Источники научные проблемы безопасности ЭИ.

Внутренние	Внешние
Общая методология ведения экспертных исследований	Научно-технический прогресс в оборудовании для ЭИ
Квалификация и профессиональная подготовка специалистов	Социально-политическая ситуация в мире
Нормативная база страны	Международные стандарты ЭИ
Научно-техническая литература и профильная документация	Форсмажорные ситуации в оценочной деятельности

4. Полученные результаты

При этом проблемы безопасности в экспертных исследованиях можно укрупненно представить в виде следующей схемы, рисунок 2.

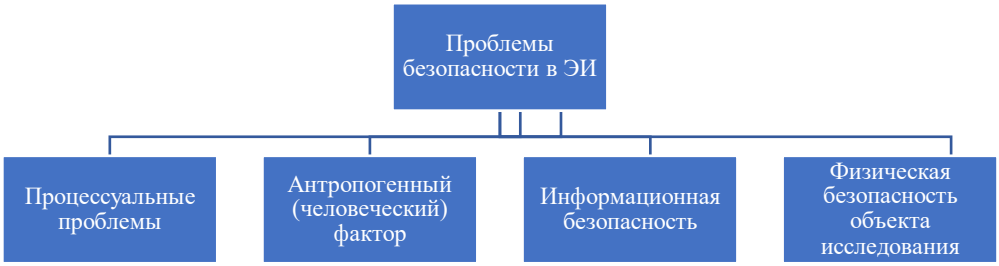


Рисунок 2. Виды базовых проблем безопасности в ЭИ.

Так, научные проблемы безопасности в экспертных исследованиях могут выполнять следующие функции:

- профилактическую, предотвращение возможных угроз;
- защитную, защищающая безопасность ЭИ и источник экспертизы;
- ликвидационная, локализирующая источник угрозы и способствующий его устранению или предписывающий методологию его устранения.

Экспертные исследования в строительно-технической экспертизе, в том числе и судебной, требуют высокой квалификации привлеченного эксперта и навыков работы с современными методиками и оборудованием. Так, например, экспертиза сетей водоснабжения и водоотведения жилого дома требует знаний не только о основах проектирования и эксплуатации инженерных сетей жилых зданий, но и всего сопутсвующего регулирующего электротехнического оборудования, систем пожарной безопасности и других сопутствующих работ, без знания которых проведение экспертизы невозможно, поэтому в подобных случаях привлекаются профильные специалисты [6]. В подобных случаях достоверность части, выполненной привлеченными специалистами, должна проверяться особенно тщательно, так как ее основе главный специалист по экспертизе формирует окончательное заключение по исследованиям данного объекта.

В целом, истоки возникновения научных проблем в экспертных исследованиях базируются на стремлении научного прогресса и технических достижений полностью локализировать оценочную и экспертную деятельность и снизить риски человеческих ошибок, но при этом возможности человека как главного действующего лица в качестве эксперта не

должны быть ограничены. В целом вышесказанное может быть выражено логической схемой, рисунок 3.

Рисунок 3. Схема возникновения научных проблем в ЭИ.

Взаимодействие данных факторов порождает возникновение научных проблем или вопросов, которые влияют на экспертные исследования и их безопасность [7].

5. Выводы

Решение данных вопросов лежит в научной исследовательской деятельности оценочной практики и экспертизы объектов недвижимости и экспертных исследований на их основе. Часто экспертные исследования выполняются по заданию научных центров, в рамках целевых программ, направленных на сбор и анализ специфичных данных в отрасли для выработки норм безопасности, которые до практической реализации имеют вид научных проблем [8-9].

Научное обоснование проблем безопасности является следствием внешних и внутренних угроз в узкой отрасли оценочной деятельности, которая осложняется спецификой природы объектов недвижимости, которые являются объектами экспертных оценочных исследований.

Список литературы

1. Аверьянова Т.В. Судебная экспертиза. Курс общей теории. – М.: Норма, 2006.
2. Бутырин А.Ю. Судебная строительно-техническая экспертиза и государственный строительный надзор: общие черты, различия и основы для взаимодействия / А.Ю. Бутырин, Е.Б. Стативa, А.Р. Чудиёвич // Теория и практика судебной экспертизы. – 2017. – № 2(30).
3. Присс О.Г. Судебная строительная экспертиза в Российской Федерации / О.Г. Присс, С.В. Овчинникова // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 3.
4. Присс О.Г. Современное состояние строительной судебной экспертизы в России / О.Г. Присс, Ю.В. Галашев // Современные проблемы судебной экспертизы. – 2017. – С. 143 - 146.
5. Абуханов А.З. Роль судебного эксперта-строителя в строительно-технической экспертизе / А.З. Абуханов, А.С. Успанова, А.Х. Байсангуров // Проблемы научной мысли. – 2023. – Т. 2. – № 6. – С. 136-141.
6. Успанова А.С. Вопросы подготовки экспертов-строителей / А.С. Успанова, Б.З. Энгеноев, М. М. Олигова [и др.] // Научно-исследовательские публикации. – 2022. – № 2. – С. 29- 32.
7. Успанова, А. С. Формирование стоимости жилой недвижимости в условиях Чеченской Республики / А. С. Успанова, В. Х. Хадисов, З. М. Асхабова // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2020. – Т. 16. – № 2(20). – С. 72-79.
8. Успанова А.С. Вопросы формирования компетенций экспертов-строителей и их применение при проведении судебной строительно-технической экспертизы (ССТЭ) / А. С. Успанова, А. З. Абуханов // Развитие общества и науки в современных условиях. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2022. – С. 126-147.
9. Абуханов А.З. Проблемы экспертной деятельности в современной строительно-технической экспертизе / А. З. Абуханов, А. С. Успанова, М. С. А. Солтохмадов [и др.] // Миллионщиков-2024: Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (В рамках реализации программы развития передовой инженерной школы "РосГеоТех"), Грозный, 30 мая 2024 года. – Грозный: Грозненский государственный нефтяной технический университет им. М.Д. Миллионщикова, 2024. – С. 125-127.

УДК 338-4842

EDN DCUFKT

Иппотерапия как направление повышения привлекательности сельских территорий

В.В. Щетникова*, И.П. Радионова, А.Е. Курилов, К. В. Чепелева

Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90, Красноярск, 660049, Россия

*E-mail: v.shpagina@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию потенциала иппотерапии как инструмента устойчивого развития сельских территорий и решения проблемы миграционного оттока населения. Представлена расшифровка понятия иппотерапия. Анализируется современное состояние сельских районов, характеризующихся ограниченностью досуговой инфраструктуры, и обосновывается целесообразность создания конноспортивных клубов именно в сельской местности благодаря преимуществам в стоимости земельных ресурсов и наличию природных ландшафтов. С краткой характеристикой на примере Красноярского края подробно рассматривается успешная региональная практика внедрения иппотерапии. Описаны механизмы государственной поддержки, показана структура отрасли. Доказывается, что развитие иппотерапии создаёт многосторонний эффект: формируются новые рабочие места, стимулируется смежные отрасли, повышается туристическая привлекательность территории. Особый акцент сделан на социальном воздействии — обеспечении доступности реабилитации для уязвимых групп населения и создании качественно новой досуговой среды для молодёжи способствующей закреплению населения на селе.

Ключевые слова: Сельские территории, иппотерапия, сельский досуг, реабилитация, социальные эффекты.

Hippotherapy as a means to enhance the attractiveness of rural areas

V.V. Shchetnikova*, I.P. Radionova, A.E.Kurilov, K.V. Chepeleva

Krasnoyarsk State Agrarian University, 90 Mira Avenue, Krasnoyarsk, 660049, Russia

*E-mail: v.shpagina@mail.ru

Abstract The article explores the potential of hippotherapy as a tool for sustainable development of rural areas and addressing population outmigration. It provides a detailed definition of the concept of hippotherapy. The study analyzes the current state of rural regions, characterized by limited recreational infrastructure, and justifies the feasibility of establishing equestrian clubs specifically in rural areas due to advantages in land resource costs and the presence of natural landscapes. Using the Krasnoyarsk Territory as a brief case study, the article examines successful regional practices of hippotherapy implementation in detail. It describes state support mechanisms and outlines the industry structure. The research demonstrates that developing hippotherapy creates multifaceted effects: generating new employment opportunities, stimulating related economic sectors, and enhancing the territory's touristic appeal. Particular emphasis is placed on social impact - ensuring accessibility of rehabilitation for vulnerable population groups and creating a qualitatively new recreational environment for youth that contributes to retaining population in rural areas.

Keywords: Rural areas, hippotherapy, rural leisure, rehabilitation, social effects, rehabilitation.

1. Введение

В настоящее, время тема развития сельских территорий становится всё более актуальной. Современная ситуация характеризуется усилением оттока населения из сельских районов в города. Одной из ключевых проблем является отсутствие привлекательных условий для жизни и отдыха. Вместе с тем сельская местность обладает рядом преимуществ, которые могут стать основой для её устойчивого развития. Для снижения уровня миграции важно выявить сильные стороны сельского образа жизни и современные тенденции. Именно на пересечении этих аспектов возникает перспективное направление развития – иппотерапия как способ повышения привлекательности сельской местности.

2. Цель исследования

Государство активно ищет способы повысить привлекательность сельских территорий – это новый тренд последних десятилетий. Проблемы старения населения сельских территорий, миграционного оттока, запустения сферы досуга и ограниченного разнообразия стали характерными чертами сельских территорий. Тем не менее, сельская среда остается благоприятной для развития традиционных видов деятельности, издавна присущих сельским территориям и прочно утвердившихся как в медицинской практике, так и в сфере досуга. Среди них выделяются конный спорт и иппотерапия.

2.1. Теоретические аспекты

Изначально о пользе верховой езды упоминал Гиппократ в своих трудах V-IV вв. до н.э. [1] Каменских Э.А. в своей статье отмечал термин Иппотерапия в спортивно-оздоровительном туризме – это комплекс упражнений и занятий с лошадьми, направленных не только на реабилитацию, но и на поддержание общего тонуса, улучшение самочувствия и эмоционального состояния. [2] Тутаршев А. К. в своей работе описал следующим образом термин иппотерапия (от греч. Hippos – лошадь) – это так называемое «лечение с помощью лошади», один из видов альтернативной медицины, при котором с инвалидами занимается физиотерапевт или специально обученный инструктор по лечебной верховой езде. Этот метод вспомогательного лечения эффективен в разной степени для людей с нарушениями опорно-двигательного аппарата [7]. Федорова М. И. отмечает иппотерапию как уникальную форму

лечебной физкультуры, в которой лошадь применяется в качестве реабилитационного инструмента, отличается от рядовых занятий сопровождением специально обученных специалистов, работающих с пациентом от первых шагов до окончания курса лечения [8].

2.1.1. Развитие отрасли

Развитие иппотерапии способно привлечь внимание к сельской местности и создать условия для организации досуговых площадок, полезных для физического и психологического здоровья жителей, особенно молодежи. Рассматривая разные причины переезда молодежи из сельской местности, важно уделить внимание тому, какое место досуг занимает в системе ценностей молодого поколения [10]. Иппотерапия – многогранный источник позитивных изменений для сельской местности. С одной стороны, это способ развития бизнеса со всеми сопутствующими преимуществами, например агротуризма, а с другой – целая сфера восстановления здоровья, как физического, так и ментального. Метод иппотерапии является комплексным, что обусловлено воздействием двух факторов на организм человека, а именно - психогенного и биомеханического [9].

3. Практическая реализация

Особую актуальность занимает занятия с особенными детьми, их адаптацией и социализацией. В Красноярском крае этим направлением начала заниматься Черняева Татьяна Борисовна, которая является медицинским психологом, руководителем и основателем Красноярского центра иппотерапии (КЦИ) в 2002 году. Первые гранты по иппотерапии начал писать Шиенок Владимир-исполнительный директор КЦИ, а в 2004 году появилась краевая грантовая программа «Социальное партнёрство во имя развития». За счёт грантов КЦИ обучил специалистов по иппотерапии и создал материальную базу своей организации.

3.1. Реализация в Красноярском крае

На данный момент в Красноярском крае услуги по адаптивной верховой езде (иппотерапии) для лиц с ограниченными возможностями здоровья (в том числе с инвалидностью) оказывают организации с различной формой собственности и индивидуальные предприниматели. Общие требования к месту проведения (площадке) и персоналу иппотерапии прописаны в ГОСТ Р 70774-2023. В 2024 году «Национальной

федерацией иппотерапии и адоптивного конного спорта» разработан национальный стандарт «Оценка подготовки лошадей для использования в адаптивной верховой езде» (иппотерапии).

В 2025 году в Красноярском крае услуги по иппотерапии оказывают квалифицированные специалисты, имеющие высшее или среднее профессиональное образование из областей профессиональной подготовки: физическая культура и спорт, клиническая медицина, психологические науки, образование и педагогические науки. Все краевые специалисты прошли обучение по дополнительным профессиональным программам в области адаптивной верховой езды (иппотерапии) и имеют опыт верховой езды. Обучение проводится базе образовательной программы «Национальной федерации иппотерапии и адоптивного конного спорта» г. Москва. Персонал по иппотерапии должен (не реже одного раза в два года) принимать участие в обучающих семинарах, курсах и конференциях по профильным темам; регулярно (не реже одного раза в пять лет) повышать квалификацию по иппотерапии. «Красноярский центр иппотерапии» проводит и участвует в конференциях, организует проведение семинаров, с привлечением специалистов «Национальной федерации иппотерапии и адаптивного конного спорта».

В Красноярском крае услуги по иппотерапии предоставляют конноспортивные клубы: КСК «Виабера», Емельяновский район, КСК «Кураж», Емельяновский район, КСК «Талисман», г. Дивногорск, КСК «Эквитерра», Шушенский район, КСК «Заливные луга», Минусинский район, КСК «На встречу мечте» г. Железногорск, КСК «Буржуй», г. Канск, ДЮСШ по конному спорту «Кентавр» г. Красноярск, Штоль Дарья Игоревна, Анциферова Елена Владимировна, Симонова Маргарита Дмитриевна, Красноярский ипподром, г Красноярск. В 2026 году начнут оказывать услуги иппотерапии в г. Лесосибирск и в г. Шарыпово.

3.2. Государственная поддержка

Методологическим центром КЦИ разработана краевая и городская программа иппотерапии «Красноярье», благодаря которой в 2025 году министерство социальной политики Красноярского края оказывает государственную поддержку в рамках нацпроекта «Семья». Более 250 детей с инвалидностью получаю бесплатные реабилитационный курс по адаптивной верховой езде (иппотерапии). Программа курса реабилитации включает в себя 22

бесплатных занятия, которые необходимо пройти для достижения первоначального положительного лечебного эффекта. Направление на занятия иппотерапией в Красноярском крае производится через краевое государственное бюджетное учреждение социального обслуживания «Реабилитационный центр детей инвалидов «Радуга». В целом иппотерапия является очень востребованным и перспективным направлением, потому что количество потребителей растет. За последние годы их число увеличилось. В России бум интереса к теме аутизма наблюдается в последние 10-15 лет [5].

Коммерческая цена одного занятия по иппотерапии от 1500 до 2000 рублей, зависит от доступности расположения места проведения реабилитации. Для поддерживающего положительного эффекта иппотерапии для лиц с ограниченными возможностями здоровья заниматься необходимо на постоянной основе. Красноярский центр иппотерапии совместно с министерством социальной политики Красноярского края разрабатывают методы увеличения бюджетной поддержки иппотерапии. В 2025 году из краевого бюджета на эти цели было выделено порядка 9 миллионов рублей.

3.3. Терапевтический эффект

Благоприятное воздействие верховой езды на больных и раненых было известно еще в глубокой древности. Об этом свидетельствуют записи 116 в трудах античных медиков (Гиппократ), врачей в средние века (Дени Дидро 1751г. – трактат о верховой езде и ее значении для того, чтоб сохранить здоровье и снова его обрести) и в более поздние времена[6]. Рассматривается возможность расширения услуг на участников СВО при наличии показателей. «Национальной федерацией иппотерапии и адаптивного конного спорта» разрабатываются методики и стандарты подготовки специалистов и лошадей для проведения реабилитации с помощью иппотерапии. Отсутствие негативных побочных симптомов позволяют использовать иппотерапию со всеми группами пациентов [5].

4. Потенциал развития в сельской местности

Реализация конного клуба в городской среде достаточно проблематична и сложна из-за высокой плотности застройки и стоимости земли. Поэтому конные клубы чаще располагаются на окраинах городов либо вне городской зоны. Городские территории уступают сельским именно в развитии конноспортивной индустрии, поскольку в сёлах

имеются очевидные преимущества: просторные земельные участки, низкая плотность застройки и меньшая стоимость земельных ресурсов.

Такое расположение даёт ряд выгод:

- возможность сэкономить значительные средства благодаря низкой стоимости земли и минимизации затрат на содержание животных;
- доступность спорта для местной молодёжи, что положительно влияет на физическое и эмоциональное состояние подростков и детей;
- привлекательность территории для горожан, желающих провести активный отдых на природе, занимаясь верховой ездой или участвуя в мероприятиях конного клуба.

Таким образом, размещение конного клуба в сельской местности не только обеспечивает лучшие условия для занятий спортом, но и создает дополнительные возможности для экономического развития села и повышения привлекательности территории для городского населения. Ключевым фактором, который способствует удержанию молодых людей в сельской местности является доступность разнообразного досуга [10].

Городские территории проигрывают сельским в части развития конноспортивных направлений, и у села есть определенные преимущества. Это не просто вопрос наличия свободного пространства, а целый комплекс стратегических выгод, которые могут стать основой для успешного и устойчивого развития данного направления, такие как: доступность и низкая стоимость земли. Это фундаментальное преимущество. Аренда или покупка участка за городом обойдется в разы дешевле, что сразу снижает порог входа в сферу деятельности и избавляет от кредитной нагрузки. В сельских территориях будет намного привлекательнее эко-тропы для длительных прогулок. Для жителя мегаполиса поездка в сельский конный клуб – это не просто спортивное занятие, а полноценный экотуризм, возможность «перезагрузиться», оказаться на природе и получить новые впечатления. Экономия на земельных ресурсах позволяет реализовать основную цель — снизить стоимость занятий для местной молодежи. За счет перекрестного субсидирования можно ввести льготные абонементы для детей и подростков из ближайших поселков, сделав конный спорт не элитарной забавой, а доступным и развивающим досугом. Создание конного клуба в селе запускает целую цепочку позитивных изменений и мультипликативных эффектов: создание новых рабочих мест, развитие смежных отраслей, это не только тренеры и конюхи, но и

администраторы, работники кафе, горничные, экскурсоводы, специалисты по обслуживанию территории. Регионы предлагают гранты и субсидии для реализации молодежных проектов в области досуга. Это может включать организацию фестивалей, спортивных мероприятий, культурных событий [11].

5. Выводы

Таким образом, развитие иппотерапии в сельских территориях представляет собой эффективную модель регионального развития, основанная на преимуществах данных территорий. Такой подход позволяет превратить «периферию» в динамично развивающийся центр, где экономическая целесообразность сочетается с решением острых социальных вопросов. Инвестиции в конный спорт на селе – это инвестиции в будущее всего региона, в его кадровый потенциал, туристский имидж и устойчивое развитие. Именно недостаток городских пространств открывает перед селом большие перспективы. Размещение конного клуба в сельском районе — это не вынужденная необходимость, а осознанный и правильный стратегический шаг. Он позволяет создать не просто спортивный объект, а многофункциональный центр притяжения, решающий важные социальные задачи, стимулирующий местное сообщество и формирующий успешную экономическую модель, основанную на уникальных особенностях сельской местности.

Благодарности

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю, профессору кафедры управления социально-экономическими системами ФГБОУ ВО Красноярского государственного аграрного университета. доктору экономических наук, доценту - Кристине Викторовне Чепелевой за всестороннюю поддержку и ценные замечания при работе над статьей.

Отдельная благодарность выражается начальнику управления аспирантуры и аттестации кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Красноярского государственного аграрного университета - Калашниковой Наталье Ивановне за консультативную помощь в реализации коллективной статьи и предоставленные обучающие материалы.

Список литературы

1. Баймуродов Р.С. Иппотерапия как метод лечебной физической культуры (обзор литературы) / Р.С. Баймуродов, М.К. Амонов // Электронный научный журнал «Биология и интегративная медицина». – 2017. – № 3.
2. Каменских, Э.А. Роль иппотерапии в лечебнооздоровительном туризме / Э.А. Каменских // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 5. – № 12(153). – С. 211-216. – https://www.doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2024.12.05.025. – EDN JCZMJY.
3. Карасева Е.С. Моделирование перспективных направлений развитияиппотерапии в регионах РФ / Е.С. Карасева, О.В. Соколова // Психолого-педагогическое сопровождение образовательного процесса: проблемы, перспективы, технологии: материалы VIII Международной научно-практической конференции, Орёл, 01–02 апреля 2020 года. – Орёл: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2021. – С. 147-150. – EDN CKMVTY.
4. Миронова Е.В. Эффективность иппотерапии в качестве инструмента реабилитации на примере конно-спортивного клуба «Новополье» // Современные технологии в области абилитации и реабилитации. Адаптивная верховая езда как составная часть комплексной реабилитации: Материалы международной научно-практической конференции, Чита, 20–23 апреля 2022 года / Ответственный редактор С.Т. Кохан. – Чита: Забайкальский государственный университет, 2022. – С. 109-113.
5. Расстройства аутистического спектра - диагноз-маска в психоневрологии раннего детства / А. В. Горюнова, Ю. С. Шевченко // Психическое здоровье. – 2023. – Т. 18, № 7. – С. 46-48. https://www.doi.org/10.25557/2074-014X.2023.07.46-48
6. Сушкевич Э.С. Иппотерапия, как элемент инновационных технологий реабилитации инвалидов / Э.С. Сушкевич // Язык. Общество. Медицина: материалы семинара преподавателей; материалы IX Республиканской научно- практичекой студенческой конференции, посвященной Году родной земли, Гродно, 31 августа 2010 года. – Гродно: Гродненский государственный медицинский университет, 2010. – С. 115-118.
7. Тутаришев А.К. Использование иппотерапии в процессе реабилитаци детей с ограниченными возможностями / А.К. Тутаришев // Новые технологии. – 2011. – № 2. – С. 209-212. – EDN NXYIVF.

8. Федорова М.И. История и современное состояние иппотерапии в России / М.И. Федорова, Е.И. Шомина // Ветеринарно-санитарные аспекты качества и безопасности сельскохозяйственной продукции : Материалы VII международной научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2023. – С. 329-332. – EDN JCKDYP.
9. Чернявский Д.Р. Иппотерапия как метод оздоровительной деятельности / Д.Р. Чернявский, А.А. Нагорская // Современное состояние и тенденции развития физической культуры и спорта: сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции, Белгород, 22 ноября 2024 года. – Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2024. – С. 148-151.
10. Щетникова В.В. Влияние досуга на миграцию молодежи из села / В.В. Щетникова, К.В. Чепелева, Т.А. Смирнова // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 5. – С. 352-356.
11. Щетникова В.В. Потенциал социальных сетей в контексте развития сельских территорий / В.В. Щетникова, Е.А. Демидова // Эпоха науки. – 2025. – № 41. – С. 157-160.

УДК 629.11
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.3007

EDN CUGAWE

Разработка мобильного комплекса для тушения пожаров

Е.А. Воронина*, В.В. Звягинцев

Забайкальский Государственный Университет, ул. Александро-Заводская, д. 30, Чита, 672039, Россия

*E-mail: Katya1.8889@mail.ru

Аннотация. Пожары являются мощным фактором, наносящим значительный ущерб окружающей среде, экономике страны и представляющий угрозу для жизни и здоровья людей. В данной статье рассматривается разработка мобильного комплекса для тушения пожаров, где детально рассматриваются технические характеристики её элементов. Производятся расчёты их габаритов, центра тяжести на оси автомобиля при нагрузке, устойчивость автомобиля при эксплуатации и ориентировочная стоимость такой разработки. Расчётные данные показали целесообразность применения мобильного комплекса для тушения пожаров. Так как он прост в сборке и применении, а также позволяет оперативно реагировать на пожары, в том числе происходящие в труднодоступных местностях, что является преимуществом по отношению к основной пожарной технике. Относительно невысокая себестоимость мобильного комплекса делает доступным его применение во всех видах пожарной охраны.

Ключевые слова: Мобильный комплекс, тушение пожаров.

Development of a mobile fire extinguishing complex by

E.A. Voronin*, V.V. Zvyagintsev

Zabaykalsky State University, Alexandro-Zavodskaya str., 30, Chita, 672039, Russia

* E-mail: Katya1.8889@mail.ru

Abstract. Fires are a powerful factor causing significant damage to the environment, the country's economy and posing a threat to human life and health. This article discusses the development of a mobile complex for extinguishing fires, which examines in detail the technical characteristics of its elements. Calculations are made of their dimensions, the center of gravity on the car's axis under load, the stability of the car during operation, and the estimated cost of such a development. The calculated data showed the expediency of using a mobile complex to extinguish fires. Since it is easy to assemble and use, it also allows you to quickly respond to fires, including those occurring in hard-to-reach areas, which is an advantage over basic firefighting equipment. The relatively low cost of the mobile complex makes it available for use in all types of fire protection.

Keywords: Mobile complex, firefighting.

1. Введение

Пожары являются мощным фактором, наносящим значительный ущерб окружающей среде, экономике страны и представляющий угрозу для жизни и здоровья людей. Довольно часто пожары возникают в местах, куда пожарная техника и средства пожаротушения не могут быть доставлены оперативно, а стационарные системы недоступны или малоэффективны [1]. Поэтому, разработка мобильного комплекса для тушения пожаров является актуальной, так как позволит оперативно реагировать на пожар и локализовать его на начальной стадии, соответственно минимизировать экономический ущерб и ущерб, нанесённый окружающей среде, а также снизить риски для жизни и здоровья людей.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Целью настоящего исследования является разработка мобильного комплекса для тушения пожаров.

Задачи исследования:

- Рассмотреть элементы разработанного опытного образца мобильного комплекса для тушения пожаров;
- Произвести расчёт габаритов элементов мобильного комплекса, определить координаты центра тяжести и нагрузок на переднюю и заднюю оси автомобиля, рассчитать устойчивость автомобиля при эксплуатации и ориентировочную стоимость мобильного комплекса;
- Сделать выводы.

3. Методы и материалы исследования

Разработанный в исследовании опытный образец мобильного комплекса для тушения пожаров состоит из следующих элементов:

- Установка противопожарная высокого давления (далее -УПВД) 11/200 Б;
- Мотопомпа Huter MP 50;
- Ёмкость из нержавеющей стали 500 л.;
- Рукава (пожарный напорно-всасывающий; пожарный напорный);
- Дополнительные детали, необходимые для соединения элементов мобильного комплекса и обеспечения его функционирования.

1. Установка противопожарная высокого давления 11/200 Б.

Таблица 1. Технические характеристики УПВД 11/200 Б.

Вес (кг)	60
Вид топлива	Бензин АИ-92
Габариты (ДхШхВ) (мм)	650х550х550
Диаметр рукава (мм)	6
Длина рукава (м)	50
Исполнение	Автономно-переносная
Мощность (л/сил)	6,5
Производительность (л/мин)	11
Температура жидкости (°С) max	60
Давление (бар)	200

Такая автономная противопожарная установка даёт возможность оперативно тушить пожары путём подачи воды под высоким давлением. Принцип её работы заключается в применении эффекта тушения мелкодисперсной водой по большим давлением [2]. Установка оснащена системой подачи твёрдого смачивателя, который предназначен для снижения расхода воды при тушении пожаров за счёт пенообразования огнетушащей жидкости, что позволяет: значительно повысить эффективность тушения по сравнению с водой в 2-8 раз (в зависимости от вида горючих материалов); сократить время тушения пожара; исключить возможность повторного возгорания, тем самым возрастает эффективность тушения пожаров.

Мобильность такой установки обеспечивается за счёт эластичного рукава высокого давления, длина которого составляет 50 м.

Установку противопожарную высокого давления можно использовать непосредственно как для тушения кромки пожара, так и для дотушивания лесных пожаров при использовании пожарных автомобилей и мотопомп. Длина рукава высокого давления и относительно небольшой вес обеспечивают высокую мобильность при тушении зданий и различных построек.

Расчётное время установки в режиме номинальной работы:

$$500:11=45,45 \text{ мин.}$$

$$T=V/P,$$

где t - время, сек;

V - объём ёмкости;

P - номинальная производительность насоса.

Насос крепится в кузове авто к днищу кузова шпильками через резиновые прокладки с помощью ремней.

2. Мотопомпа Huter MP 50.

Таблица 2. Технические характеристики Мотопомпы Huter MP 50.

Тип	Для чистой и слабозагрязненной воды
Вид	Переносная
Допустимый диаметр твёрдых частиц (мм)	5
Высота подъема (мм)	32
Тип двигателя	Бензиновый АИ-92
Объем двигателя (см³)	212
Модель двигателя	Huter OHV
Производитель двигателя	Huter
Стартер	Ручной
Мощность (Вт)	5148
Мощность (л/с)	7
Производительность (л/м)	600
Диаметр входного отверстия (дюйм)	2
Диаметр входного отверстия (мм)	50
Диаметр выходного отверстия (мм)	50
Объем масляного бака (л)	0,6
Емкость топливного бака (л)	3,6
Пожарная мотопомпа	Нет
Габариты без упаковки (мм)	445x515x380
Высота всасывания (м)	8
Тактность двигателя	4-х тактный
Вес нетто (кг)	23

Мотопомпа предназначена для перекачки чистой воды из водоёмов, тушения пожаров и проведения иных работ, для которых необходима подача большого объёма воды. Наличие собственного топливного бака позволяет применять устройство автономно в течении продолжительного времени. Насос может обеспечивать высоту напора до 32 м и подавать до 600 л/м воды. Мотопомпа может всасывать и поднимать воду с глубины 8 м, что позволяет использовать в качестве источника колодцы и глубокие водоёмы.

Конструкция помпы тщательно продумана и удобна в эксплуатации. Устройство установлено на металлическую раму, которая придаёт ему устойчивость и защищает от случайных повреждений. При этом, сохраняется быстрый доступ к горловине, топливному крану, воздушному фильтру и другим элементам. Габариты данной модели достаточно компактны, что значительно облегчает её перемещение, хранение и транспортировку [3-4].

Расчётное время заполнения ёмкости мотопомпой:

600 л/мин : 60 сек = 10 л/сек

500:10= 50 сек

T=V/P,

где t - время, сек;

V - объём ёмкости;

P - номинальная производительность насоса.

Мотопомпа крепится в кузове автомобиля к днищу кузова крепёжными ремнями.

3. Ёмкость из нержавеющей стали 500 л.

Таблица 3. Характеристики ёмкости.

Вес (кг)	330
Габариты (м)	1x1x0,5
Тип металла	Нержавеющая сталь
Толщина металла (мм)	4
Объем (л)	500

Расчёт ёмкости цистерны.

Для доставки воды к месту вызова, на автомобиле необходимо предусмотреть под неё ёмкость. Её форма предлагается прямоугольной, как наиболее простая в изготовлении.

Исходя из габаритов кузова автомобиля, принимаем ориентировочные размеры ёмкости для воды:

- длина a = 1,0 м ;
- ширина b = 1,0 м ;
- высота h = 0,5 м.

Толщина металла, из которого изготовляется ёмкость δ1 = 4 мм.

При указанных выше размерах объем можно определить:

$$V_ц = a \cdot b \cdot h,$$

где: a – длина емкости;

b – ширина емкости;

h – высота емкости.

Подставив численные значения в формулу, получим:

$$V_ц = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ м}^3$$

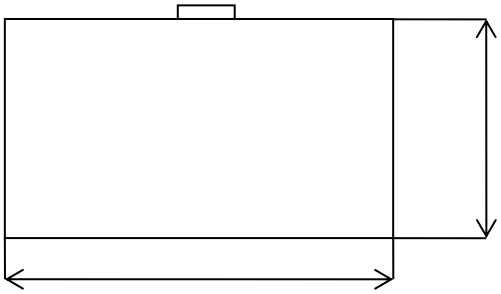


Рисунок 1. Форма цистерны.

Ёмкость предназначена для транспортирования к месту пожара и хранения запаса воды, имеет прямоугольную форму и рассчитана на 500 литров. В ёмкости предусмотрены 2 волнореза, которые необходимы для уменьшения гидравлических ударов транспортируемой жидкости, возникающей при разгоне и торможении автомобиля. В верхней части цистерны имеется горловина, закрытая крышкой с резиновым уплотнителем, воздухоотводчиком и заправочный патрубок с выходом на муфтовую головку пожарную соединительную (полугайку) ГМ-50, что позволяет осуществлять заправку водой из различных водоисточников, в том числе с применением мотопомпы. К нижней части ёмкости приварены два отвода, на которые установлены краны шарового типа Ду-25, один из них стационарно соединён со всасывающей магистралью установки противопожарной высокого давления, другой отвод нужен для опорожнения ёмкости.

Для контроля уровня воды в ёмкости предусмотрен уровнемер, который соединён с ёмкостью в её верхней и нижней части.

Для надёжной фиксации ёмкости в кузове автомобиля на наружных стенках ёмкости имеются крепёжные петли.

1. Рукава:

- пожарный напорно-всасывающий 50 мм с головками ГР-50 (2,5 метра);
- пожарный напорный 50 мм;
- сетка всасывающая СВ-50 мм.

Рукава служат для всасывания и нагнетания технической воды и различных неагрессивных жидкостей на основе воды [5].

В качестве нагнетания под давлением, используются напорные рукава на 50 мм.

Для опытного образца мобильного комплекса для тушения пожаров рассчитано наличие двух пожарных напорно-всасывающих рукава 50 мм по 2,5 м и двух пожарных напорных рукава 50 мм по 20 м.

Сетка необходима для защиты рукава от попадания различного мусора и грязи, а также для удержания воды во всасывающей линии при кратковременных остановках насоса.

1. Дополнительные детали, необходимые для соединения элементов мобильного комплекса и обеспечения его функционирования:

- краны шарового типа Ду-25 - 2 шт.;
- сетка всасывающая СВ-50 мм - 1 шт.;
- головка муфтовая пожарная соединительная (полугайка) ГМ-50 - 1 шт.;
- отвод водопроводный 90^0, 25 мм - 2 шт.;
- отвод водопроводный 50 мм - 1 шт.;
- ремень с храповым механизмом стяжкой 3 м - 6 шт.

Данный мобильный комплекс можно установить в кузов любого грузового автомобиля, с учётом его характеристик. При расчёте опытного образца взят УАЗ 33039.

УАЗ 33039 - малотоннажный грузовой автомобиль повышенной проходимости с колёсной формулой 4×4 [6].

Таблица 4. Технические характеристики автомобиля УАЗ 33039.

Название комплектации	2.8 MT 33039 Бортовой
Тип привода	Полный (4WD)
Тип кузова	Грузовой автомобиль
Объем двигателя, куб.см	2890
Марка кузова	33039
Максимальная скорость, км/ч	115
Клиренс (высота дорожного просвета), мм	220

Число дверей	2
Габариты кузова (Д х Ш х В), мм	4460 х 1974 х 2355
Число мест	2
Количество рядов сидений	1
Колесная база, мм	2300
Ширина передней и задней колеи, мм	1442
Масса, кг	1650
Максимальная грузоподъёмность	1300
Допустимая полная масса, кг	2950
Объем топливного бака, л	50
Используемое топливо	Бензин
Тип двигателя	Рядный, 4-цилиндровый
Максимальная мощность, л.с. (кВт) при об./мин.	84 (62) / 4000
Максимальный крутящий момент, Н*м (кг*м) при об./мин.	186 (19) / 2500
Расход топлива в смешанном цикле, л/100 км	16,5
Передние и задние колеса	225/75 R16
Передние тормоза	Дисковые
Задние тормоза	Барабанные

Таблица 5. Расчёт габаритов элементов мобильного комплекса.

Наименование элемента мобильного комплекса для тушения пожаров	**Габариты (мм)**
Кузов автомобиля УАЗ 33039	4460х1974х2355
Ёмкость	1000х1000х500
УПВД	650х550х550
Мотопомпа	445х515х380

Исходя из габаритов свободного пространства в автомобиле УАЗ 33039 мы видим, что все элементы мобильного комплекса свободно размещаются в его кузове, не создавая преград к их доступу.

Определение координат центра тяжести и нагрузок на переднюю и заднюю оси автомобиля [7].

Таблица 6. Массы составных частей автомобиля и их моменты.

Наименование	Условное обозначение	Вес, Н	X, м	M_x, кг·м	Y, м	M_y, кг·м
1	2	3	4	5	6	7
Боевой расчёт	Q_1	100	1,20	480	0,9	360
Шасси УАЗ 33039	Q_2	1650	1,31	1267,6	0,63	1234,8

Цистерна	Q3	830	3,9	1287	1,16	382,8
Ящик для хранения рукавов	Q4	35	2,26	79,1	1,3	45,5
УПВД	Q5	60	3,86	347,4	1,5	135
Мотопомпа	Q6	23	4,3	48,16	1,05	11,76
Рукав напорный	Q7	2×10	4,3	12,9	2,1	6,3
Рукав напорно-всасывающий с арматурой ГР-50	Q8	2×5,7	2,95	33,63	2,75	31,35
ИТОГО:		2729,4		3555,79		2308,51

По данным, полная масса автомобиля на базе шасси УАЗ 33039 составляет 2950 килограмм.

Координаты центра тяжести автомобиля определим из ниже приведённых уравнений.

$$X = M_{Xi} / G_i = 3555,79/2729,4 = 1,3 \text{ м.}$$

$$Y = M_{Yi} / G_i = 2308,51/ 2729,4 = 0,84 \text{ м.}$$

Нагрузку на колеса передней и задней оси определяем из уравнений:

$$R_{з.о} = G_i * X_i / L_1 \text{ кг,}$$

где: L_1 - база автомобиля, $L_1 = 2,9$ м;

$$R_{з.о} = 2729,4 * 1,3/ 2,3 = 1542 \text{ кг;}$$

$$R_{п.о.} = G_i - R_{з.о} = 2729,4 – 2100,4 = 629 \text{ кг.}$$

Для автомобиля УАЗ 33039 допустимая нагрузка на дорогу через шины передней оси, согласно технической характеристики, составляет 1435 кг, а через шины колес задней оси - 2150 кг [8].

Таким образом, произведённый расчёт позволил сделать вывод о том, что ёмкость и другие элементы мобильного комплекса рационально расположить таким образом, чтобы они находились ближе к центру тяжести автомобиля, то есть, распределение нагрузки на оси должно осуществляться в соответствии с требованиями предприятия-изготовителя, что обеспечивает максимальную продольную и поперечную устойчивость автомобиля.

3.1. Расчёт автомобиля на устойчивость

Данным расчётом устанавливается, насколько автомобиль будет устойчив при эксплуатации. Этот показатель имеет большое влияние на безопасность движения.

Примем следующие обозначения:

L = 2,3 м - база автомобиля;

a = 1,3 м - расстояние по горизонтали от центра тяжести автомобиля до передней оси;

h = 0,84 м - высота центра тяжести, α - угол подъёма, град.;

J = 0,2 - 0,8 - коэффициент сцепления шин с дорогой.

3.2. Расчёт на продольную устойчивость

Угол подъёма, при котором произойдёт опрокидывание автомобиля:

$$\operatorname{tg}\alpha > b/h;$$

где: b = 1,0 м – расстояние по горизонтали от центра тяжести автомобиля до задней оси.

$$\operatorname{tg}\alpha = 1,0 / 0,84 = 1,19$$

$$\alpha = 49°97'.$$

Условие, при котором скольжение колёс будет предшествовать опрокидыванию:

$$J < b/h$$

т.е. 0,2 – 0,8 < 1,26

Из этого следует, что скольжение колёс будет предшествовать продольному опрокидыванию. Причём это произойдёт, если продольный наклон автомобиля будет равен α = 49°.

3.3. Расчёт на поперечную устойчивость

При расчёте автомобиля на поперечную устойчивость нужно, чтобы боковое скольжение предшествовало поперечному опрокидыванию. Это условие выполнимо при условии:

$$J < b/2h$$

b = 1,56 м – колея автомобиля.

Угол, при котором произойдёт поперечное опрокидывание автомобиля, равен:

$$\operatorname{tg}\alpha = b/2h=1,56/2*0,84=0,929$$

$$\alpha = 42°.$$

$$0,2 – 0,8<0,929$$

Тем самым, можно увидеть, что при движении автомобиля по дороге с твёрдым покрытием поперечному опрокидыванию будет способствовать боковое скольжение, тем самым будет предотвращено опрокидывание. Угол, при котором произойдёт потеря поперечной устойчивости, составляет 42°.

Проанализировав полученные данные, можно сказать о том, что компоновочное решение автомобиля, предложенное в данном исследовании, отвечает требованиям эксплуатации и безопасности.

Основными оценочными показателями динамичности автомобиля при торможении является замедление J_3.

$$J_3 = (\varphi \cos\alpha + f - \sin\alpha)g, м \cdot с^{-1}$$

где: φ – коэффициент сцепления шин с дорогой, φ = 0,6;

f – коэффициент сопротивления качению колёс, f = 0,02.

Расчёты производятся для уклона 1-5%.

$$J_3 = (0.6\cos 5^0 + 0.02 - \sin 5^0)\cdot 9.8 = (0.597 + 0.02 - 0.087)\cdot 9.8 = 5.2 м \cdot с^{-1}$$

Таблица 7. Расчёт стоимости мобильного комплекса для тушения пожаров.

Наименование	Количество (шт.)	Цена (руб.)
Установка противопожарная высокого давления (УПВД) 11/200 Б	1	96000
Мотопомпа Huter MP 50	1	12200
Рукав напорно-всасывающий 50 мм 2,5 м	2	5000 (2500х2)
Рукав пожарный напорный 50 мм	2	2000 (1000х2)
Сетка всасывающая - 50 мм	1	1800
Ёмкость из нержавеющей стали 500 л.	1	1500
Уровнемер ЭкоПром поплавковый	1	2000
Краны шарового типа Ду-25	2	700 (350х2)
Головка муфтовая пожарная соединительная (полугайка) ГМ-50	1	300
Отвод водопроводный 900, 25 мм	2	800 (400х2)
Отвод водопроводный 50 мм	1	200
Ремень с храповым механизмом стяжкой 3 м	6	1500 (250х6)
ИТОГО:		124000

Для расчёта взяты средние цены на позиции, приведённые в таблице. Ориентировочная стоимость мобильного комплекса для тушения пожаров составляет 124000 руб., что на наш взгляд является приемлемой и доступной ценой для всех видов пожарной охраны.

4. Полученные результаты

Анализ технических характеристик элементов мобильного комплекса для тушения пожаров показывает практичность его применения, за счёт высокой проходимости автомобиля; экономичного расхода воды, подача которой осуществляется под высоким давлением (расчётное время установки в режиме номинальной работы - 45,45 мин.); быстрого заполнения ёмкости водой с помощью мотопомпы (расчётное время заполнения - 50 сек.) и т.д., что позволяет оперативно выехать на пожар, произвести развёртывание пожарно-техническое вооружение и незамедлительно приступить к его тушению.

Наличие в нижней части ёмкости отвода для её опорожнения, даёт возможность производить заправку ранцевых линейных опрыскивателей, а также использовать мобильный комплекс для подвоза воды населению.

Расчётные данные показали, что габариты кузова автомобиля УАЗ 33039 позволяют свободно разместить все элементы мобильного комплекса внутри его, не создавая преград к их доступу.

При создании нагрузки на автомобиль в следствии размещения в его кузове элементов мобильного комплекса, следует придерживаться требований предприятия-изготовителя, то есть, таким образом, чтобы такое размещение осуществлялось ближе к центру тяжести автомобиля, что обеспечит максимальную продольную и поперечную устойчивость автомобиля.

Проанализировав устойчивость автомобиля при его эксплуатации, мы видим, что компоновочное решение автомобиля, предложенное исследовании отвечает требованиям эксплуатации и безопасности.

Ориентировочная стоимость мобильного комплекса для тушения пожаров составила 124000 руб. Такая цена является приемлемой и доступной для всех видов пожарной охраны.

5. Выводы

Расчётные данные показали целесообразность применения при тушении пожаров мобильного комплекса. Такой мобильный комплекс прост в сборке и применении, а также позволяет оперативно реагировать на пожары, в том числе происходящие в труднодоступных местностях, что является преимуществом по отношению к основной пожарной технике. Относительно невысокая себестоимость мобильного комплекса делает доступным его

применение во всех видах пожарной охраны. Особенно актуальным может стать для добровольной пожарной охраны, финансирование которой оценивается на низком уровне.

Список литературы

1. ГОСТ Р 53247-2009 Техника пожарная. Пожарные автомобили. Классификация, типы и обозначения. – Москва: Стандартинформ, 2009.
2. ГОСТ Р 53328-2009 Техника пожарная. Основные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний. – Москва: Стандартинформ, 01.05.2009.
3. ГОСТ Р 53480-2009 Надёжность в технике. Термины и определения. – Москва: Стандартинформ, 2010.
4. Безбородько М. Д. Пожарная техника. / Безбородько М. Д. – Москва: АГПС, 2004.
5. Газарян А.А. Техническая эксплуатация автомобилей. / Газарян А.А. – Москва: Третий Рим, 2000.
6. Грачев В.А. Пожарная техника. В 2-х книгах. Книга 1. Пожарно-техническое вооружение. Устройство и применение. / Грачев В.А., Теребнев В.В., Ульянов Н.И. – Москва: Пропаганда, 2007.
7. Тягово-динамический и топливно-экономический расчет автомобиля: Методические рекомендации по выполнению курсовой работы. – Москва: МГАУ, 2002.
8. Руководство по эксплуатации РЭ 05808600.106-2007. Издание четырнадцатое. – Ульяновск, 2021.

УДК 574.21+504.75.05
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.3008

EDN SENKXB

Оценка качества атмосферного воздуха города Свободный методом биоиндикации

Л.А. Ковалева*, В.В. Звягинцев

Забайкальский государственный университет, ул. Александро-Заводская, д. 30, Чита, Забайкальский край, 672039, Россия

*E-mail: Semyonovalyubawa@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены исследования по оценке качества атмосферного воздуха малого города Свободный методом биоиндикации. По показателям стабильности развития у выборок листьев березы повислой, дана оценка отклонений от нормы: существенный уровень отклонения от нормы (>0,05 Циолковский), средний уровень отклонения от нормы (Северный р-н, Михайло-Чесноковский р-н. ГПЗ) и начальный уровень (Дендрарий-Экологически-чистая тропа). Полученные значения варьируют в пределах от 0,047 до 0,05 и свидетельствуют, что прилегающая зона к источнику техногенного загрязнения характеризуется неблагоприятной для роста и развития растений. В целом качество атмосферного воздуха города Свободный оценивается как средний уровень отклонения от нормы, при этом наиболее неблагоприятная экологическая обстановка наблюдается в районе Циолковского.

Ключевые слова: биоиндикация, флуктуирующая асимметрия, загрязнение, экология.

Assessment of the environmental quality of the city of Svobodny bioindication method

L.A. Kovaleva*, V.V. Zvygintsev

Transbaikal state university, st. Aleksandro-Zavodskaya, 30, Chita, Zabaykalsky Krai, 672039, Russia

*E-mail: Semyonovalyubawa@yandex.ru

Abstract. The article examines environmental pollution by emissions from industry and vehicles. The fundamental part of the article is the identification of the influence of pollution on vegetation using the biondication method (fluctuating asymmetry) using the example of silver birch leaves. Based on indicators of developmental stability in samples of silver birch leaves, an assessment of deviations from the norm was given: a significant level of deviation from the norm (>0.05 Tsiolkovsky), an average level of deviation from the norm (Northern district, Mikhailo-Chesnokovsky district, gas processing plant) and an initial level (Arboretum-Ecologically-clean trail). The obtained values vary from 0.047 to 0.05 and indicate that the adjacent zone to the source of technogenic pollution is characterized by unfavorable conditions for the growth and development of plants. Overall, the air quality in Svobodny is rated as average deviation level normal, with the most unfavorable environmental conditions observed in the Tsiolkovsky district.

Keywords: biondication, fluctuating asymmetry, pollution, ecology.

1. Введение

Город Свободный является административным центром Свободненского района Амурской области и в настоящее время интенсивно развивается. При развитии промышленности малых городов часто страдает их экология. Мало кто из предприятий на этапе строительства, а также на этапе эксплуатации задумывается и добросовестно относится к вопросу сохранения безопасности экологии воздуха, воды и почвы. В государственном докладе о экологической ситуации Амурской области [1] отмечено, что мониторинг атмосферного воздуха проводится только в городах Благовещенск, Зея и Тында. Информации о качестве воздуха в г. Свободный нет. Однако в некоторых публикациях [2] отмечается «Город Свободный «отметился» и как наиболее загрязненный в отношении воздуха район. Здесь в воздухе содержатся примеси сернистого ангидрида, пыли, диоксида азота». Поэтому тема по оценки качества атмосферного воздуха этого города является *актуальной.*

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Целью исследования является оценка качества атмосферного воздуха города Свободный.

Задачи:

1. Изучить источники выбросов загрязняющих веществ в воздушный бассейн г. Свободный, методы оценки качества среды;
2. Провести исследования по оценке качества атмосферного воздуха города по методу биоиндикации (флуктуирующей асимметрии);
3. Предложить мероприятия по улучшению экологического состояния.

3. Источники выбросов загрязняющих веществ в воздушный бассейн города

Территория города составляет 225 км². Численность постоянного населения — приблизительно 72 тысячи человек.

Основные промышленные объекты города (рисунок 1):

- Космодром «Восточный» — первый гражданский российский космический порт, расположенный в 45 км к северу от Свободного, используется для пусков ракет-носителей типа «Союз-2» и «Ангара»;

- Амурский газоперерабатывающий завод (ГПЗ): крупнейшее в мире предприятие по глубокой переработке природного газа;
- Амурский газохимический комплекс (АГХК): производит полиэтилен и полипропилен, используя продукцию ГПЗ в качестве сырья;
- Свободненская теплоэлектроцентраль: обеспечивает электроэнергией и технологическим паром Амурский газоперерабатывающий завод.

Рисунок 1. Основные промышленные отрасли и предприятия.

Антропогенные выбросы являются основным фактором деградации экологической обстановки.

Космодром «Восточный» вызывает преимущественно локальное загрязнение почвенного покрова [3]. Компоненты жидкого ракетного топлива, продукты его сгорания, нефтепродукты, соединения тяжелых металлов и прочие токсичные вещества, поступающие от космодрома, являются главными локальными загрязнителями почв [4]. В почвенных образцах обнаружены концентрации тяжелых металлов и бенз(а)пирена, приближающиеся к предельно допустимым. Суммарный индивидуальный канцерогенный риск для детей составил 2,55E-06, для взрослых — 3,28E-06, что находится в пределах приемлемого, но требует постоянного мониторинга.

Воздействие Амурского ГПЗ на природную среду проявляется в следующих аспектах [5-6]: эмиссия парниковых газов, загрязнение водных ресурсов, деградация почв, шумовое и световое загрязнение. Строительство и эксплуатация газоперерабатывающих объектов вызывают изменение ландшафта и повреждение почвенного покрова [7].

При сжигании газа на ТЭЦ образуются оксиды азота, способствующие формированию смога и кислотных дождей, а также выбрасывается угарный газ, обладающий высокой токсичностью.

АГХК оказывает негативное воздействие через выбросы NO_x, SO_x, CO, CO_2, твердых частиц и углеводородов при сжигании топлива [8], неорганизованные выбросы летучих органических соединений, эмиссию парниковых газов (CO_2, CH_4), а также через образование отходов.

Значительное количество автотранспорта различного назначения, ежедневно передвигающегося по городским улицам и к промышленным объектам, выбрасывает в окружающую среду оксиды углерода, азота и серы, бенз(а)пирен, сажу, золу, свинец, углеводороды, формальдегид.

Эти вещества оказывают негативное влияние на здоровье населения, способствуют деградации растительности, почв и водоемов.

4. Методы и материалы исследования

В настоящее время показатель флуктуирующей асимметрии билатеральных структур листьев березы повислой (Betula pendula) активно применяется для оценки степени загрязнения окружающей среды [9-13]. Флуктуирующая асимметрия (ФА) характеризуется случайными небольшими отклонениями от симметрии морфологических структур.

Величина флуктуирующей асимметрии у различных организмов служит индикатором экологического состояния среды и уровня антропогенного воздействия.

В нормальных условиях организм адаптируется к воздействию среды через систему буферных гомеостатических механизмов. При неблагоприятных условиях эти механизмы нарушаются, что отражается на процессах развития. [14]

Величину асимметрии у растений определяют как отношение разницы измерений слева и справа к их сумме. Для получения показателя ФА вычисляют среднюю относительную величину асимметрии по всем признакам для каждого листа, затем рассчитывают среднее арифметическое для всех листьев с одной точки отбора. Одна точка 10 берез по 10 листьев с каждой.

Сбор материала проводился после остановки роста листьев, с деревьев, достигших генеративного возрастного состояния. [15]

Замеры и расчеты для каждой точки вносились в программу Excel.

Сбор проводился в 5 точках: в 10 км от границ территории Амурского газоперерабатывающего завода (АГПЗ), в городе: Михайло-Чесноковский район, Северный район и Дендрарий (рисунок 2). Ввиду значительного расстояния Циолковского от города Свободный, для более детального рассмотрения, точка отбора представлена на отдельной карте (рисунок 3).

Рисунок 2. Точки отбора материала в Свободном.

Рисунок 3. Точка отбора материала и ПФА в Циолковском

5. Полученные результаты

Показатель ФА у выборок листьев березы повислой, взятых близ источников загрязнений, указывает на Существенный уровень отклонения от нормы (>0,05 Циолковский), средний уровень отклонения от нормы (> 0,047 Северный р-н, Михайло-Чесноковский р-н. ГПЗ) и начальный уровень (0,04 Дендрарий-Экологически-чистая тропа).

Таблица 1. Показатели ФА.

Район	Интегр. показатель	Уровень отклонения от нормы	
ГПЗ	0,049	III	Средний уровень отклонения от нормы
Циолковский	0,05	IV	Существенные (значительные) отклонения от нормы
Мих-Чеснок.	0,048	III	Средний уровень отклонения от нормы
Северный	0,047	III	Средний уровень отклонения от нормы
Дендрарий	0,04	II	Начальные (незначительные) отклонения от нормы

Полученные данные варьируют в диапазоне 0,047-0,05, что указывает на неблагоприятные условия для роста и развития организмов в зоне техногенного воздействия. Наиболее высокие значения асимметрии зафиксированы в районе Циолковского, что свидетельствует о максимальной антропогенной нагрузке в этой точке. В Дендрарии, учитывая наличие большого количества насаждений разного вида, способствующих депонированию атмосферных загрязнителей, антропогенная нагрузка минимальна.

6. Выводы

В целом качество атмосферного воздуха города Свободный оценивается как средний уровень отклонения от нормы, при этом наиболее неблагоприятная экологическая обстановка наблюдается в районе Циолковского.

Для улучшения экологической обстановки рекомендуется внедрение систем очистки выбросов на промышленных предприятиях и развитие сети зеленых насаждений в городской черте, способствующих депонированию атмосферных загрязнителей. Также необходимо организовать систематический мониторинг качества атмосферного воздуха с применением как инструментальных, так и биоиндикационных методов.

Список литературы

1. Государственный доклад об охране окружающей среды и экологической ситуации в Амурской области за 2023 год. – URL: https://gbuecology.amurobl.ru/upload/iblock/e03/rs7l3pqcp9bgee5qek0v6x83yvkhosum.pdf (дата обращения: 29.10.2025).
2. Сайт Русфильтр / Экология Амурской области - не на высоте. – URL: https://rusfilter.ru/company/news-industry/ekologiya-amurskoy-oblasti-ne-na-vysote/ (дата обращения: 29.10.2025).
3. Поляков А.Д. Гигиеническая оценка загрязнения территории космодрома «Восточный» от предшествующей ракетно-космической деятельности / А.Д. Поляков, М.Ю. Комбарова, А.С. Радилов, Л.А. Аликбаева, И.Ш. Якубова, А.В. Суворова, О.Г. Хурцилава // Токсикологический вестник. – 2024. – Т. 32. – № 3. – С. 162-170. – URL: https://doi.org/10.47470/0869-7922-2024-32-3-162-170. (дата обращения: 15.10.2025).
4. Бородина Н.А. Оценка техногенного загрязнения по содержанию кислоторастворимых форм тяжелых металлов в урбанизированных почвах города Свободного / Н.А. Бородина // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – № 1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-tehnogennogo-zagryazneniya-posoderzhaniyu-kislotorastvorimyh-form-tyazhelyh-metallov-v-urbanizirovannyh-pochvah-goroda (дата обращения: 11.10.2025).
5. Губайдуллин К. Экологические аспекты переработки природного газа в современных условиях / К. Губайдуллин // Актуальные исследования. – 2020. – № 18(21). – URL: https://apni.ru/article/1188--ekologicheskie-aspekty-pererabotki-prirodnogo-gaza-v-sovremennyh-usloviyah (дата обращения: 08.10.2025).
6. Егоров К.Л. Источники и характеристики антропогенных выбросов в городской среде / К.Л. Егоров. – Казань: КГАСУ, 2019. – 200 с.
7. Андреев Е.С. Анализ газоперерабатывающего завода как объекта строительства // Моделирование информационных систем и технологий: Материалы Международной научно-практической конференции, Воронеж, 27 октября 2022 года. – С. 17-28.
8. Акинфеева С.В. Риски техносферной безопасности при строительстве и эксплуатации станции водоподготовки АГХК с водозабором речной воды и пути их решения / С.В. Акинфеева, О.Н. Чудинова // Вестник науки. – 2025. – № 7 (88). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/riski-tehnosfernoy-bezopasnosti-pri-stroitelstve-i-ekspluatatsii-

stantsii-vodopodgotovki-aghk-s-vodozaborom-rechnoy-vody-i-puti-ih (дата обращения: 18.10.2025).

9. Одум Ю. Экология: в 2 т. Т. 1 / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986. – 328 с.
10. Захаров В.М. Как оценить состояние природной среды / В.М. Захаров, А.Т. Чубинишвили. – Москва: Экология, 1990. – 192 с.
11. Раменский Л.Г. Экологическая оценка земель по растительному покрову / Л.Г. Раменский. – М.: Сельхозгиз, 1938. – 340 с.
12. Александрова В.Д. Изучение смен растительного покрова / В.Д. Александрова. – Л.: Наука, 1964. – 483 с.
13. Дроздова И.В. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / И.В. Дроздова, Н.М. Тихомирова. – М.: Наука, 2007. – 270 с.
14. Захаров В.М. Флуктуационная асимметрия морфологических признаков как индикатор стабильности развития / В.М. Захаров, Т.А. Баранова // Онтогенез. – 1993. – Т. 24. – № 1. – С. 5-15.
15. Захаров В.М. Флуктуирующая асимметрия как показатель стабильности развития / В.М. Захаров, Е.К. Гражданкина, Д.И. Борисов // Экологическая генетика. – 2000. – Т. 8. – № 2. – С. 17-25.

УДК 57-088-1
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.3009

EDN KTVPEN

Дизайн праймеров для изучения экспрессии генов запасных белков в семенах сои в условиях засухи и засоления методом кПЦР

А.А. Катрушенко*, П.Д. Тимкин, А.А. Пензин

ФГБНУ ФНЦ Всероссийский научно-исследовательский институт сои, Игнатьевское шоссе, 19, г. Благовещенск, Амурская область, 675027, Россия

*E-mail: lsi@vniisoi.ru

Аннотация. Соя – ценная белково-масличная культура, дающая высококачественный белок и растительное масло. На химический состав семян влияют условия окружающей среды, а неблагоприятные изменения условий могут повлиять и на содержание запасных белков семян и их соотношение. Цель работы – провести дизайн праймеров к локусам глицининов и β-конглицининов сои (*GY1-3, GY4-5, CG1,3-4*), факторов транскрипции, влияющих на их накопление (*LEC1-A, LEC1-B, LEC2, ABI3-1, ABI3-2 и FUSCA3*) и генов-маркеров стресса (*MKK3, MPK6, CAT, MAPK7, MAPK1/2*). Выполнено in silico моделирование пар праймеров с определенными параметрами (длина продукта, температуры отжига и плавления), анализ на предмет образования вторичных структур и проверка специфичности их связывания с целевыми последовательностями. Показано, что полученные праймеры соответствуют требованиям специфичности и не образовывают стабильные вторичные структуры в условиях ПЦР. Их можно будет использовать в исследовании экспрессии этих генов методом кПЦР для изучения ответа растений сои на такие абиотические факторы среды, как засуха и засоление, а также для изучения накопления основных запасных белков семян сои в этих стрессовых условиях.

Ключевые слова: соя, абиотический стресс, экспрессия генов, кПЦР в реальном времени, запасные белки семян.

Design of primers for studying the expression of storage protein genes in soybean seeds under drought and salinity conditions using qPCR

A.A. Katrushenko*, P.D. Timkin, A.A. Penzin

Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center «All-Russian Scientific Research Institute of Soybean», 19, Ignatievskoe highway, Blagoveshchensk, Amur region, 675027, Russia

*E-mail: lsi@vniisoi.ru

Abstract. Soybean is a valuable protein-oilseed crop producing high-quality protein and vegetable oil. The chemical composition of seeds is influenced by environmental conditions, and adverse changes in these conditions can also affect the content of seed storage proteins and their ratios. The aim of this study was to design primers for soybean glycinin and β-conglycinin loci (*GY1-3, GY4-5, CG1,3-4*), transcription factors affecting their accumulation (*LEC1-A, LEC1-B, LEC2, ABI3-1, ABI3-2*, and *FUSCA3*), and stress marker genes (*MKK3, MPK6, CAT, MAPK7*, and *MAPK1/2*). In silico modeling of primer pairs with specific parameters (product length, annealing and melting temperatures) was performed, secondary structure formation was analyzed, and the specificity of their binding to target sequences was tested. The resulting primers were shown to meet specificity requirements and do not form stable secondary structures under PCR conditions. They can be used to study the expression of these genes using qPCR to investigate the response of soybean plants to abiotic environmental factors such as drought and salinity, as well as to study the accumulation of essential storage proteins in soybean seeds under these stressful conditions.

Key words: soybean, abiotic stress, gene expression, real-time qPCR, seed storage proteins

.

1. Введение

Соя – популярная белково-масличная культура, имеет широкий спектр применения. Известно, что содержание белка в семенах сои зависит не только от генотипа сорта, но и от района возделывания культуры и влияния климата [1]. Глобальное изменение климата вызывает такие проблемы, как засоление почв и засуха, что накладывает дополнительные ограничения на производство сои [2]. Такие абиотические стрессовые факторы угрожают росту и продуктивности сельскохозяйственных культур, что обычно приводит к потерям урожая экономически важных культур, включая сою [3]. Растения реагируют на эти стрессовые условия и адаптируются к ним, активируя стресс-зависимые пути, которые включают восприятие и передачу сигналов, регуляцию экспрессии генов, а также биохимические и физиологические реакции. Сигнальные пути, в том числе связанные с различными фитогормонами, процессами вторичного метаболизма и активными формами кислорода (АФК), важны для выживания растений в условиях экологического стресса [4]. Изучение адаптивных реакций растений на абиотические стрессы – быстрорастущая область исследований. Изменения экспрессии генов, вызванные абиотическими стрессами, сложны и многогранны [3].

Количественная ПЦР (полимеразная цепная реакция) в реальном времени – чувствительный и точный метод для анализа дифференциальной экспрессии генов [3], [5]. Для проведения ПЦР требуется подбор наиболее подходящих пар праймеров, которые специфически связываются с целевыми последовательностями интересующих мРНК и не образуют вторичных структур, таких как шпильки, гомо- и гетеродимеры. Это важная часть проведения ПЦР, от нее зависит эффективность и точность анализа [6].

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Целью работы было создание праймеров для основных запасных белков соевых семян – глицининов и β-конглицининов (*GY1-3, GY4-5, CG1,3-4*), транскрипционных факторов, влияющих на накопление белка в семенах (*LEC1-A, LEC1-B, LEC2, ABI3-1, ABI3-2 и FUSCA3*) и генов-маркеров стресса (*MKK3, MPK6, CAT, MAPK7, MAPK1/2*).

3. Методы и материалы исследования

In silico моделирование пар праймеров выполнено с использованием открытого программного обеспечения «Unipro UGENE». Последовательности транскриптов были получены с сайтов NCBI и KEGG, после чего было выполнено выравнивание последовательностей для поиска консервативных (общих) участков. Длина продукта 80-200 пар нуклеотидов. Полученные пары праймеров проанализировали на предмет образования вторичных структур (шпильки, гетеро- и гомодимеры) с помощью инструмента OligoAnalyzer. In silico-проверку специфичности провели с использованием инструмента Primer-BLAST в базе данных NCBI. Для каждой из пар праймеров была рассчитана температура отжига (T_a) и плавления (T_m). Большинство из них – праймеры «общего назначения», которые фланкируют сразу несколько целевых областей.

4. Полученные результаты

В таблице 1 представлены последовательности и температура плавления (T_m) прямого и обратного праймеров, температура отжига (T_a) пары, а также длина ампликона в парах нуклеотидов.

Таблица 1. Пары праймеров.

Локусы	**Последовательность прямого праймера; T_m и T_a, °C**	**Последовательность обратного праймера; Tm и T_a, °C**	**Длина, п.н.**
Бета-конглицинины ***CG1***, ***CG3*** и ***CG4***	GAGAACAACCAGAGGAACTTCCT; 59.93; 61.86	AAAGGACCCTTTCTTCCCTT; 56.22; 61.86	197
Глицинины ***GY1***, ***GY2*** и ***GY3***	TGGAACCCTAACAACAAGCC; 58.01; 60.48	CGTTGGTGTAGGAAGGTCT; 56.38; 60.48	97

Глицинины ***GY4*** и ***GY5***	GGAACTCTCAACACCCTGAG; 57.54; 60.83	AGTAAGATGGCAAGTGGAGG; 56.91; 60.83	90
transcription factor ***LEC1-A***	GAGACAATCCAAGAGTGCGT; 57.91; 63.67	GCGGTGAAGGTACATGGTTA; 57.61; 63.67	171
nuclear transcription factor Y subunit B-6-like ***LEC1-B***	ACCGTTGACCATGTACCTTC; 57.53; 62.02	GCGTATTCCACAGTCCTCTT; 57.33; 62.02	96
B3 domain-containing transcription factor ***LEC2***	GTATCCCTTTCCAACAGGAC; 55.43; 59.35	TGTCTCCATCTCTCCCTTGT; 57.37; 59.35	117
B3 domain-containing transcription factor ***ABI3-1***	GATAGGTTGATGAGGTTGGG; 55.2; 60.6	CCACTATGATGCCTGTGATG; 55.98; 60.6	101
B3 domain-containing transcription factor ***ABI3-2***	AGTAGATTTCGGCACACTGG; 57.61; 59.2	TCAACCTCTTCTGTTCTCCC; 56.48; 59.2	93
B3 domain-containin	GAACTTTAGCAACAGGTGGAGGG; 61.37; 63.45	TGGCTGCGTGTGAATAGG; 57.38; 63.45	176

g transcription factor ***FUSCA3***			
MKK3 (mitogen-activated protein kinase kinase 3)	CTGGGTTGGAGGAATTGA; 57.25; 61.92	AGAATCACAAGGGTCCAA; 56.39; 61.92	92
MPK6 (mitogen-activated protein kinase 6)	TGGCAGGTTCATCCAATA; 58.36; 65.65	GCTCATTCGTCTCCGAGT; 61.68; 65.65	134
CAT (catalase)	CTTCAAGGTATGATCCTGT; 56.45; 67.1	AAAGCATCAACCCATCGG; 60.59; 67.1	181
MAPK 7 (mitogen-activated protein kinase 7)	ATAAGCGTTCTTGGAAGCCA; 61.14; 63.32	GCTGAGAGAAGTGTCTGCC; 61.39; 63.32	112
MAPK 1/2 (mitogen-activated protein kinase 1/2)	GCCACCTTCACCATGAGAAT; 61.51; 64.18	CGGAGCAACTGAAAGAGGAA; 61.42; 64.18	181

5. Выводы

Показано, что праймеры соответствуют требованиям специфичности и не склонны к образованию стабильных вторичных структур в условиях ПЦР. Их можно будет использовать в исследовании экспрессии этих генов методом кПЦР для изучения ответа растений сои на засуху и засоление, а также для изучения накопления основных запасных белков семян сои в этих стрессовых условиях.

Список литературы

1. Влияние погодно-климатических условий на содержание белка и масла в семенах сои на Северном Кавказе / Л.Ю. Новикова [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Том 22. – № 6. – С. 708-715.
2. Identification and Expression Analysis of the Nucleotidyl Transferase Protein (NTP) Family in Soybean (Glycine max) under Various Abiotic Stresses / L. Kang [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2024, – 25. – 1115.
3. Evaluation of Candidate Reference Genes for Normalization of Quantitative RT-PCR in Soybean Tissues under Various Abiotic Stress Conditions / D.T. Le [et al.] // PLoS One. – 2012. – 7(9). – e46487.
4. The bZIP Transcription Factor GmbZIP15 Negatively Regulates Salt- and Drought-Stress Responses in Soybean / M. Zhang [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2020. – 21(20). – 7778.
5. Expression Stabilities of Candidate Reference Genes for RT-qPCR under Different Stress Conditions in Soybean / S. Ma [et al.] // PLoS One. – 2013. – 8(10). – e75271.
6. Effects of secondary structures of DNA templates on the quantification of qPCR / H. Fan, J. Wang, M. Komiyama, X. Liang // Journal of Biomolecular Structure and Dynamics. – 2019. – 37(11). – 2867-2874.

УДК 624.042.53
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.3010

EDN BCCQMG

Разработка климатически и технологически адаптированного проекта звукоизоляции межэтажного перекрытия для отделения измельчения ЗИФ АО «Прииск Соловьёвский» (Амурская область)

И.В. Полозков

Забайкальскиц государственный университет Александро-Заводская улица, 30, Чита, 672039, Россия

E-mail: polozkova.vanya@yandex.ru

Аннотация. В статье представлено исследование проблемы шумового и вибрационного воздействия в условиях горнодобывающего производства. Объектом исследования выступает золотоизвлекательная фабрика (ЗИФ) АО «Прииск Соловьёвский», где в отделении измельчения эксплуатируются шаровые мельницы, грохоты, насосы и компрессорные станции. Расположенное непосредственно под ним слесарное помещение подвергается интенсивному шумовому воздействию (до 109 дБА при пиковой нагрузке), что значительно превышает санитарные нормы. На основе акустических измерений, выполненных с использованием шумомера СЕМ 8820 (класс 1) и виброметра ТЕТРОН-Ш15, разработан проект звукоизоляции межэтажного перекрытия с применением материалов, доступных на российском рынке: базальтовая плита «ТЕХНОНИКОЛЬ АКУСТИК БАТТС», звукоизоляционная мембрана «Шуманет-Барьер», перфорированный алюминиевый лист производства «Русал». Внедрение решения на производстве не осуществлялось; работа носит проектно-исследовательский характер.

Ключевые слова: звукоизоляция перекрытий, промышленный шум, грохоты, насосы, компрессорные станции, структурный шум.

Development of a climate- and technology-adapted sound insulation design for the interfloor slab of the crushing department at the Solovyevsky mine’s mineral processing plant (Amur Region), JSC

I.V. Polozkov

Transbaikal State University, 30 Aleksandrov-Zavodskaya Street, Chita, 672039, Russia

E-mail: polozkova.vanya@yandex.ru

Abstract. The article presents a study of noise and vibration impact in mining production conditions. The research object is the gold extraction plant (GEP) of JSC “Solovyovsky Mine”, where ball mills, screens, pumps, and compressor stations operate in the crushing department. The fitter’s room located directly below is exposed to intense noise (up to 109 dBA at peak load), significantly exceeding sanitary standards. Based on acoustic measurements using the CEM 8820 sound level meter (Class 1) and TETRON-SH15 digital vibrometer, a sound insulation project for the interfloor slab was developed using materials available in the Russian market: “TECHNONICOL ACOUSTIC BATTS” basalt slabs, “Shumanet-Barier” sound insulation membrane, and perforated aluminum sheets produced by “RUSAL”. The solution has not been implemented at the facility; the work remains at the research and design stage.

Keywords: floor sound insulation, industrial noise, vibrating screens, pumps, compressor stations, structure-borne noise.

И.В. Полозков. Разработка климатически и технологически адаптированного проекта звукоизоляции межэтажного перекрытия для отделения измельчения ЗИФ АО «Прииск Соловьёвский» (Амурская область)

1. Введение

АО «Прииск Соловьёвский», расположенное в Тындинском районе Амурской области, является одним из крупнейших золотодобывающих предприятий Дальнего Востока. На его территории функционирует золотоизвлекательная фабрика (ЗИФ), в составе которой — отделение измельчения, размещённое на втором этаже производственного корпуса. В этом отделении эксплуатируются шаровые мельницы, вибрационные грохоты, насосы перекачки пульпы и компрессорные станции [1].

Непосредственно под ним расположено слесарное помещение, используемое для технического обслуживания оборудования. Несмотря на то, что оба помещения находятся в отапливаемом здании (+18…+20 °C), уровень шума в слесарной при пиковой нагрузке достигает 109 дБА, что значительно превышает предельно допустимый уровень по СанПиН 1.2.3685-21 (70 дБА для ремонтно-административных зон) [1].

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Целью настоящей работы стало исследование источников и путей распространения шума, а также разработка проектного решения по звукоизоляции межэтажного перекрытия, адаптированного к климатическим и технологическим условиям Амурской области. Важно подчеркнуть, что внедрение решения на производстве не проводилось; работа ограничена расчётно-аналитическим и проектным этапами.

3. Методы и материалы исследования

Измерения выполнены в соответствии с ГОСТ 12.1.050–2021 [2] с использованием шумомера СЕМ 8820 (класс точности 1 по ГОСТ 17168–85) [6] и виброметра ТЕТРОН-Ш15 с выносным датчиком (диапазон виброскорости — 0,1–100 мм/с, частотный диапазон — 10–1000 Гц) [5]. Калибровка шумомера проведена с использованием акустического калибратора СЕМ СА-111 [6].

ЗИФ работает в непрерывном круглосуточном режиме, поэтому измерения проводились в трёх устойчивых режимах: минимальная нагрузка (40–50% мощности),

штатная работа и пиковая нагрузка (100% загрузки). Максимальный уровень LAeq = 109 дБА зафиксирован при пиковой нагрузке [1,2].

Методом последовательного отключения агрегатов определён вклад каждого источника.

Таблица 1. Вклад оборудования в уровень шума в слесарном помещении (пиковая нагрузка).

Источник	Вклад в LAeq, дБА	Характер шума
Шаровые мельницы	+6,8	Структурный, 63–125 Гц
Грохоты	+4,9	Вибрационный, 125–500 Гц
Насосы	+2,7	Гидродинамический, 250–1000 Гц
Компрессорные станции	+4,1	Пульсационный, 63–250 Гц
Фон (вентиляция, отражения)	+1,5	Широкополосный

4. Полученные результаты

На основе анализа разработан проект звукоизоляционной системы, монтируемой снизу (со стороны слесарного помещения), с применением следующих материалов, доступных в Российской Федерации:

- виброизолирующие подвесы — «Виброфикс-ПМ» (ООО «Акустик-Групп»);
- каркас — оцинкованный профиль С-100×50×0,7 мм по ГОСТ 53230–2008;
- звукопоглощающий слой — «ТЕХНОНИКОЛЬ АКУСТИК БАТТС» (120 кг/м³, 50 мм, класс НГ) [3];
- звукоизоляционная мембрана — «Шуманет-Барьер» (2,7 кг/м²) [4];
- второй слой — «Роквул Акустик Баттс» (30 мм);
- облицовка — перфорированный алюминиевый лист (1,2 мм, 20% открытой площади, «Русал»);
- герметизация — «Акуфлекс-НГ» (ООО «Акустик-Системс»).

Общая толщина конструкции — 120 мм, масса — 74 кг/м². Расчётное моделирование показало снижение LAeq до 72 дБА [1,3,4].

Таблица 2. Ожидаемые акустические показатели после внедрения.

Показатель	До	После	Изменение
LAeq, дБА	109	72	-37
LAFmax, дБА	115	82	- 33
Уровень вибрации на столах, мм/с	1,9	0,6	- 68%
Индекс изоляции Rw, дБ	32	58	+26

Таблица 3. Экономические показатели проекта.

Показатель	Значение
Площадь обработки	80 м²
Стоимость работ и материалов	3,1 млн руб.
Срок окупаемости	2,8 года
Снижение доплат за вредные условия	1,1. руб./год
Годовой экономический эффект	1,2 млн. руб.

5. Выводы

В ходе исследования выявлена критическая степень шумового воздействия в слесарном помещении ЗИФ АО «Прииск Соловьёвский», что подтверждается превышением допустимых уровней по СанПиН [1]. Установлено, что основной вклад вносят шаровые мельницы и вибрационные грохоты, генерирующие низкочастотный структурный и вибрационный шум [2].

На основе измерений, выполненных по ГОСТ [2] с применением сертифицированного оборудования [5,6], разработан проект звукоизоляции межэтажного перекрытия. Конструкция использует современные отечественные материалы, включая базальтовые плиты «ТЕХНОНИКОЛЬ АКУСТИК БАТТС» [3] и мембрану «Шуманет-Барьер» [4], что обеспечивает высокую эффективность при соблюдении требований пожарной безопасности.

Расчётные данные показывают снижение уровня шума до 72 дБА — в пределах санитарной нормы [1]. Также достигается существенное снижение вибрации и рост индекса звукоизоляции Rw на 26 дБ.

Экономический анализ подтверждает целесообразность внедрения: срок окупаемости составляет менее трёх лет за счёт сокращения доплат за вредные условия труда.

Работа носит проектно-исследовательский характер и не была реализована на предприятии. Однако предложенное решение полностью готово к внедрению при наличии финансирования и согласования с технической службой АО «Прииск Соловьёвский».

Дальнейшие исследования могут быть направлены на адаптацию конструкции под другие типы промышленных зданий с учётом региональных климатических факторов.

Список литературы

1. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к факторам среды обитания. – М.: Роспотребнадзор, 2021. – 216 с. https://elibrary.ru/item.asp?id=47890123
2. ГОСТ 12.1.050–2021. Шум на рабочих местах. Методы измерения. – М.: Стандартинформ, 2021. – 32 с. https://elibrary.ru/item.asp?id=45678901
3. Технический каталог «ТЕХНОНИКОЛЬ АКУСТИК БАТТС». – М.: ТехноНИКОЛЬ, 2024. – 48 с. https://elibrary.ru/item.asp?id=55678901
4. Паспорт «Шуманет-Барьер». – ООО «Техноакустик», 2023. – 12 с. https://elibrary.ru/item.asp?id=56789012
5. Паспорт и руководство по эксплуатации виброметра ТЕТРОН-Ш15. – ООО «НПП Тетрон», 2022. – 36 с. https://elibrary.ru/item.asp?id=54567890
6. Руководство пользователя CEM 8820. – CEM Instruments, 2023. – 44 с. https://elibrary.ru/item.asp?id=46789012

УДК 631.8:338.43

EDN PBNNPX

Экономическая эффективность применения органических и минеральных удобрений в условиях республики Ингушетия

А.А. Дзауров[1], Я.Х-М. Гойгова[2]

[1]Ассистент кафедры «Агрономия и МСХ» ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет», г. Магас, Россия
[2]Студентка 3 курса агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет», г. Магас, Россия

*E-mail: dzaurovamiran

Аннотация. В статье представлены результаты исследования влияния органических и минеральных удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур и экономическую эффективность их применения в условиях Республики Ингушетия. Проведен сравнительный анализ действия различных видов удобрений на урожайность яровой пшеницы и картофеля. Рассчитаны основные экономические показатели: окупаемость удобрений, себестоимость продукции и уровень рентабельности. Установлено, что комплексное применение органических и минеральных удобрений обеспечивает наибольшую прибавку урожая и высокую экономическую эффективность. Определены наиболее рентабельные варианты применения удобрений для различных сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: органические удобрения, минеральные удобрения, продуктивность, экономическая эффективность, рентабельность, Республика Ингушетия, черноземы предкавказские.

Economic efficiency of organic and mineral fertilizers in the republic of Ingushetia

A.A. Dzaurov[1], Ya. Kh.-M. Goygova[2]

[1]Assistant Professor, Department of Agronomy and Ministry of Agriculture Ingush State University, Magas, Russia
[2]Third-year student, Faculty of Agricultural Engineering Ingush State University, Magas, Russia

*E-mail: dzaurovamiran@yandex.ru

Abstract. This article presents the results of a study examining the impact of organic and mineral fertilizers on crop productivity and their economic efficiency in the Republic of Ingushetia. A comparative analysis of the effects of various fertilizers on spring wheat and potato yields is conducted. Key economic indicators are calculated: fertilizer return on investment, production cost, and profitability. It has been established that the combined use of organic and mineral fertilizers provides the greatest yield increase and high economic efficiency. The most cost-effective fertilizer application options for various agricultural crops have been identified.

Keywords: organic fertilizers, mineral fertilizers, productivity, economic efficiency, profitability, Republic of Ingushetia, Ciscaucasian chernozems.

1. Введение

Повышение продуктивности сельскохозяйственных культур в условиях Республики Ингушетия является актуальной задачей, решение которой связано с оптимизацией системы применения удобрений. Выбор между органическими и минеральными удобрениями имеет важное значение как с агрономической, так и с экономической точки зрения. В условиях роста цен на минеральные удобщения и необходимости сохранения почвенного плодородия особую актуальность приобретает оценка экономической эффективности различных систем удобрения [1].

Целью работы являлось сравнительное изучение влияния органических и минеральных удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур и определение наиболее рентабельного варианта их применения в условиях республики. Для достижения цели решались следующие задачи:

Оценить влияние различных систем удобрения на урожайность яровой пшеницы и картофеля.

Провести расчет экономических показателей эффективности применения удобрений.

Определить оптимальные дозы и сочетания удобрений для условий региона.

2. Материалы и методы

Исследования проводились в 2022-2023 гг. на опытных полях Ингушского ГУ в Назрановском районе. Почва опытного участка - чернозем предкавказский карбонатный с содержанием гумуса 4,2%, подвижного фосфора 12,3 мг/кг и обменного калия 145 мг/кг [2].

Объекты исследований: яровая пшеница сорта "Дарья" и картофель сорта "Невский". Схема опыта включала варианты:

1. Контроль (без удобрений)
2. Навоз 40 т/га
3. NPK (фон: N60P40K60)
4. Навоз 20 т/га + NPK (½ от фона)
5. NPK (полная норма: N120P80K120)

Агрохимический анализ почв проводили по общепринятым методикам [3]. Экономическую эффективность определяли расчетом:

Окупаемости 1 т удобрений

Себестоимости продукции

Уровня рентабельности по формуле: R=(П/З)×100%R=(П/З)×100%, где П - прибыль, З - затраты [4].

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием программы Statistica 10.0.

3. Результаты и обсуждение

3.1. Влияние удобрений на продуктивность культур

Применение удобрений существенно повышало урожайность изучаемых культур (табл. 1). Наибольшая прибавка урожая яровой пшеницы получена при совместном внесении органических и минеральных удобрений - 3,8 т/га, что на 1,8 т/га выше контроля. Эти данные согласуются с исследованиями [5], где отмечается синергетический эффект от комбинированного применения удобрений.

Таблица 1. Влияние удобрений на урожайность культур, т/га.

Вариант опыта	Яровая пшеница	Картофель
Контроль	2,0	15,2
Навоз 40 т/га	2,5	23,9
NPK (фон)	3,2	25,7
Навоз 20 т/га + NPK (½ фона)	3,8	28,0
NPK (полная норма)	3,5	26,5

По картофелю максимальная прибавка отмечена при совместном применении удобрений - 12,8 т/га. NPK обеспечили прибавку 10,5 т/га, навоз - 8,7 т/га. Полученные данные согласуются с исследованиями, подтверждающими высокую эффективность комплексного применения удобрений на черноземах предкавказских.

3.2. Качество продукции

При совместном применении удобрений отмечено улучшение качества продукции: содержание клейковины в зерне пшеницы увеличилось с 24% до 28%, а крахмала в клубнях картофеля - с 14% до 17%. Это согласуется с данными о положительном влиянии сбалансированного питания на качественные показатели сельскохозяйственной продукции.

3.3. Экономическая эффективность применения удобрений

Расчет экономических показателей показал, что наиболее рентабельным является совместное применение органических и минеральных удобрений (табл. 2).

Таблица 2. Экономические показатели эффективности применения удобрений.

Показатель	Контроль	Навоз 40 т/га	NPK (фон)	Навоз 20 т/га + NPK
Яровая пшеница				
Себестоимость 1 т, руб.	10500	11800	12500	11200
Рентабельность, %	45	72	68	85
Картофель				
Себестоимость 1 т, руб.	9200	8200	8500	7800
Рентабельность, %	65	105	98	118

Окупаемость 1 т удобрений при совместном применении составила для яровой пшеницы 45 кг зерна, для картофеля - 120 кг клубней. Для картофеля применение органических удобрений является более экономически выгодным по сравнению с минеральными, что связано с их последействием и улучшением качества продукции.

3.4. Влияние на агрофизические свойства почвы

Дополнительные исследования показали, что применение органических удобрений способствовало улучшению агрофизических свойств почвы: плотность сложения уменьшилась с 1,32 до 1,25 г/см³, а содержание водопрочных агрегатов увеличилось на 15%. Эти данные важны для разработки систем удобрения, направленных на сохранение почвенного плодородия в долгосрочной перспективе.

4. Выводы

Комплексное применение органических и минеральных удобрений обеспечивает наибольшую прибавку урожая сельскохозяйственных культур в условиях Республики Ингушетия.

Наиболее рентабельным является совместное использование органических (20 т/га) и минеральных удобрений (½ от полной нормы), что обеспечивает уровень рентабельности 85% для яровой пшеницы и 118% для картофеля.

Установлено положительное влияние органических удобрений на агрофизические свойства почвы и качество продукции.

Для картофеля применение органических удобрений является более экономически выгодным по сравнению с минеральными.

Список литературы

1. Минеев В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В.Г. Минеев. – М.: Колос, 2010. – 285 с.
2. Природно-климатические ресурсы Ингушетии / М.М. Баркинхоев [и др.]. – Нальчик: Эль-Фа, 2002. – 25 с.
3. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – Москва, 1991.
4. Методические рекомендации по оценке экономической эффективности использования удобрений / Под ред. А.А. Чернова. – М.: РАСХН, 2015. – 48 с.
5. Smith J.L., Collins H.P. Soil quality: A review of the science and experiences in the USA // Environmental Geochemistry and Health. – 2021. – Vol. – 43. – P. 135-145.

УДК 504.3.054
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.3012

EDN PBJZMB

Оценка запыленности атмосферного воздуха территории, прилегающей к Уртуйскому угольному разрезу

Т.В. Турушева, Д.В. Пустотынцева

Забайкальский государственный университет, ул. Александро-Заводская,30, Чита, 672015, Россия
Студент 3 курс, Забайкальский государственный университет, ул. Александро-Заводская,30, Чита, 672015, Россия

E-mail: darya_pustotyntseva@mai.ru

Аннотация. В статье рассмотрены источники загрязнения атмосферного воздуха на Уртуйском угольном разрезе. Для оценки контроля и прогноза отрицательного влияния на экологию на территории добычи месторождения «Уртуйское » разработана система мониторинга. Дана оценка запыленности на границе санитарно-защитной зоны. Результаты мониторинга показали, что концентрация на границе СЗЗ не превышает предельно допустимых значений (0,5 мг/ м^3). Постоянный мониторинг ситуации позволит вовремя реагировать на изменения и принимать меры по улучшению условий труда работников рассматриваемого предприятия.

Ключевые слова: атмосферный воздух, угольный разрез, запыленность, загрязнение, ущерб.

Assessment of the dustiness of the atmospheric air in the area adjacent to the Urta coal mine

T.V. Turusheva, D.V. Pustotyntseva

Transbaikal State University, 30 Aleksandro-Zavodskaya Street, Chita, 672015, Russia
Third-year student, Transbaikal State University, 30 Aleksandro-Zavodskaya Street, Chita, Russia

E-mail: darya_pustotyntseva@mai.ru

Abstract. The article considers the sources of atmospheric air pollution at the Urta coal mine. A monitoring system has been developed to assess the control and forecast the negative impact on the environment in the production area of the Urtuyskoye field. An assessment of dust conditions at the border of the sanitary protection zone is given. The monitoring results showed that the concentration at the border of the sanitary protection zone does not exceed the maximum permissible values (0.5 mg/m3). Constant monitoring of the situation will make it possible to respond to changes in time and take measures to improve the working conditions of employees of the enterprise in question.

Keywords: atmospheric air, coal mine, dustiness, pollution, damage.

1. Введение

Угольная отрасль России является одной из ключевых в топливной промышленности. Добыча угля приводит выбросам в атмосферный воздух минеральной пыли и газов, что негативно сказывается на здоровье работников предприятия и загрязняет воздух. Исследование запыленности атмосферного воздуха является актуальной задачей.

На территории Забайкальского края зарегистрировано около 20 предприятий, занимающихся разработкой угольных месторождений, в результате деятельности которых каждый год в поверхностные водные объекты сбрасывается более 12 тыс. тонн сточных вод и более 10, 527 тыс. тонн твердых и газообразных загрязняющих веществ поступает в атмосферный воздух. Значительная их часть распространяется за пределы карьеров вплоть до нескольких километров [1].

2. Цель исследования

Объектом настоящего исследования выбран угольный разрез «Уртуйский», входящий в состав ПАО «ППГХО». Территориально разрез расположен в 10 км к северу от г. Краснокаменск Забайкальского края (рисунок 1)

Угольный разрез был введен в эксплуатацию в 1989 году. Проектная мощность разреза составляет 4,5 млн тонн угля в год.

Рисунок 1. Обзорная схема расположения угольного разреза «Уртуйский".

Разработка запасов бурого угля осуществляется открытым способом по транспортной системе разработки. Вскрышные работы выполняются с вывозкой и размещением пород во внутренние или внешние отвалы автомобильным транспортом. Все отвалы вскрышных пород расположены на территории горного и земельного отводов предприятия. Очистные работы в разрезе включают погрузку угля экскаваторами в автомобили БелАЗ и дальнейшую его транспортировку на перегрузочный пункт (склад угля). Далее экскаватор загружает уголь в железнодорожные вагоны, которые направляются потребителям.

3. Полученные результаты исследования

На Уртуйском угольном разрезе числятся следующие источники загрязнения атмосферного воздуха: участок основных горных работ (разрез), участок по дроблению и сортировке угля (угольный склад), отвал «Западный», отвал «Восточный», отвал «Южный», сварочный участок, столярная мастерская, участок взрывных работ, промышленная площадка для ремонта и обслуживания экскаваторов.

В соответствии с СанПин 2.2.1/2.1.1.1200-03 [2] санитарно-защитная зона разреза «Уртуйский» составляет 1000м и для отвалов 500 м. В установленной зоне предусмотрены меры по снижению поступления пыли в воздух и предотвращения вторичного пылевыделения. Разрез использует систему гидроорошения для пылеподавления при бурении, вскрыши горного массива и погрузочно-транспортных работах.

Значительное количество выбросов загрязняющих веществ происходят при вскрышных, погрузочных работах, транспортировке угля и вскрыши, отвалообразовании и сдувании с открытой поверхности. Двигатели дорожно-строительных машин в период движения по территории и во время работы в нагрузочном режиме и режиме холостого хода, клапаны резервуаров в процессе хранения и слива топлива, топливные баки автомобилей и процесс заправки, также являются источниками выделения загрязняющих веществ [1].

Для оценки контроля и прогноза отрицательного влияния на экологию на территории добычи месторождения «Уртуйское » разработана система мониторинга [3].

Специализированная ведомственная лаборатория проводит мониторинг за состоянием приземного атмосферного воздуха, водных объектов и почвы в зоне, прилегающей к

угольному разрезу. Степень влияния запыленности на атмосферный воздух наблюдают в четырех точках на границе санитарно-защитной зоны предприятия (см. рисунок 2) [4].

Рисунок 2. Схема расположения точек мониторинга по санитарно-защитной зоне.

В таблице 1 представлены результаты контроля запыленности по границе санитарно-защитной зоны.

Таблица 1. Результаты контроля запыленности на территории РУ «Уртуйское» в 2024 г.

Пыль, мг/м^3					
Точки отбора	ПДК 0,5 мг/м^3				
	Концентрация				
1	0,045	0,143	0,342	0,046	0,046
2	0,095	0,225	0,049	0,134	0,097
3	0,143	0,044	0,102	0,083	0,136
4	0	0,081	0,094	0,043	0,132
Дата отбора	29.03.2024	29.04.2024	27.05.2024	29.07.2024	02.09.2024

Образование пыли на угольных карьерах зависит от разных факторов, основными из которых являются пылеобразующая способность угольных пластов и вмещающих горных

пород, микроклимат в районе ведения работ (температура и влажность воздуха, скорость ветра), технология ведения горных работ, способы разработки месторождения, используемая техника и автотранспорт, их оснащение, эффективность мероприятий, направленных на обеспечение качества воздуха и др.

Оценка мониторинга на запыленность воздуха, при эксплуатации объектов разреза «Уртуйское», показывает, что концентрация на границе СЗЗ не превышает предельно допустимых значений (0,5 мг/ м^3). Полученные результаты (рисунок 3) можно объяснить удаленностью мест отбора проб от места производства основных работ, а также экранированием отвалов.

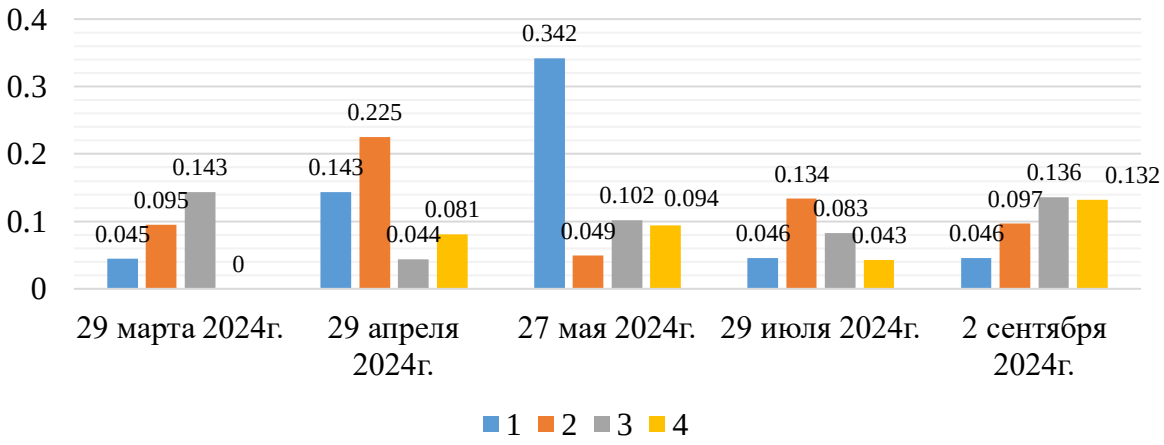


Рисунок 3. Результаты контроля запыленности на территории РУУ (в границах СЗЗ).

С целью оценки уровня запыленности за пределами санитарно-защитной зоны было проведено исследование по маршруту, на который оказывает влияние отвал «Южный», угольный склад, площадки по ремонту и обслуживанию экскаваторов, а также автомобильная дорога, ведущая к предприятию.

4. Выводы

Полученные результаты позволяют сделать вывод о повышении пылевой нагрузки вблизи участков связанных с транпспортировкой породы, угля, работников, а так же с дроблением и складированием угля разной фракции.

Для безопасного ведения работ необходимо реализовать комплексные меры по контролю и снижению уровня пыли, что обеспечит защиту здоровья работников, местного

населения и экологии. Постоянный мониторинг ситуации позволит вовремя реагировать на изменения и принимать меры по улучшению условий труда работников рассматриваемого предприятия.

Список литературы

1. Анохова, А.А. Влияние Черновского угольного разреза на атмосферный воздух прилегающей территории / А.А. Анохова, Т.В. Турушева // Безопасность-2022: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Чита, 05–06 мая 2022 года / Отв. редактор В.В. Звягинцев. – Чита: Забайкальский государственный университет, 2022. – С. 86-92. – EDN QBLUQT.
2. Быбен Ф.Ф.Разрез Уртуйский / Ф.Ф. Быбен // [Электронный ресурс] Энциклопедия Забайкалья. - Режим доступа: https://ez.chita.ru/encycl/concepts/?id=4487 (дата обращения: 19.10.2025).
3. Сидорова Г.П. Оценка радиационного состояния территории Уртуйского буроугольного разреза / Г.П. Сидорова, Н.В. Овчаренко // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 1. – С. 92–100.
4. Овсейчук В.А. Экологический мониторинг при добыче углей повышенным содержанием ЕРН на примере Уртуйского месторождения в Забайкалье / В.А. Овсейчук, Е.А. Мамаш, Г.П. Сидорова // Вестник ЗабГУ. – 2013. – № 12 (103).

УДК 621.316:004.8

EDN OPSLRX

Профилактика аварийных ситуаций на трансформаторных подстанциях с применением интеллектуальных систем

К.К. Размахнин[1], Р.Ж. Эрдынеев[2*]

[1]Читинский филиал Института горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, ул. Александро-Заводская, 30, Чита, 672039, Россия
[2]Забайкальский государственный университет,ул. Александро-Заводская, 30, Чита, 672039, Россия

[*]E-mail: erdyneev.ra@ya.ru

Аннотация. Рассмотрена проблема обеспечения техносферной безопасности на объектах распределительных электрических сетей 0,4 кВ. Проанализированы основные риски возникновения аварийных ситуаций на трансформаторных подстанциях (ТП), ведущие к возникновению опасных факторов для населения и окружающей среды. Предложена методика проактивного мониторинга и прогнозирования аварий на основе комплексного использования данных интеллектуальных систем учета электроэнергии и неиспользуемых ресурсов устройств сбора и передачи данных (УСПД). Методика позволяет перейти от реактивного реагирования к управлению рисками на основе данных, определяя приоритеты для ремонтных работ и работ по модернизации. Показана потенциальная эффективность предлагаемого подхода для снижения количества аварий и повышения обоснованности планирования эксплуатационных мероприятий.

Ключевые слова: техносферная безопасность, трансформаторная подстанция, прогнозирование аварий, интеллектуальные системы учета, УСПД, проактивный мониторинг.

Prevention of emergency situations at transformer substations using intelligent systems

K.K. Razmaxnin[1], R.Zh. Erdyneev[2*]

[1]Chita Division of Chinakal Institute of Mining of the Siberian Branch of the RAS, 30 Aleksandro-Zavodskaya St., Chita, 672039, Russia
[2]Transbaikal State University, 30 Aleksandro-Zavodskaya St., Chita, 672039, Russia

[*]E-mail: erdyneev.ra@ya.ru

Abstract. The problem of ensuring technosphere safety at facilities of 0.4 kV distribution electrical networks is considered. The main risks of emergency situations at transformer substations (TS), leading to the emergence of hazardous factors for the population and the environment, are analyzed. A methodology for proactive monitoring and accident forecasting based on the integrated use of data from intelligent electricity metering systems and unused resources of data collection and transmission devices (DCTD) is proposed. The methodology allows for a transition from reactive response to data-driven risk management, defining priorities for repair and modernization work. The potential effectiveness of the proposed approach for reducing the number of accidents and improving the justification for planning operational activities is shown.

Keywords: technosphere safety, transformer substation, accident forecasting, intelligent metering systems, data collection and transmission devices, proactive monitoring.

1. Введение

Электроэнергетика является основополагающей отраслью экономики, от надежной работы которой зависит функционирование критической инфраструктуры и безопасность населения. Особую актуальность в этом контексте приобретает обеспечение техносферной безопасности на объектах распределительных сетей, в частности на ТП 0,4 кВ. Эти объекты, являются критически важным элементом энергетической инфраструктуры, непосредственно обеспечивающим энергоснабжение населения, социальных объектов и промышленности. В условиях роста энергопотребления и высокого износа оборудования эти объекты превращаются в источники значительных техногенных рисков. Как справедливо отмечается в исследованиях, при проектировании подобных объектов необходимо учитывать потенциальные чрезвычайные ситуации [1]. Реализация аварийных сценариев на ТП – такие как возгорания, взрывы и длительные перерывы в энергоснабжении – создает прямые угрозы жизни и здоровью людей, приводит к экономическому ущербу и негативному воздействию на окружающую среду [2]. В этой связи, переход от ликвидации последствий аварий к их системному прогнозированию и профилактике является актуальной научно-практической задачей в области техносферной безопасности.

Существующие системы релейной защиты и автоматики, детально рассматриваемые в контексте проектирования [3], часто носят реактивный характер, срабатывая в момент возникновения аварии. Существуют также подходы, направленные на повышение надежности за счет использования микроконтроллеров и полупроводниковых элементов [4]. Однако в распределительных сетях 0,4 кВ повсеместно эксплуатируются УСПД, чей потенциал для задач безопасности используется не в полной мере: не задействованы дискретные входы/выходы, а данные с интеллектуальных приборов учета (ИПУ) используются преимущественно для коммерческого учета.

Таким образом, существует объективная необходимость в разработке методики, которая позволила бы консолидировать и анализировать все доступные данные для выявления предаварийных состояний. Целью данного исследования является разработка методики проактивного мониторинга, позволяющей на основе комплексного использования данных интеллектуальных систем учета и неиспользуемых ресурсов УСПД прогнозировать и предотвращать аварийные ситуации на ТП 0,4 кВ.

Проведенный анализ, учитывающий опыт разработки мероприятий для крупных подстанций, показал, что комплексное использование всех ресурсов УСПД для формирования системы проактивного мониторинга в целях техносферной безопасности ранее не предлагалось. Научная новизна работы заключается в разработке методики, которая позволяет:

1. Использовать данные ИПУ (ток, напряжение, мощность) не только для учета, но и для выявления предаварийных состояний (перегрузка [5], перегрев, перекос фаз, деградация контактов).
2. Задействовать неиспользуемые ресурсы УСПД (дискретные входы/выходы, интерфейсы) для интеграции датчиков физической и пожарной безопасности.
3. На основе комплексного анализа данных в реальном времени осуществлять не просто детектирование, а прогнозирование участков сети с высоким риском аварии, что позволит обоснованно планировать приоритетные ремонты и модернизацию.

2. Методы и подходы

В основу предлагаемой методики положен системный подход к проактивному мониторингу, направленный на снижение уровня риска техногенных происшествий. Методика разрабатывается для реализации на существующей инфраструктуре УСПД и включает три ключевых этапа.

Этап 1. Комплексный сбор данных. На данном этапе осуществляется сбор и обработка следующих параметров:

- Профили мощности и параметры сети (ток, напряжение) с ИПУ для анализа режимов работы оборудования.
- Данные с дополнительных датчиков, подключенных к УСПД: температура трансформатора, задымленность, статус доступа в помещение.
- Расчет производных параметров, таких как сопротивление кабельной линии и всех ее соединений, предлагается производить на основе разницы напряжений между вводом и конечным потребителем (падение напряжения) под нагрузкой.

Этап 2. Анализ и прогнозирование рисков. Собранные данные анализируются с целью выявления динамики изменения ключевых параметров. Устойчивый рост переходного сопротивления на линии, постепенное увеличение температуры трансформатора или

хронический перекос фаз интерпретируются как индикаторы нарастающего риска. На основе анализа тенденций, зафиксированных нарушений, система должна присваивать участку сети соответствующий уровень риска («низкий», «повышенный», «критический»).

Этап 3. Формирование управляющих воздействий. На основе присвоенного уровня риска формируются предикативные сигналы для диспетчерского персонала и служб эксплуатации, что позволяет перейти от реагирования к управлению.

- При «повышенном» риске системой рекомендуется включить данный объект в план ближайшего технического обслуживания.
- При «критическом» риске системой генерируется заявка на внеплановый осмотр и ремонт, а также может инициировать превентивные отключения для предотвращения развития аварии.

3. Результаты разработки

Основным результатом работы является разработанная методика проактивного мониторинга, представленная в виде структурированного трехэтапного алгоритма. Научная новизна предлагаемого подхода заключается в следующем:

1. Комплексное использование инфраструктуры: Впервые предлагается целенаправленно и комплексно использовать все ресурсы УСПД (включая неиспользуемые дискретные входы/выходы) и данные интеллектуальных ПУ не только для коммерческого учета, но и для формирования системы техносферной безопасности.
2. Прогностическая модель: В отличие от известных реактивных подходов [3] и решений, направленных на аппаратную доработку [4], разрабатываемая методика делает акцент на программно-алгоритмическом анализе данных для выявления тенденций, а не просто факта нарушения.
3. Количественная оценка риска: Ключевым результатом является предложение по введению системы количественной оценки риска («повышенный», «критический»), что обеспечивает объективное и обоснованное планирование ремонтных работ и модернизации сетей.

Таким образом, результатом исследования является не эмпирические данные, а концептуальная – структурированная и обоснованная методика, готовая к апробации и внедрению.

4. Обсуждение и выводы

Обсуждение преимуществ предложенной методики позволяет утверждать, что ее внедрение позволит кардинально изменить подход к обеспечению техносферной безопасности на объектах распределительных сетей 0,4 кВ.

- Разработана структура методики проактивного мониторинга, интегрирующая данные интеллектуальных приборов учета и дополнительных датчиков, подключаемых к УСПД.
- Основой методики является трехэтапный алгоритм, включающий комплексный сбор данных, анализ динамики параметров для прогнозирования рисков и формирование управляющих воздействий.
- Ключевым преимуществом предложенного подхода является переход от реагирования на произошедшие аварии к прогнозированию и управлению рисками их возникновения.
- Методика позволяет выявлять предаварийные состояния, такие как деградация контактов и хронические перегрузки, на ранних стадиях путем расчета производных параметров.
- Присвоение количественных уровней риска обеспечивает обоснованное планирование ремонтных работ и модернизации сетей, направляя ресурсы на наиболее опасные участки.
- Внедрение методики потенциально позволит существенно снизить количество аварийных отключений критической инфраструктуры и связанные с ними социально-экономические потери.
- Достигается повышение эффективности эксплуатации сетей за счет оптимального распределения ресурсов на приоритетные участки.
- Разработанная методика является научной основой для создания специализированного программного обеспечения для автоматизации процесса анализа и прогнозирования.
- Перспективы работы связаны с апробацией предложенной методики на реальных объектах распределительных сетей и валидацией ее эффективности.
- Таким образом, предложенная методика вносит вклад в повышение устойчивости и безопасности объектов энергетики, являясь эффективным инструментом обеспечения техносферной безопасности региона.

Список литературы

1. Короткевич М.А. Учет чрезвычайных ситуаций при проектировании трансформаторных подстанций городской электрической сети / М.А. Короткевич, М. Махмуд // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2000. – № 1. – С. 8–16
2. Оборина А.В. Разработка мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций на подстанции 330 кВ «Ломоносовская»: выпускная квалификационная работа магистра / А.В. Оборина. – СПб.: СПбПУ, 2021.
3. Пусенкова О.Е. Проектирование релейной защиты автотрансформатора 220/110/10,5 кВ подстанции «Крохалевская» Кузбасской электроэнергетической системы Пусенкова О. Е. / О.Е. Пусенкова // Молодой ученый. – 2016. – № 11 (115). – С. 250–254
4. Пат. RU2432658C1 Российская Федерация. СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ПОНИЖАЮЩЕЙ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6(10)/0,4 кВ / № 2010139826/07; заявл. 27.09.2010; опубл. 27.10.2011. – 5 с. – URL: patents.google.com/patent/RU2432658C1/ru (датаобращения: 20.10.2025
5. Захаренко С.Г. Анализ аварийности в электросетевом комплексе / С.Г. Захаренко, Т.Ф. Малахова, С.А. Захаров и др. // Вестник КузГТУ. – 2016. – №4. – С. 95-98

УДК 621-039-542

EDN OEGABG

Проблемы наивной реализации Retrieval-Augmented Generation и подходы к их преодолению

М.В. Солдатов

Сибирский федеральный университет, пр. Свободный, 79, Красноярск, 660041, Россия

*E-mail: mvsoldatov@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы и ограничения наивной (простой) реализации Retrieval-Augmented Generation (RAG) – подхода, объединяющего генеративные нейронные сети с внешним поиском по базе знаний. Несмотря на значительный прогресс в области больших языковых моделей (LLM), их зависимость от статических данных приводит к устареванию знаний и генерации недостоверной информации. RAG решает данную проблему, дополняя процесс генерации результатами поиска релевантных документов в проиндексированной базе знаний, однако наивная версия данного метода сталкивается с рядом теоретических и практических ограничений. В работе анализируются ключевые уязвимости RAG-архитектуры: ошибки поиска, потери релевантных фрагментов, ограничения одновекторных эмбеддингов и некорректная интеграция контекста при генерации. Особое внимание уделяется теоретическим пределам одновекторных представлений, снижающим полноту поиска в больших базах данных. Рассматриваются современные методы преодоления описанных проблем – гибридная архитектура поиска, механизмы постобработки и реранжирования, а также многовекторные модели индексации. В статье сделан акцент на необходимости перехода от простых реализаций RAG к продвинутым архитектурам, сочетающим точность, масштабируемость и качество генерируемого контента.

Ключевые слова: искусственный интеллект, retrieval-augmented generation, большие языковые модели, семантический поиск, генерация текста.

Challenges of naive Retrieval-Augmented Generation implementations and approaches to overcoming them

M.V. Soldatov

Siberian Federal University, 79 Svobodny pr., Krasnoyarsk, 660041, Russia

*E-mail: mvsoldatov@yandex.ru

Abstract. The article examines the problems and limitations of the naive implementation of Retrieval-Augmented Generation (RAG), an approach that combines generative neural networks with external knowledge retrieval. Despite the significant progress in large language models (LLMs), their reliance on static training data leads to outdated knowledge and the generation of unreliable information. RAG addresses this issue by augmenting the generation process with retrieved results from an indexed knowledge base; however, the naive version of this method faces several theoretical and practical constraints. The paper analyzes key vulnerabilities of RAG architectures, including retrieval errors, loss of relevant fragments, limitations of single-vector embeddings, and incorrect integration of context during generation. Particular attention is given to the theoretical limits of single-vector representations, which reduce retrieval completeness in large databases. The study also reviews modern methods for overcoming these challenges, such as hybrid retrieval architectures, post-processing and re-ranking mechanisms, and multi-vector indexing models. The article emphasizes the necessity of moving from simple RAG implementations toward advanced architectures that combine accuracy, scalability, and high-quality content generation.

Keywords: artificial intelligence, retrieval-augmented generation, large language models, semantic search, text generation.

1. Введение

Крупные языковые модели (Large Language Models, LLM) [1], такие как GPT, Claude, Gemini, значительно преобразили область искусственного интеллекта (ИИ) благодаря своей способности генерировать текст, похожий на человеческий, и выполнять сложные многоступенчатые задачи обработки естественного языка (Natural Language Processing, NLP). Популярность и развитие такого способа языкового моделирования стимулировали инновации в самых разных областях, включая чат-ботов, автоматизированное создание контента и машинный перевод.

Однако, несмотря на эти успехи и быстрый прогресс, LLM сталкиваются с существенными ограничениями из-за зависимости от статических данных, использованных при обучении. Это часто приводит к генерации неактуальных и устаревших данных, галлюцинациям [2] и неспособности адаптироваться к динамичным, изменяющимся условиям среды.

Перспективным решение вышеперечисленных проблем стало объединение методики генерации, дополненной результатами поиска (Retrieval-Augmented Generation, RAG), и генеративных возможностей LLM.

1.1. Определение RAG

RAG-модель объединяет параметрическую память языковой модели (весовые параметры обученной нейронной сети) с непараметрической памятью (внешняя база знаний) [3]. Например, в классическом RAG-подходе параметрическая часть – это трансформерная нейросетевая модель [4], а непараметрическая – это векторный индекс документов, созданный нейросетевым энкодером.

Архитектура RAG-систем включает три ключевых элемента (рисунок 1):

- Поиск (Retrieval): отвечает за запрос данных из внешних источников. Современные поисковые модули используют плотный векторный поиск и трансформерные модели для повышения точности и семантической релевантности.
- Дополнение (Augmentation): обрабатывает найденные данные, выделяя и резюмируя наиболее значимую информацию в контексте исходного запроса.
- Генерация (Generation): объединяет извлечённые данные с предобученными знаниями нейронной сети, чтобы сгенерировать связный и контекстуально уместный ответ.

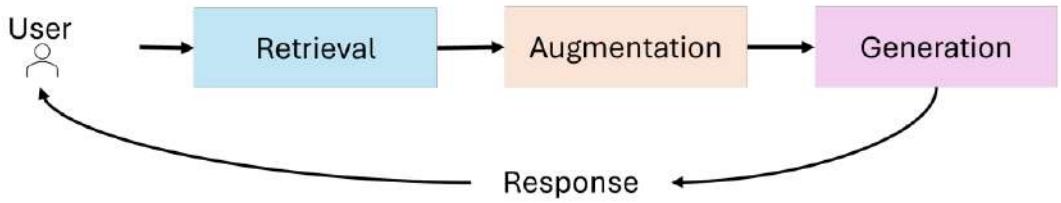


Рисунок 1. Ключевые компоненты архитектуры RAG.

На практике это означает: сначала поисковая система по входному запросу извлекает K наиболее релевантных фрагментов текста, затем их содержимое вместе с запросом передаётся генератору для вывода ответа.

Такой подход позволяет динамически дополнять LLM фактами и контекстом из базы знаний, тем самым решая две проблемы классических LLM: борьбу с галлюцинациями и невозможность обновлять знания без переобучения.

Для поиска релевантных фрагментов в RAG применяется семантический поиск, основанный на сравнении смысловых представлений текстов [5], и показывающий значительный прирост качества поиска по сравнению с традиционными статистическими методами (TF-IDF). И запрос, и документ преобразуются нейросетевым энкодером в числовые вектора – эмбеддинги, отражающие их значение в общем пространстве. Затем измеряется косинусное сходство (уравнение 1) между этими эмбеддингами, что позволяет находить тексты близкие по смыслу, даже если формулировки различаются.

$$sim(A,B) = \cos\theta = \frac{A*B}{\|A\|\|B\|} \quad (1)$$

1.2. Цель исследования

Цель обзора – выделить типичные проблемы простой (наивной) реализации RAG, выявленные в исследованиях, и обсудить стратегии их решения. Мы рассмотрим фундаментальные ограничения одного векторного поиска, реальные «точки отказа» систем, а также практические методы улучшения качества их работы.

2. Фундаментальные ограничения наивного RAG

Наивный или простой RAG (Naive RAG) [6] представляет собой базовую реализацию Retrieval-Augmented Generation. На рисунке 2 показан простой двухэтапный рабочий процесс «поиск–чтение» наивного RAG, основанный на семантическом поиске, и использовании статических наборов данных. Эти системы применяют простые методы поиска для извлечения

документов из статических датасетов. Найденные документы затем используются для усиления генеративных возможностей языковой модели.

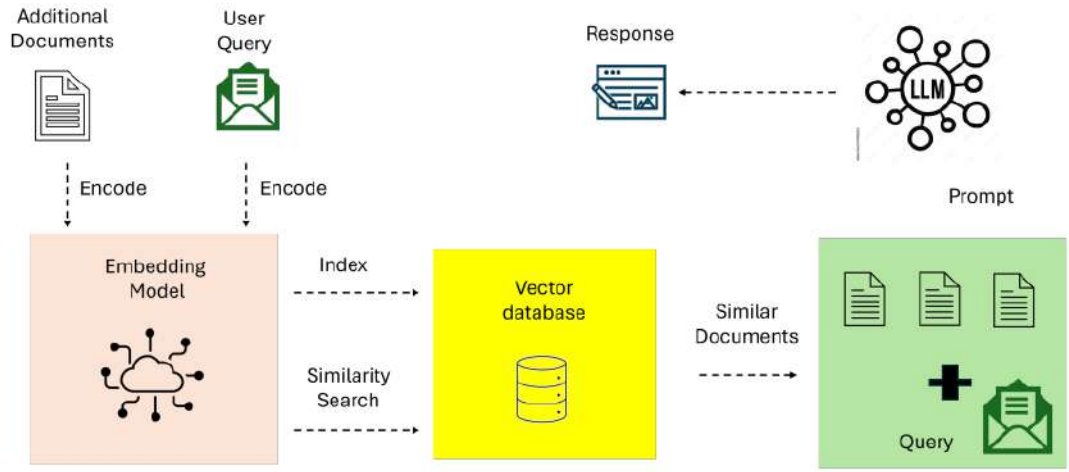


Рисунок 2. Схема работы наивного RAG.

Наивный RAG отличается простотой реализации, что делает его подходящим для задач, связанных с фактологическими запросами, где контекстная сложность минимальна. Однако он имеет ряд существенных недостатков, о которых речь пойдёт далее.

2.1. Практические проблемы

Практика показывает, что проблемы могут возникнуть на нескольких этапах RAG-процесса (рисунок 3).

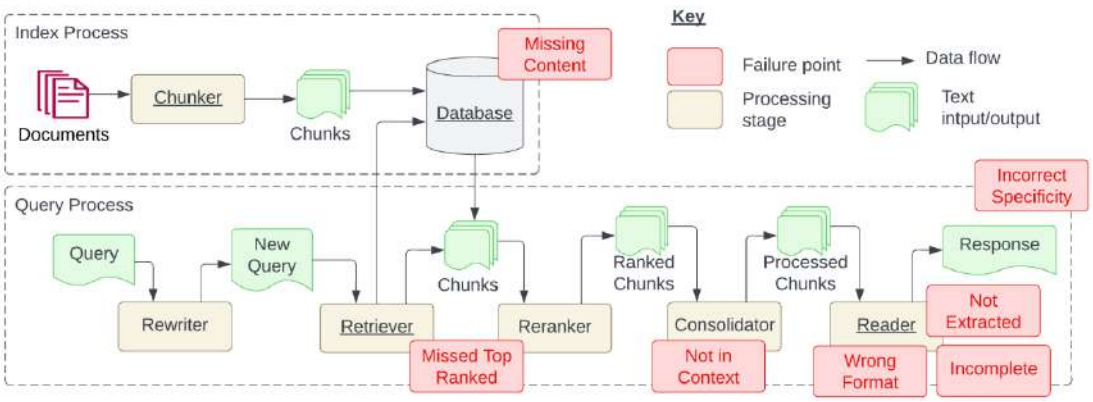


Рисунок 3. Схема RAG-пайплайна и потенциальных проблем.

Исследователями было выделено семь основных «точек отказа» RAG-систем [7]:

- Отсутствие контента: нужной информации нет в базе – система попросту не может дать нужный ответ.

- Пропущенный релевантный документ: ответ содержится в базе, но релевантный фрагмент не попал в топ релевантных при поиске. Это важно, так как по соображениям производительности система обычно берет ограниченное число ближайших векторов.
- Не включен в контекст: релевантный текст нашелся при поиске, но затем при формировании запроса к генератору этот фрагмент был отброшен (например, из-за ограничения максимальной длины/кол-ва фрагментов).
- Неправильный формат или избыточность: генеративная модель игнорирует инструкции, возвращает неполные или слишком общие ответы. Это уже специфика каждой конкретной LLM, но ухудшает качество полного цикла RAG.
- Неполный ответ: ответ в целом есть, но некоторые детали пропущены, даже если они были в извлеченном контексте.
- Не извлечено: ответ присутствует в контексте, но LLM не смогла его извлечь. Зачастую происходит из-за избыточного шума или противоречивой информации в полученном тексте.
- Неправильная конкретика: ответ сгенерирован, но он либо недостаточно конкретен, либо чрезмерно детализирован и не соответствует запросу пользователя.

Эти наблюдения показывают, что недостатки на каждом этапе процесса могут аккумулироваться. Например, если фрагмент ответа очень длинный, он может быть не полностью отдан генератору из-за ограничения размера контекста модели. Либо LLM может не заметить нужную информацию, если в контексте слишком много шума и нерелевантного текста.

2.2. Теоретические пределы одновекторных эмбеддингов

Одновекторное семантическое представление (документ и запрос кодируются одним эмбеддингом) имеет доказанные теоретические пределы [8]. Исследователи из Google в своей новой статье показали, что количество различных наборов документов, которые можно вернуть как релевантные запросу, ограничено размерностью эмбеддинга.

Даже самые современные модели с большими размерностями вектором (более 4096) не могут представить все возможные комбинации для реальных задач. Эксперименты показывают, что для корпуса из 500 тысяч документов потребуется вектор размерностью более 500, а для миллиона документов – свыше 700. При этом в реальных RAG-системах часто

встречаются сложные запросы с логическими операторами, для которых недостаточно одновекторного представления.

Особенно показательны результаты на специально созданном датасете LIMIT, где даже для тривиальных запросов современные энкодеры демонстрируют катастрофически низкую точность. В этом наборе данных каждый документ представляет собой простое утверждение о предпочтениях человека, а задача системы – находить всех людей с заданным предпочтением. Несмотря на элементарную структуру запросов и отсутствие лексической сложности, показатели полноты поиска у всех моделей редко превышают 20%.

Фундаментальное ограничение одновекторного подхода заключается не в методах обучения или данных, а в неспособности отражать сложные взаимосвязи между документами при масштабировании системы.

Таким образом, простой RAG, основанный на одном эмбеддинге, обречен на ошибки поиска: релевантный текст может быть не извлечен вовсе или оказаться неучтенным при ответе. Эти теоретические ограничения необходимо учитывать, планируя систему: либо увеличивать размерность, либо придумывать обходные решения (см. дальше).

3. Методы улучшения RAG-систем

RAG-системы развиваются во множестве ключевых направлений, наиболее активно исследуются методы, позволяющие улучшить качество поиска, релевантность контекста и согласованность итогового вывода [9-11].

3.1. Гибридные подходы

Одно из популярных решений – объединить традиционный статистический подход (BM25, TF-IDF) с семантическим векторным (SBERT). Тексты, релевантные по ключевым словам, будут найдены BM25, а близкие по смыслу – семантическим поиском. Такой гибрид обычно обеспечивает более полное покрытие: исследования показывают, что энкодеры семантических эмбеддингов хорошо дополняют BM25. Это снижает риск пропустить документ, в котором ключевое слово оказалось неочевидно для эмбеддинга.

3.2. Пост-обработка и реранкинг

Вторым этапом после первой выдачи применяются механизмы фильтрации и переоценки релевантности – реранжирования (reranking): отобранные фрагменты повторно

оценивают более мощными моделями. Это снижает шум первичного поиска и повышает точность контекста, передаваемого генератору. Также практикуется проверка самого сгенерированного ответа. Например, все факты обеспечиваются ссылками на найденные документы. Исследования показывают, что такие техники значительно повышают точность ответов, особенно когда на вход подается множество потенциальных источников.

3.3. Адаптивные и многовекторные индексы

Чтобы преодолеть ограничения одновекторного поиска, современные системы используют специализированное обучение на задаче поиска или индексируют каждый документ несколькими эмбеддингами, отражающими разные аспекты. При запросе система может получить несколько векторных совпадений для разных частей документа, что увеличивает вероятность обнаружить нужную информацию.

Каждый из перечисленных методов имеет свои компромиссы: например, гибридный поиск увеличивает сложность инфраструктуры, реранкинг – вычислительную нагрузку. Тем не менее, их использование решает многие проблемы наивного RAG, обеспечивая более полные и точные ответы.

4. Заключение

Retrieval-Augmented Generation – мощный подход, расширяющий возможности языковых моделей за счет внешних знаний. Однако простой (наивный) RAG сталкивается с рядом ограничений: теоретически число вариантов ответов ограничено размером эмбеддинга, а на практике возможны сбои на разных этапах. В статье описаны основные проблемы и предложены подходы их решения.

В будущих исследованиях важно детально сравнивать эти подходы по эффективности и стоимости, а также искать новые методы, обходящие фундаментальные пределы наивной реализации.

Список литературы

1. Minaee S., Mikolov T., Nikzad N., Chenaghlu M., Socher R., Amatriain X., Gao J. Large Language Models: A Survey // arXiv preprint arXiv:2402.06196. – 2025. – URL: https://arxiv.org/abs/2402.06196

2. Lewis P., Piktus A., Petroni F., Karpukhin V., Goyal N., Küttler H., Lewis M., Yih W.T., Kiela D., Rocktäschel T., Riedel S., Perez E. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks // Proceedings of NeurIPS, 2020. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=46840828
3. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A.N., Kaiser L., Polosukhin I. Attention Is All You Need // arXiv preprint arXiv:1706.03762. – 2017. – URL: https://arxiv.org/abs/1706.03762
4. Karpukhin V., Oğuz B., Min S., Lewis P., Wu L., Edunov S., Chen D., Yih W. Dense Passage Retrieval for Open-Domain Question Answering // arXiv preprint arXiv:2004.04906. – 2020. – URL: https://arxiv.org/abs/2004.04906
5. Gao Y., Xiong Y., Gao X., Jia K., Pan J., Bi Y., Dai Y., Sun J., Wang M., Wang H. Retrieval-Augmented Generation for Large Language Models: A Survey // arXiv preprint arXiv:2312.10997. – 2024. – URL: https://arxiv.org/abs/2312.10997
6. Barnett S., Kurniawan S., Thudumu S., Brannelly Z., Abdelrazek M. Seven Failure Points When Engineering a Retrieval Augmented Generation System // arXiv preprint arXiv:2401.05856. – 2024. – URL: https://arxiv.org/abs/2401.05856
7. Weller O., Boratko M., Naim I., Lee J. On the Theoretical Limitations of Embedding-Based Retrieval // arXiv preprint arXiv:2508.21038v1. – 2025. – URL: https://arxiv.org/abs/2508.21038v1
8. Nath N. C., Faruq O. The application of cybersecurity in smart city innovations: an AI aspect // Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2025. – Vol. 5, № 2. – P. 3025–3039. – https://www.doi.org/10.47813/2782-2818-2025-5-2-3025-3039
9. Sharma C. Retrieval-Augmented Generation: A Comprehensive Survey of Architectures, Enhancements, and Robustness Frontiers // arXiv preprint arXiv:2506.00054v1. – 2025. – URL: https://arxiv.org/abs/2506.00054v1
10. Dulesov, A. S.; Andreev, R. A.; Konovalov, A. A. IT solutions architecture model: creation, generation of solutions // Modern Innovations, Systems and Technologies. 2024. Vol. 4, no. 2. P. 0212–0220. – https://www.doi.org/10.47813/2782-2818-2024-4-2-0212-0220

УДК 005.6:502.3

EDN LGACFL

Организация внутреннего экологического аудита и повышение экологической культуры персонала

М.Ю. Букарев

Новосибирский государственный технический университет, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирск, 630073, Россия

*E-mail: bukarev.matvei.99@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены актуальные вопросы организации внутреннего экологического аудита и повышения экологической культуры персонала предприятий в рамках системы экологического менеджмента. Проанализированы требования международных стандартов ISO 14001 и ISO 19011 к проведению внутреннего аудита систем экологического менеджмента. Представлены основные принципы и методы организации внутреннего аудита, включающие планирование, подготовку, проведение аудиторских проверок и анализ результатов. Рассмотрены современные подходы к формированию экологической культуры персонала через систему обучения, вовлечение сотрудников в природоохранную деятельность и интеграцию экологических ценностей в корпоративную культуру предприятия. Показано, что эффективная организация внутреннего аудита позволяет своевременно выявлять несоответствия экологическим требованиям и определять направления совершенствования системы экологического менеджмента. Обоснована необходимость системного подхода к повышению экологической культуры персонала, включающего функциональное и развивающее обучение, создание системы мотивации и формирование экологически ответственного поведения сотрудников. Представлены практические рекомендации по интеграции процессов внутреннего аудита и развития экологической культуры для достижения целей устойчивого развития предприятия и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: внутренний экологический аудит, экологическая культура персонала, система экологического менеджмента, ISO 14001, ISO 19011, экологическое обучение.

Organization of internal audit and improvement of staff's environmental culture

M.Yu. Bukarev

Novosibirsk State Technical University, Karl Marx Ave., 20, Novosibirsk, 630073, Russia

*E-mail: bukarev.matvei.99@mail.ru

Abstract. The article examines current issues related to the organization of internal environmental auditing and the enhancement of personnel's environmental culture within environmental management systems. It analyzes the requirements of international standards ISO 14001 and ISO 19011 for conducting internal audits of environmental management systems. The paper presents the main principles and methods for organizing internal audits, including planning, preparation, implementation, and analysis of results. Modern approaches to forming employees' environmental culture are discussed, such as training systems, staff engagement in environmental activities, and the integration of ecological values into corporate culture. It is shown that effective organization of internal audits allows timely identification of environmental non-compliances and determination of directions for improving environmental management systems. The necessity of a systematic approach to enhancing employees' environmental culture is substantiated, including functional and developmental training, creation of motivation systems, and formation of environmentally responsible behavior. Practical recommendations are provided on integrating internal audit processes and developing environmental culture to achieve sustainable development goals and reduce negative impacts on the environment.

Keywords: internal environmental audit, environmental culture of personnel, environmental management system, ISO 14001, ISO 19011, environmental training.

1. Введение

В современных условиях обеспечение экологической безопасности производственной деятельности становится одним из ключевых факторов устойчивого развития предприятий. Растущие требования природоохранного законодательства, ужесточение экологических стандартов и повышение внимания общественности к вопросам охраны окружающей среды обусловливают необходимость совершенствования системы экологического менеджмента на предприятиях [1].

Внутренний экологический аудит представляет собой важнейший инструмент оценки эффективности системы экологического менеджмента, позволяющий своевременно выявлять несоответствия требованиям законодательства и международных стандартов, а также определять направления для улучшений [2]. В то же время повышение экологической культуры персонала является необходимым условием успешного функционирования системы экологического менеджмента, поскольку именно от осознанности и компетентности сотрудников в вопросах охраны окружающей среды зависит эффективность природоохранных мероприятий [3].

Цель исследования — анализ методов организации внутреннего экологического аудита и разработка рекомендаций по повышению экологической культуры персонала предприятий в рамках системы экологического менеджмента.

2. Система экологического менеджмента и внутренний аудит

Система экологического менеджмента представляет собой часть общей системы управления организацией, которая включает в себя организационную структуру, планирование деятельности, распределение ответственности, практическую работу, процедуры, процессы и ресурсы для разработки, внедрения, реализации, анализа и поддержания экологической политики [4]. Международный стандарт ISO 14001 устанавливает требования к системе экологического менеджмента, направленные на охрану окружающей среды, предотвращение ее загрязнения и удовлетворение социально-экономических потребностей организаций [4].

Внутренний аудит системы экологического менеджмента — это систематический, независимый и документированный процесс получения объективных свидетельств и их объективной оценки для определения степени соответствия критериям аудита [5]. Основными

задачами внутреннего экологического аудита являются оценка эффективности действующей системы экологического менеджмента, изучение состояния окружающей среды и уровня ее загрязнения, разработка и анализ экологических рисков [2].

Внутренний аудит проводится в соответствии с требованиями стандарта ISO 19011, который определяет принципы проведения аудита, требования к разработке программы аудита, порядок проведения аудита и требования к компетентности аудиторов [5]. Внутренний аудит включает в себя следующие основные этапы: планирование аудита, подготовка к проведению аудита, проведение аудита на месте, подготовка отчета по результатам аудита и выполнение корректирующих действий [1].

2.1. Принципы организации внутреннего экологического аудита

Организация внутреннего экологического аудита должна основываться на принципах независимости, объективности, профессиональной компетентности аудиторов и конфиденциальности [5]. Важнейшим элементом эффективного аудита является разработка программы аудита, которая должна учитывать специфику деятельности предприятия, значимые экологические аспекты и риски [2].

Планирование внутренних аудитов осуществляется с учетом важности процессов и областей, подлежащих аудиту, а также результатов предыдущих аудитов. Частота проведения аудитов определяется самой организацией, но она должна быть достаточной для обеспечения эффективного функционирования системы экологического менеджмента [4]. Практика показывает, что комплексный подход к организации внутреннего аудита, включающий аудит различных элементов системы экологического менеджмента, позволяет получить наиболее полное представление о ее состоянии [3].

3. Повышение экологической культуры персонала

Экологическая культура персонала представляет собой систему ценностей, знаний, отношений и практических навыков, направленных на ответственное отношение к окружающей среде и рациональное использование природных ресурсов. Формирование экологической культуры является необходимым условием эффективного функционирования системы экологического менеджмента, поскольку именно персонал реализует природоохранные мероприятия на всех уровнях организации [6].

Повышение экологической культуры персонала должно осуществляться через систему экологического образования и просвещения, включающую обучающие программы и семинары, направленные на повышение природоохранной грамотности сотрудников [7]. Законодательство Российской Федерации требует обязательного прохождения экологического обучения руководителями и специалистами организаций, отвечающими за принятие решений в области охраны окружающей среды [6].

3.1. Методы развития экологической культуры

Развитие экологической культуры персонала предполагает реализацию комплекса мероприятий, включающих функциональное и развивающее обучение. Функциональное обучение связано с непосредственной трудовой деятельностью и включает обязательное ознакомление новых сотрудников с экологическими целями и задачами компании, а для опытных работников — экологическое обучение на рабочем месте [8]. Развивающее обучение предусматривает проведение тематических курсов, семинаров, конференций и мастер-классов по отдельным направлениям природоохранной деятельности, таким как раздельный сбор отходов, экономия энергоресурсов и экологически осознанное потребление [7].

Важным элементом повышения экологической культуры является интеграция экологических ценностей в корпоративную культуру предприятия. Экологические принципы должны быть отражены в миссии, целях и стратегии компании, что способствует формированию ответственного отношения сотрудников к вопросам охраны окружающей среды [8]. Создание системы мотивации и поощрения сотрудников за вклад в природоохранную деятельность, например программ признания экологических лидеров и команд, способствует повышению вовлеченности персонала [9].

3.2. Вовлечение персонала в экологическую деятельность

Эффективное вовлечение персонала в природоохранную деятельность предполагает создание механизмов для активного участия сотрудников в разработке и реализации экологических инициатив. Практика показывает, что вовлечение сотрудников в совместное создание устойчивых практик посредством подачи предложений и участия в корпоративных экологических проектах способствует формированию чувства личной ответственности за экологические результаты деятельности компании [3].

Организация волонтерских экологических мероприятий, таких как озеленение территорий, участие в природоохранных акциях и экологических субботниках, позволяет не только повысить осведомленность сотрудников, но и сформировать у них практические навыки природоохранной деятельности [7]. Создание в офисах инфраструктуры для раздельного сбора отходов, установка боксов для приема вторсырья делают участие в экологических инициативах простым и доступным для всех сотрудников [9].

4. Интеграция внутреннего аудита и развитие экологической культуры

Внутренний экологический аудит и развитие экологической культуры персонала являются взаимосвязанными и взаимодополняющими элементами системы экологического менеджмента. Результаты внутреннего аудита позволяют выявить пробелы в знаниях и компетенциях персонала, определить направления для совершенствования программ экологического обучения [1]. В свою очередь, высокий уровень экологической культуры персонала способствует более эффективному выполнению требований системы экологического менеджмента и снижению количества несоответствий, выявляемых в ходе аудита [2].

Практическая реализация комплексного подхода предполагает включение в программу внутреннего аудита оценки компетентности персонала в вопросах охраны окружающей среды, анализа эффективности системы экологического обучения и степени вовлеченности сотрудников в природоохранную деятельность [5]. По результатам аудита разрабатываются корректирующие меры, направленные не только на устранение выявленных несоответствий, но и на повышение осведомленности и мотивации персонала [10].

Мониторинг экологических показателей деятельности предприятия в рамках системы производственного экологического контроля позволяет оценить реальное воздействие на окружающую среду и эффективность принимаемых природоохранных мер [3]. Регулярный анализ данных мониторинга и результатов внутреннего аудита обеспечивает основу для постоянного совершенствования системы экологического менеджмента и развития экологической культуры организации [4].

5. Выводы

Организация эффективного внутреннего экологического аудита и повышение экологической культуры персонала являются ключевыми факторами успешного функционирования системы экологического менеджмента предприятия. Внутренний аудит, проводимый в соответствии с требованиями международных стандартов ISO 14001 и ISO 19011, позволяет своевременно выявлять несоответствия экологическим требованиям, оценивать риски и определять направления для улучшений.

Повышение экологической культуры персонала требует системного подхода, включающего экологическое образование и просвещение, интеграцию экологических ценностей в корпоративную культуру, создание системы мотивации и вовлечение сотрудников в природоохранную деятельность. Сочетание функционального и развивающего обучения обеспечивает формирование необходимых компетенций и ответственного отношения к вопросам охраны окружающей среды.

Интеграция процессов внутреннего аудита и развития экологической культуры создает синергетический эффект, способствующий повышению результативности системы экологического менеджмента. Использование результатов аудита для совершенствования программ экологического обучения и вовлечения персонала позволяет достигать целей устойчивого развития предприятия и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Дальнейшее развитие этого направления предполагает разработку количественных показателей оценки экологической культуры персонала и их интеграцию в систему ключевых показателей эффективности предприятия.

Список литературы

1. Макаров С.В. Развитие внутреннего аудита системы экологического менеджмента предприятия / С.В. Макаров // Вестник экономики. – 2011. – № 4. – С. 45-52.
2. Тарасова Л.В. Экологический аудит предприятия как инструмент обеспечения экологической безопасности / Л.В. Тарасова // Научные исследования. – 2019. – Т. 6. – № 3. – С. 129-146.
3. Бурак В.Е. Комплексная система экологического мониторинга предприятия / В.Е. Бурак // Экология и промышленность. – 2012. – № 2. – С. 34-39.

4. ГОСТ Р ИСО 14001-2016. Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 32 с.
5. ГОСТ Р ИСО 19011-2021. Оценка соответствия. Руководящие указания по проведению аудита систем менеджмента. – Москва: Стандартинформ, 2021. – 56 с.
6. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды: Федеральный закон № 7-ФЗ: [принят Государственной Думой 20 дек. 2001 г.: одобрен Советом Федерации 26 дек. 2001 г.]. – Москва: Проспект, 2020. – 78 с.
7. Апкин Р.Н. Экологический мониторинг: учебное пособие / Р.Н. Апкин, Е.А. Минакова. – 3-е изд., испр. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2020. – 156 с.
8. Бадмаева С.Э. Экологический мониторинг промышленно-урбанизированной территории / С.Э. Бадмаева // Вестник науки. – 2022. – Т. 4. – № 8. – С. 163-178.
9. Рубан К.В. Проблемы государственного экологического мониторинга: анализ и пути решения / К.В. Рубан // Экологический вестник. – 2024. – № 1. – С. 89-105.
10. Неверова О.П. Экологический мониторинг в зоне деятельности животноводческих предприятий: диссертация ... канд. биол. наук: 03.00.16 / О.П. Неверова. – Москва, 2019. – 184 с

УДК 37.091+37.033+371.3+812.014.3 EDN XDQTXO

Проектный и риск-менеджмент в педагогическом дизайне онлайн-курсов по английскому языку

М.А. Парфенова

Финансовый университет при Правительстве РФ, пр-кт Ленинградский, д. 49/2, Москва, 125167, Россия

E-mail: parfenovary@gmail.com

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию способов применения технологий и инструментов проектного и риск-менеджмента при педагогическом проектировании онлайн-курсов по английскому языку в условиях цифровой экономики и цифровизации образования. Также рассматриваются основные модели педагогического дизайна и возможность имплементации инструментов менеджмента в процесс разработки цифровых обучающих продуктов. В исследовании также предлагаются конкретные способы использования методов проектного и риск-менеджмента на каждом этапе проектирования образовательных продуктов.

Ключевые слова: проектный менеджмент, риск-менеджмент, педагогическое проектирование, онлайн-курс, цифровизация образования, модели педагогического дизайна.

Project and risk management in the instructional design of online English courses

M.A. Parfenova

Financial University under the Government of the Russian Federation, Leningradsky prosperk, 49/2, Moscow, 125167, Russia

E-mail: parfenovary@gmail.com

Abstract. This article explores the application of project and risk management technologies and tools in the pedagogical design of online English language courses in the context of the digital economy and the digitalization of education. It also examines key models of pedagogical design and the feasibility of implementing management tools in the development of digital learning products. The study also proposes specific approaches to using project and risk management methods at each stage of educational product design.

Keywords: project management, risk management, pedagogical design, online course, digitalization of education, pedagogical design models.

1. Введение

В настоящее время происходит интенсивная цифровизация всех уровней образования, цифровые технологии эффективно внедряются в систему общего, высшего, дополнительного, профессионального и корпоративного обучения. Этот процесс затрагивает все предметные области – от точных наук до изучения иностранных языков, изменяя не только формат обучения, но и инструменты, и подходы, которые используются при его организации. В то же время знание иностранных языков остается одним из распространенных требований для современного специалиста для совместной работы и взаимодействия с представителями других культур и языков [1].

В связи с описанными выше изменениями все большую роль начинает играть онлайн-формат, поддерживаемый цифровыми технологиями, образовательными платформами и мобильными приложениями. Однако наличие онлайн-курса по иностранному языку не может гарантировать его качественности, устойчивости на рынке, эффективности для обучающихся, так и для бизнеса, как B2C- (Business to Customer) продукта. Именно поэтому важны продуманное планирование, грамотное управление образовательным проектом и выявление рисков, как на этапе разработки и педагогического дизайна курса, так и во время его реализации.

2. Материалы и методы

Онлайн-курс по иностранным языкам является также проектом, который включает в себя различные этапы проектирования, в соответствии с проектным менеджментом, а также множество участников и ресурсов [2]. Среди основных проблем онлайн-курса как проекта можно выделить:

- несоблюдение сроков таймлайна, реализации каждого из этапов;
- недостаточная координация между методистами, экспертами-преподавателями и техническими специалистами;
- ограниченные ресурсы для качественной разработки, поддержки и обновлении контента онлайн-курса.

С точки зрения педагогического дизайна могут быть выделены следующие трудности:

- несоответствие содержания материалов уровню и потребностям целевой аудитории;
- низкий уровень вовлеченности обучающихся;

- низкий уровень мотивации пользователей;
- отсутствие планируемых образовательных результатов.

Таким образом, перечисленные выше трудности могут снижать эффективность курса как образовательного продукта и угрожать его устойчивости на рынке.

Более того, проектирование и разработка онлайн-курсов по иностранным языкам имеет ряд особенностей, определяющих специфику управления проектом, например, таких как регулярность практики, интерактивность, обратная связь. Курс должен обеспечивать постоянное взаимодействие обучающегося с преподавателем-экспертом и другими участниками, а также включать задания, ориентированные на развитие всех видов речевой деятельности. что требует четкого планирования разработки и внедрения курса в образовательные программы, а также системного управления рисками на каждом уровне.

Мультимедийный характер курса требует дополнительной координации и согласований между методистом и технической команды, так как ошибки в этих процессах чаще всего имеют организационный и технологический характер, например несоответствие сценария видеоматериала учебным целям, несовместимость контента с различными платформами, перегрузка интерфейса визуальными элементами. Именно проектный менеджмент позволяет избегать перечисленных трудностей за счет четкой документации, протоколирования решений и регулярных встреч по статусу проекта, благодаря чему можно контролировать ход разработки, своевременно выявлять слабые моменты и исправлять их.

3. Результаты и обсуждение

Использование методик и инструментов проектного и риск-менеджмента позволяет осуществить системный подход к разработке и дальнейшей эксплуатации онлайн-курса как образовательного продукта, минимизируя негативные последствия для пользователей и бизнеса. В то же время риск-менеджмент позволит выявить потенциальные угрозы на первых этапах проектирования курса, прогнозировать возможные трудности, а также разработать стратегии их минимизации, принимая в учет методические, организационные и технические аспекты. Совместное применение методов и инструментов проектного и риск-менеджмента способствует повышению качества образовательного продукта, удержанию и вовлечению пользователей, а также устойчивости курса на рынке.

Сложность разработки онлайн-курса с методической стороны как полноценного проекта требует комплексного и системного подхода к его проектированию. Ключевым

инструментом в методической организации контента курса является педагогический дизайн, предполагающий структурированное проектирование образовательных продуктов с опорой на педагогические теории и принципы для увеличения качества и эффективности обучения [3]. Таким образом, именно педагогический дизайн способствует организации образовательного курса, обеспечивая правильную структуру курса (от легкого к сложному), соответствие его содержания образовательным целям и потребностям пользователей. Существует несколько наиболее известных и широко применимых моделей педагогического дизайна:

- ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) – линейная модель, включающая в себя основные этапы анализы потребностей обучающихся, проектирования, разработки, реализации, оценки результатов [4]. Модель позволяет выявлять методические риски, распределять ответственность между членами команды и контролировать сроки создания онлайн-курса.
- SAM (Successive Approximation Model) – гибкая модель последовательного приближения с ориентацией на прототипы и регулярное тестирование итераций [5]. Эта модель может хорошо сочетаться с Agile моделью проектного менеджмента, минимизируя риски несоответствия продукта актуальной ситуации на образовательном рынке за счет регулярного тестирования и получения обратной связи.
- Backward design – модель обратного дизайна проектирования курса, в которой отправной точкой является образовательный результат [6]. То есть, разработка курса начинается с определения знаний, умений и навыков, которые должен приобрести пользователь, а затем формируется задания и методы оценки. Модель позволяет снизить риск несоответствия уровня заданий целям обучения и неэффективности содержания курса.

Использование описанных выше моделей при проектном управлении разработки онлайн-курсов позволяет создать четкую структуру курса и сформулировать конкретные цели, но, тем не менее, их реализация требует системного подхода к управлению, поскольку онлайн-курс является образовательным проектом, вне зависимости от аудитории, на которую он направлен. Проектный менеджмент обеспечивает организацию всех этапов разработки и реализации курса, начиная от анализа потребностей целевой аудитории и проектирования структуры до финального запуска и сбора обратной связи. Именно техники проектного менеджмента позволяют планировать этапы курсов, определять приоритеты задач,

распределять их между различными стейкхолдерами проекта – методистами, экспертами, дизайнерами, техническими специалистами, а также организовывать взаимодействие между различными участниками команды. Для этого могут использоваться следующие инструменты и методы проектного менеджмента:

- Диаграммы Ганта, позволяющие визуализировать этапы курса, установить конкретную последовательность задач [5], а также проектировать сроки завершения каждого из этапов разработки онлайн-курса. Таким образом, команда может запланировать реализацию каждого модуля и элемента и образовательного продукта.
- Scrum – методология управления, при которой проект делится на короткие этапы (спринты), позволяющая разрабатывать онлайн-курс поэтапно, адаптировать его под актуальные потребности обучающихся, вносить корректировки в контент на основе тестирования и обратной связи, что особенно важно для интерактивных материалов языковых образовательных продуктов.
- Kanban – метод, позволяющий визуализировать процесс разработки продукта, четко сформулировать поставленные задачи и распределить их между членами командами. Таким образом, каждый этап будет прозрачен для членов команды, а проектный менеджер сможет контролировать процесс работы.
- Метод планирования ресурсов, способствующий корректному распределению ролей и обязанностей между методистами, экспертами, дизайнерами, разработчиками и менеджером, обеспечивая эффективное взаимодействие внутри команды.
- Чек-листы могут быть использованы для стандартизации процессов разработки контента, так как модули могут быть основаны на экспертизе разных преподавателей, для мониторинга соблюдения сроков и этапов проекта, проверки соответствия нормативным и юридическим требованиям, контроля оценочных инструментов, управления обратной связью и ее дальнейшей имплементации, проверки технической совместимости с платформой системы управления обучением (LMS), а также проверки соответствия контента.
- Регулярные встречи с целью синхронизации задач и результатов по проекту, обеспечивающих прозрачность проекта, а также позволяющих своевременно выявлять проблемы и проектировать дальнейший план действий.

Использование этих инструментов позволяет сделать разработку курса управляемым проектом, в котором каждый этап формализован, где ресурсы и роли корректно распределены. Такой системный подход позволяет контролировать и качество, и сроки реализации проекта.

Несмотря на то что проектный менеджмент позволяет планировать каждый этап курса, распределять роли и следить за качеством контента, успешный выпуск курса невозможен без работы с возможными угрозами и неопределённостями. В этом контексте на первое место выходит риск-менеджмент, который позволяет прогнозировать, вовремя выявлять и минимизировать негативные для бизнеса последствия, обеспечивая успешную реализацию продукта.

Риск-менеджмент – системный процесс идентификации, анализа, оценки и управления потенциальными угрозами [7], которые могут повлиять на успешную реализацию образовательного проекта. При рассмотрении онлайн-курсов можно выделить следующие этапы риск-менеджмента:

- Идентификация рисков – выявление возможных проблем и трудностей на всех этапах проекта – от проектирования курса до его финального запуска на аудиторию.
- Анализ и оценка рисков – определение вероятности возникновения и влияния каждого риска на успешность реализации проекта и его качество.
- Планирование реагирования – разработка стратегии минимизации или устранения рисков, направленных на предотвращение, снижении или компенсацию последствий возможных угроз.
- Мониторинг и контроль – постоянное отслеживание рисков, проведение оценки рисков и эффективности принятых мер и внесения корректировок в процессе реализации курса.

Кроме того, необходимо классифицировать риски, которые могут возникнуть в ходе проектирования и выпуска онлайн-курса:

- Методические риски – несоответствие уровня материала потребностям обучающихся или их уровняю владения иностранным языком, перегрузка обучающихся, слишком упрощенный контент, несоответствие выбранных методик целям обучения, недостаточность разнообразия заданий, направленных на развитие различных навыков.
- Организационные риски – нехватка квалифицированных экспертов, их отказ от участия в проекте, срывы сроков, проблемы в коммуникации при проектировании контента

курса, несогласованность материалов, неэффективное использование ресурсов, высокая текучесть специалистов.

- Технологические ресурсы – сбои платформы управления обучением (LMS), несовместимость с устройствами (мобильные устройства, планшеты), неточности и ошибки в мультимедийном контенте, недостаточная пропускная способность сервера при высоком спросе, некорректная работа с персональными данными, а именно их удалением.
- Социальные риски – низкая активность и вовлеченность обучающихся, отсутствие мотивации к самостоятельному обучению, риск потери регулярной практики, что характерно для языковых курсов, отсутствие живого общения, недостаток поддержки со стороны группы сопровождения или сообщества обучающихся.

Вместе эти риски формируют многоуровневую систему угроз, которые влияют не только на качество и эффективность, но и на устойчивость и развитие продукта на рынке онлайн-образования. Управление ими требует интеграции инструментов проектного менеджмента, риск-менеджмента и педагогического проектирования.

Таким образом, риск-менеджмент должен охватывать все этапы проектирования онлайн-курса по иностранным языкам в рамках жизненного цикла проекта, а именно:

1. Этап проектирования. В рамках данного этапа проводится анализ рисков, которые связаны с целевой аудиторией курса, технологической и методической базой. Например, риск несоответствия уровня курса требованиям целевой аудитории, или несоответствие возможностей выбранной LMS-платформы функциональным требованиям курса.
2. Этап разработки. В этот период необходимо реализовать стратегии предотвращения ошибок, а именно создание стандартов, чек-листов контроля качества, проведение внутреннего тестирования, контроль педагогической экспертизы.
3. Этап запуска. В ходе данного этапа особое внимание уделяется техническим рискам, проводится тестирование платформы на стабильность, нагрузку, качество коммуникации на платформе, путей пользователя. Также тестируется и сам курс, корректно ли он работает, выдает правильный результат оценки.
4. Этап сопровождения и обновления курса. На этом этапе необходимо анализировать обратную связь, данные аналитики, оценивать эффективность решений, а также

выявлять новые риски, которые связаны с изменением образовательных потребностей, стандартов и технологий.

Могут быть предложены следующие инструменты минимизации рисков при работе над проектом по разработке онлайн-курса:

- Модульное проектирование курса с использованием модели SAM. Такой подход к разработке позволяет оперативно выявлять и заменять элементы курса, не нарушая процесс проектирования.
- Метод экспертной оценки. Необходимо привлекать сторонних экспертов для анализа контента на соответствие уровня сложности и целям обучения, определенным ранее.
- Тестирование с фокус-группой. Проведение пробного запуска курса позволит выявить методические и технические неточности до вывода продукта на рынок.
- Составление RACI-матриц и диаграмм Ганта. Эти инструменты позволяют четко определить зоны ответственности каждого участника команды, а также зафиксировать все этапы курса и задачи.
- Использование цифровых систем управления проектами (Jira, Trello, Notion). Данные системы позволяют всем участникам команды отслеживать задачи, сроки, ответственных и своевременно обновлять информацию.
- Применение гибких методологий управления (Scrum, Kanban, Agile). Благодаря использованию этих методологий можно контролировать процесс разработки курса, сроки, а также регулярно проверять результаты работы.
- Регулярная коммуникация и протоколирование встреч. Этот инструмент позволит сохранить прозрачную коммуникацию между всеми участниками команды, а документирование итогов этих встреч позволяет зафиксировать моменты, которые были выявлены.
- Многоуровневое тестирование платформы. Необходимо тестировать функциональность платформы под различной нагрузкой с целью предотвращения возникновения технических сбоев после запуска курса.
- Кроссплатформенное тестирование. Важно до запуска продукта на рынок протестировать корректность его работы на разных устройствах, оперативных системах и браузерах.

- Подключение систем аналитики или настройка внутриплатформенной аналитики. Инструмент позволит отследить ключевые образовательные метрики, которые в дальнейшем должны быть использованы при развитии курса и проектировании новых обучающих продуктов.
- Разделение серверных сред. Можно разделить среды на тестовую и учебную, что позволит предотвратить сбои в системах и ошибки при обновлении контента.
- Проектирование плана аварийного восстановления. Менеджер проекта должен иметь резервную копию данных, а также инструкцию по восстановлению системы и доступов на случай сбоев в работе платформы или курса.
- Внедрение системы оперативной обратной связи и поддержки. Пользователям должна быть доступна быстрая обратная связь и ответы на их вопросы со стороны эксперта или технической поддержки.

Применение описанных выше инструментов позволяет менеджеру создать предиктивную систему управления рисками, при которой возможные угрозы предотвращаются заранее, а в случае возникновения могут быть оперативно устранены без влияния на пользователя и образовательный продукт.

4. Заключение

Таким образом, в условиях современной цифровой образовательной среды создание онлайн-курса представляет собой многоуровневый проект, включающий в себя различные аспекты. В этих условиях проектный менеджмент и его технологии и инструменты позволяют грамотно структурировать весь процесс разработки курса, обеспечив координацию команды, прозрачность коммуникации, эффективное распределение ресурсов проекта, контроль качества и сроков реализации задач. Риск-менеджмент также играет важную роль при проектировании курса в совокупности с проектным менеджментом, поскольку использование инструментов риск-менеджмента позволяет классифицировать угрозы, своевременно выявлять их и предотвращать.

Использование проектного и риск-менеджмента при разработке онлайн-курса позволяет формирует целостную модель управления продуктом, обеспечивая его эффективность, устойчивость и соответствие потребностям целевой аудитории. Такой подход повышает качество финального продукта, усиливает репутацию бренда на образовательном

рынке, повышает конкурентоспособность в EdTech сфере, оптимизирует жизненный цикл продукта, сокращает операционные риски и потери и способствует дальнейшему развитию и расширению.

Список литературы

1. Трофименко Марина Павловна. Подготовка современного специалиста в контексте проблено-информационного подхода (на примере обучения иностранному языку / Марина Павловна Трофименко, Наталья Николаевна Осипова, Диана Мусаевна Абдуразакова // Вестник НВГУ. – 2024. – № 3. – С. 111-122.
2. Корнеева Ирина Вадимовна. Особенности применения проектного подхода в онлайн-образовании / Ирина Вадимовна Корнеева // Проблемы современного образования. – 2023. – №5. – С. 199-204.
3. Бужинская Надежда Владимировна. Особенности педагогического дизайна дистанционного курса / Надежда Владимировна Бужинская, Елена Сергеевна Васева, Денис Федорович Терегулов // Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2022. – № 3 (47). – С. 44-51.
4. Луканина Мария Владимировна. Модель ADDIE в педагогическом дизайне: практический опыт НИТУ МИСИС / Мария Владимировна Луканина, Светлана Григорьевна Меркулова // Высшее образование в России. – 2023. – № 10. – С. 152-166.
5. Малышева Анна Константиновна Выбор оптимального программного продукта для календарного планирования стратегии развития компании / Анна Константиновна Малышева, Афсана Магомедовна Абдуллаева // Вестник кибернетики. – 2024. – Т 23. – № 1. – С. 47-53.
6. Калмыкова Светлана Владимировна. Модель педагогического дизайна с опорой на образ результата для гетерогенных дисциплин / Светлана Владимировна Калмыкова, Ирина Владимировна Шошмина // Концепт. – 2025. – № 5. – С. 196-210.
7. Юлгушев Артур Мифтяхович. Эволюция методов и инструментов риск-менеджмента / Артур Мифтяхович Юлгушев // Вестник Академии знаний. – 2024. – № 6 (65). – С. 1316-1321.

VI Всероссийская (национальная) научная конференция: «Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий» (НТО-VI-2025)

17 (2025)

УДК 614-841

EDN TJIASS

Разработка дополнительного пожарного оборудования для тушения степных пожаров

Д.С. Асташов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждения высшего образования «Забайкальский государственный университет», г. Чита, Россия

E-mail: astasovdmitrij2@gmail.com

Аннотация. Степные пожары в настоящее время являются масштабным стихийным бедствием и все чаще носят катастрофические последствия для природы и человека. Сильный ветер особенно в весенне-осенний период может разогнать фронт огня со скоростью 25-45 км/ч делая пожар неуправляемым. Все это приводит к экологическим, экономическим, долгосрочными цепным (снижения биоразнообразия изменение экосистем опустынивание) последствиям. Существующая методика тушения степных палов и применяемое оборудование не всегда эффективны. На сегодняшний день существует необходимость в разработке и модернизаций дополнительного оборудования применяемое для тушения степных палов. Особую востребованность в таком оборудование испытывают малочисленные и отдаленные от населенных пунктов пожарно-спасательные части. В научной статье рассматривается методика тушения степных пожаров, применяемая в малочисленных пожарно-спасательных частях в районах Забайкальского края. Предложена система дополнительного пожарного оборудования, работающая по принципу поливочной машины для тушения степных пожаров и орошения минерализованных полос устанавливающая на пожарный автомобиль работающая от центробежного пожарного насоса. Рассчитаны основные характеристики данного оборудования, принцип работы, так же предложена область применения и экономические затраты для изготовления оборудования.

Ключевые слова: пожарное оборудования, степные пожары, пожарный автомобиль.

Development of additional firefighting equipment for extinguishing steppe fires

D.S. Astashov

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Transbaikal State University", Chita, Russia

E-mail: astasovdmitrij2@gmail.com

Abstract. Steppe fires are currently a large-scale natural disaster and increasingly lead to catastrophic consequences for nature and humans. Strong winds, especially in the spring and autumn periods, can drive the fire front at speeds of 25-45 km/h, making the fire unmanageable. All this leads to environmental, economic, and long-term chain consequences (reduction of biodiversity, changes in ecosystems, desertification). Existing methods for extinguishing steppe burns and the equipment used are not always effective. Today, there is a need for the development and modernization of additional equipment used for extinguishing steppe burns. Small and remote fire and rescue units located far from populated areas have a particular need for such equipment. This scientific article discusses the method of extinguishing steppe fires used by small fire and rescue units in the districts of the Zabaykalsky Krai. A system of additional fire equipment operating on the principle of a watering truck for extinguishing steppe fires and irrigating mineralized strips is proposed. It is designed to be installed on a fire truck and operated from a centrifugal fire pump. The main characteristics of this equipment, its operating principle, as well as its area of application and the economic costs for its manufacture are presented.

Keywords: firefighting equipment, steppe fires, fire truck.

1. Введение

С наступлением весенне-осеннего периода число и площадь лесных пожаров в Забайкальском крае достигает максимальных показателей, данная проблема носит характер чрезвычайной ситуаций не только регионального, но и федерального значения. В 2024 году зарегистрировано анти рекордное количество лесных пожаров в Забайкалье. В регионе возникло — 1405 очагов. В России 25 % общей площади лесных пожаров пришлось на Забайкальский край. На период 2025 года площадь лесных и степных пожаров возросла в десять раз. Все это приводит к большим экономическим затратам и самое главное наносит колоссальный экологический ущерб уничтожению ресурсов (лес, различные виды кустарников такие как занесённый в красную книгу рододендрон даурский, различные виды животных и т.д.). Возникшую проблему можно решить на ранней стадии тушения пожаров с внедрением новых технологий и оборудования. При написании статьи автором была рассмотрена методика тушения степных пожаров в малочисленных пожарно-спасательных частях в регионах Забайкальского края. Так же было разработано и апробировано оборудование для тушения степных пожаров.

2. Методика тушения степных пожаров в малочисленных пожарно-спасательных частях в регионах Забайкальского края

Основными методами является: захлестывание, засыпка грунтом, отжиг, применение воды и различного рода огнетушащих веществ. Все эти методы требуют большое количество сил и средств. В ряде регионов Забайкальского края на боевое дежурство заступает три, а то и два человека личного состава пожарно-спасательных частей. Так же существуют такие населенные пункты где нет пожарных частей, а ближайшие части отдалены на десятки километров. При поступлении вызова на пункт связи согласно боевого устава подразделений пожарной охраны [1-2]. Отделение выдвигается на место тушения в составе дежурного караула состоящий из трех человек, водитель пожарного автомобиля, начальник караула и пожарный. Тушение происходит с использованием РЛО (ранец лесного огнетушителя) или при помощи рукавной линий с подключёнными пожарными стволами[3]. Что не дает эффективных показателей особенно когда площадь пожара уже значительно велика. В сухую ветреную погоду характерную для Забайкальского края площади возгорания увеличиваются мгновенно. В сложившийся ситуации самым главным моментом нужно как можно раньше

локализовать огонь на ранней стадии его развития. Существуют различные новые методы, оборудования для борьбы с огненной стихией. Одно из оборудований работающего по принципу поливочной машины устанавливаемый на пожарный автомобиль мною предложено в данной статье.

3. Разработка дополнительного пожарного оборудования для тушения степных пожаров

В основу разработки взята труба изготовленный из метала диаметром 50 мм. На данную трубу в центральной части установлены два пластиковых распылителя с регулирующим углом подачи воды. Способные не только тушить и проливать степной пал, но и делать водяную занавесу для сохранения физико-химических свойств автомобиля. По краям размещены два металлических распылителя изготовлены из трубы диаметром 32 мм имеющие прорези под углом 45 град. Данная конструкция устанавливаться на переднею траверсу пожарного автомобиля АЦ-40 на базе ЗИЛ 130 (63) б при помощи двух болтов диаметром на 14 мм что позволят производить быстрый монтаж. С помощью соединительной гайки пожарной диаметром 51мм трубу подключаем с центробежным насосом ПН 40 через пожарный гибкий рукав[4-6]. (рисунок 1).

Рисунок 1. Поливочная труба для тушения степных палов.

3.1. Принцип работы дополнительного пожарного оборудования

При включении центробежного насоса и открывании запорной арматуры на пожарном автомобиле вода по магистральной линии заполняет поливочную трубу. Проходя распылители вода в мелкодисперсном состояний покрывает обильно грунт позволяя тушить степной пожар. Так же по принципу подвижности распылителей меняется угол распыления и делается водяная занавеса способная сохранять физико-химические свойства автомобиля от высокой температуры, пламени, искр. При движении автомобиля увеличивая обороты двигателя увеличивается дальность струи.

3.2. Основные характеристики

Основной расчет расхода воды поливочной трубы рассчитываем по формуле Q=V/t [7] (формула 1). Время опустошения цистерны при давлении 0.4МПа составило32 минуты. Объем пожарного автомобиля АЦ-40 63 (б) на базе ЗИЛ 130 составляет 2360 литров.

Q-расход воды (л/мин)

V-объем цистерны (литры)

t-время опустошения цистерны (мин)

$$Q=V/t \quad Q=2360\text{лит}/32\text{мин}=73{,}75\text{лит/мин} \qquad (1)$$

Площадь захвата полива составляет три метра. Длина водной струи достигает четырех метров.

4. Предлагаемая область применения дополнительного пожарного оборудования

Данное пожарное оборудование можно использовать не только при тушение степных палов, но орошать минерализованные полосы благодаря большой площади полива не давая огненной стихи перейти эти полосы. Так же эффективно использовать при смывании различных проливов нефтепродуктов, химических веществ и проводить дезинфекцию поверхности грунта.

5. Экономические затраты для изготовления дополнительного пожарного оборудования

Средняя стоимость закупочных материалов в регионе Забайкальского края приведена в таблице 1.

Таблица 1. Стоимость закупочных материалов.

Наименование	Цена
Труба металлическая d- 50мм L-250мм	700 руб.
Гайка пожарная d-51	250 руб.
Фланец соединительный d-32 2 шт	350 руб.
Сгон металлический d-32 2 шт	400 руб.
Распылитель высокого давления 2 шт	1800 руб.
	Итого= 3500 руб.

6. Вывод

Актуальность разработки дополнительного пожарного оборудования (поливочная труба) обусловлена снижением затраты сил и временем занимаемое для локализации пожара. При помощи данного оборудования эффективность тушения повышается на ранней стадии, когда сил и средств не хватает для локализации пожара. Тушение может производиться одним водителям пожарного автомобиля. Все это позволит не допускать выхода из-под контроля ситуации. На сегодняшний день поливочная труба используется пожарно-спасательной частью № 34 пгт Вершино-Дарасунский Забайкальский край.

Список литератур

1. Федеральный закон "О пожарной безопасности" от 21.12.1994 N 69-ФЗ.
2. Орловский С.Н. Борьба с лесными, степными и торфяными пожарами / С.Н. Орловский. – Красноярск: Краснояр. гос. ун-т, 2016. – 250-254 с.
3. Приказ МЧС России от 16 сентября 2024 г. № 777 "Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ" (документ не вступил в силу).
4. Моисеев Ю.Н. Пожарная техника. Книга 3, Пожарно-техническое и аварийно-спасательное оборудование / Ю.Н. Моисеев, В.В. Теребнев, Р.И. Харламов. – Екатеринбург, 2019. – 74-90 с.

5. Жиздюк А.А. Машины и оборудование природообустройства, строительства и защиты в чрезвычайных ситуациях / А.А, Жиздюк, В.Н. Буйлов, Р.Н. Бахтиев, Д.А. Колганов // – Издательство: Лань, 2025. – 97-103, 218-223 с.
6. С.К. Сафронов Пожарно-спасательная техника и оборудование. учебное пособие / С.К. Сафронов. – Ульяновск, 2004. – 38-40 с.
7. Кустарев, Г.В. К946 Поливомоечные и комбинированные дорожные машины: Устройство, основы расчета: учеб. пособие / Г.В. Кустарев, Р.Г. Данилов, Н.М. Андрюхов; под общ. ред. канд. техн. наук, проф. Г.В. Кустарева. – М.: МАДИ-, 2023. – 27-30, 149-155 с.

УДК 336.67
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.3018

EDN LOHTTO

Подходы к совершенствованию управления источниками финансирования предприятия нефтяной отрасли в условиях ESG трансформации

Д.В. Войко[1*], А.В. Войко[2]

[1]Государственный университет управления, Рязанский пр-т, д.99, Москва, 109542, Россия
[2]Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Мясницкая улица, д. 20, Москва, 101000, Россия

[*]E-mail: dv_voyko@guu.ru

Аннотация. В статье рассмотрены современные подходы к совершенствованию управления источниками финансирования нефтяной отрасли в условиях активного развития ESG-трансформации. Проведен анализ структуры и классификации источников капитала, выявлены основные вызовы, связанные с интеграцией экологических, социальных и управленческих факторов в финансовую стратегию предприятий. Оценено влияние ESG-факторов на стоимость привлечения капитала и кредитоспособность компаний, а также возможности применения зеленых финансовых инструментов и IT-технологий для повышения эффективности финансового менеджмента. Результаты исследований раскрывают перспективы формирования сбалансированной структуры капитала с учетом санкционных ограничений и макроэкономических рисков. Представлены практические рекомендации для повышения устойчивости и инвестиционной привлекательности нефтегазового сектора, способствующие достижению целей устойчивого развития. Особое внимание уделяется необходимости интеграции ESG-принципов в финансовое планирование и построению эффективных механизмов управления капиталом, которые позволяют минимизировать риски и обеспечить долгосрочную конкурентоспособность отрасли. Рассмотрены возможности цифровизации финансовых процессов и применения инновационных инструментов для адаптации бизнеса к быстро меняющимся экономическим и экологическим условиям. Такой комплексный подход способствует развитию нефтяного сектора в соответствии с требованиями устойчивого развития и актуальными мировыми трендами.

Ключевые слова: источники финансирования, нефтяная отрасль, ESG, устойчивое развитие, структура капитала, зеленое финансирование.

Approaches to improving the management of sources of financing for oil industry enterprises in the context of ESG transformation

D.V. Voyko[1*], A.V. Voyko[2]

[1]The State University of Management, 99 Ryazansky Prospekt, Moscow, 109542, Russia
[2]National Research University «Higher School of Economics», 20 Myasnitskaya Ulitsa, Moscow, 101000, Russia

*E-mail: dv_voyko@guu.ru

Abstract The article discusses modern approaches to improving the management of sources of financing for the oil industry in the context of the active development of ESG transformation. The analysis of the structure and classification of capital sources has been carried out, and the main challenges associated with the integration of environmental, social and managerial factors into the financial strategy of enterprises have been identified. The impact of ESG factors on the cost of raising capital and the creditworthiness of companies, as well as the possibility of using green financial instruments and IT technologies to improve the efficiency of financial management, is assessed. The research results reveal the prospects for the formation of a balanced capital structure, taking into account sanctions restrictions and macroeconomic risks. Practical recommendations for increasing the sustainability and investment attractiveness of the oil and gas sector, contributing to the achievement of sustainable development goals, are presented. Particular attention is paid to the need to integrate ESG principles into financial planning and to build effective capital management mechanisms that minimize risks and ensure the long-term competitiveness of the industry. The possibilities of digitalization of financial processes and the use of innovative tools to adapt businesses to rapidly changing economic and environmental conditions are considered. This integrated approach contributes to the development of the oil sector in accordance with the requirements of sustainable development and current global trends.

Keywords: sources of financing, oil industry, ESG, sustainable development, capital structure, green financing.

1. Введение

Нефтяная отрасль традиционно является одним из основополагающих секторов экономики, обеспечивая значительный вклад в ВВП, валютные поступления и бюджет страны. В современных условиях устойчивое развитие нефтегазового сектора требует комплексного подхода к управлению финансовыми ресурсами с учетом глобальных вызовов, в первую очередь обусловленных экологической трансформацией и повышением требований к социальной ответственности бизнеса. Переход к ESG-стандартам (Environmental, Social, Governance - ESG) оказывает существенное влияние на финансовую политику компаний, оказывая давление на источники финансирования, их стоимость и структуру. Оптимизация источников капитала и интеграция экологических и социальных стандартов становятся необходимостью для сохранения конкурентоспособности и финансовой устойчивости компаний. В этой связи становится актуальной задача поиска и внедрения эффективных подходов совершенствования управления источниками финансирования, способствующих снижению рисков и повышению прозрачности бизнеса.

Тематика источников финансирования активно обсуждается в научном сообществе и публикуется множество различных точек зрения на их определение и классификацию [1, 2, 3]. Так, Константинов В.В. рассматривает источники финансирования организации как «ресурсы для осуществления деятельности: покупки активов, совершения операций и другие» [4]. При этом в данной работе источники финансирования предприятия интерпретируются в качестве субъектов, задача и цель которых заключается в обеспечении необходимыми ресурсами в требуемом количестве.

Согласно Тюрину С.Б. и Бурыкину А.Д. под источниками финансирования подразумеваются «собственные средства и средства хозяйствующих и иных субъектов финансового рынка (инвестиционной деятельности), направляемые на финансирование производственно-хозяйственной и инвестиционной деятельности предприятия» [5].

Исходя из вышеперечисленных мнений, можно сформулировать следующее более полное понятие. Источники финансирования – совокупность всех доступных предприятию (собственных, заемных, привлеченных) финансовых ресурсов, а также субъектов и каналов их поступления, предназначенных для обеспечения текущей деятельности предприятия,

выполнения финансовых обязательств, осуществления капитальных вложений, в том числе модернизации, расширения производства и инвестиционного развития.

Анализируя источники финансирования, различные авторы классифицируют их по ряду критериев, которые отражают финансовые потребности организации в определенных условиях. Существующие в научной литературе классификации направлены на формирование структуры источников финансирования предприятия, обеспечивающей наиболее рентабельную и финансово устойчивую систему финансового обеспечения предприятия.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Эффективное и рациональное использование источников финансирования предприятия играет ключевую роль в обеспечении платежеспособности и кредитоспособности предприятия, а также в предотвращении банкротства и поддержании финансовой устойчивости и инвестиционной привлекательности организации. Оценка эффективности использования источников финансирования – главная задача руководителей компании при разработке финансовой и инвестиционной стратегии компании. На основе данного анализа и матрицы рисков предприятия формируются управленческие решения в области диверсификации и определения соотношения источников финансирования, что позволяет не только минимизировать стоимость капитала и риски ликвидности, но и повысить инвестиционную привлекательность организации.

Научные подходы к оценке эффективности использования источников финансирования предлагают множество различных механизмов выявления наиболее выгодных для предприятия путей привлечения капитала, которые в совокупности предоставляют возможность финансовому менеджменту принимать обоснованные финансовые решения.

Во время оценки также необходимо учитывать геополитическую обстановку, так как в трудных экономических ситуациях в стране становиться дорого и сложно получить кредитные источники финансирования, в том числе слишком растянут по времени процесс получения данных источников, что приводит к выводу о необходимости привлечения альтернативных источников финансирования, что значительно повышает конкурентоспособность предприятия [6].

При анализе предприятия одним из ключевых факторов обеспечения экономической безопасности предприятия являются его финансы, оптимальное функционирование которых зависит от совокупности основных показателей. Одним из главных показателей является соотношение и доля источников финансирования, а именно обеспеченность собственными источниками, которые помогают предприятию поддерживать целевой уровень финансовой устойчивости при снижении рисков дефолта и балансовой ликвидности [7]. Таким образом источники финансирования определяют ряд факторов, по которым можно понять положение предприятия, а именно оказывают непосредственное влияние на рентабельность собственного и всего капитала, эффективность использования основных и оборотных производственных фондов и многие другие факторы, которые являются катализаторами инновационного развития предприятия.

Выбор самого метода оценки зависит от множества факторов, включая отраслевую специфику предприятия, его структуру источников финансирования и, в целом, масштабы бизнеса и стратегические и тактические цели стейкхолдеров. Однако ни один метод не может дать достоверную и полную оценку без учета внешних геополитических и конъюнктурных факторов, которые включают налоговое регулирование и экологическое, социальное и корпоративное управление, а также матрицы рисков. Корректная оценка эффективности использования источников финансирования повышает качество принимаемых управленческих решений и усиливает конкурентоспособность компании в отрасли и на рынке в целом. Данные, полученные при проведении правильной оценки, становятся фундаментальной основой для оптимизации структуры источников финансирования нефтяной отрасли с учетом трансформационных требований ESG и внешнеполитических ограничений, направленных на повышение устойчивости и инвестиционной привлекательности отрасли.

3. Методы и материалы исследования

Материалы исследования основаны на данных крупнейших российских нефтяных компаний и современных научных публикациях, а также данных Росстата. В настоящей работе использованы методы системного финансового анализа динамики финансирования компаний нефтяной отрасли, оценка эффективности источников капитала с применением коэффициентных моделей, финансового рычага и показателей EVA.

4. Полученные результаты

Нефтяной сектор характеризуется высокой капиталоемкостью и значительным объемом долгосрочных инвестиций. Государственная поддержка играет важную роль в обеспечении доступности капитала для инновационных и экологически ориентированных проектов. Главной составляющей государственной поддержки предприятий нефтяной и других отраслей, пострадавших от санкционного давления, выступает программа выдачи бюджетных ассигнований в виде грантов на оплату высокотехнологичного процесса разработки – обратного инжиниринга недоступных в России необходимых изделий [8]. В рамках данной программы с 2022 по 2024 года были поддержаны 36 проектов, потребителями которых являлись нефтяные компании, на сумму свыше 1,9 млрд рублей, при субсидировании каждого проекта в рамках 80% от размера проекта с верхним пределом в 100 млн рублей [9].

Рассмотрим общую статистику формирования капитала в нефтяной отрасли в крупнейших российских компаниях. Она представлена на рис. 1.

Рисунок 1. Структура капитала крупнейших компаний нефтяной отрасли России на 2024 год (Источник: составлено автором).

На основании данных, представленных на рисунке 1, можно отметить, что компании нефтяной отрасли демонстрируют заметное разнообразие в структуре капитала, что отражает различия в стратегиях финансирования и уровнях финансовой устойчивости. Наиболее устойчивую финансовую позицию имеют компании с высоким соотношением собственного капитала, что свидетельствует о меньшей зависимости от заемных средств и, как следствие, снижении финансовых рисков. Акцент на собственном капитале важен в условиях санкционных ограничений и геополитической нестабильности, так как доступ к внешним

заемным источникам ограничен, что заставляет компании искать баланс между внутренними резервами и заемными средствами.

Разнообразие структуры капитала отражает необходимость диверсификации источников финансирования для обеспечения гибкости и адаптивности бизнеса в условиях нестабильной экономической и экологической среды, включая требования ESG.

Для эффективного управления источниками финансирования и, следовательно, обеспечения проведения бесперебойных финансовых потоков, не создающих кассовых разрывов, необходимо внедрять современные IT-решения и технологии. В нынешних условиях автоматизация финансовых процессов на предприятии, применение систем бизнес-аналитики (далее – BI-систем) и IRP систем и иных инструментов повышает способность компании проводить долгосрочные стратегические прогнозы, подкрепленные финансовыми моделями, и планировать все виды деятельности по финансовым потокам. В то же время, использование технологий Big Data и искусственного интеллекта упрощает анализ внешних макроэкономических факторов, которые не могут быть охвачены внутренними системами.

Интеграция ESG-стандартов увеличивает требования к прозрачности и ответственности нефтяных компаний. Несоблюдение ESG-критериев ведет к повышению кредитных рисков, ухудшению условий финансирования и репутационным потерям. При этом соблюдение ESG-факторов способствует доступу к более выгодным финансовым продуктам и снижению стоимости капитала. Компании активно формируют стратегии управления ESG-рисками, включающие оценку углеродного следа, управление экологическими проектами и социальными инициативами.

В мировой практике современные концепции формирования и управления структурой источников финансирования нефтегазовой отрасли все более активно учитывают различные ESG факторы и переход на низкоуглеродную энергетику, так как постоянное давление и ожидания инвесторов и акционеров требуют от нефтяных компаний повышения ответственности и перехода к «зеленым» проектам [10]. По оценкам S&P Global, в следующие десятилетия произойдет глобальное снижение спроса на углеводороды, что приведет к ухудшению конкурентоспособности нефтяных компаний и повысит стоимость заемного капитала, так как отсутствие прежнего уровня потребности в нефтяных продуктах и возможные штрафы, связанные с выбросами парниковых газов, повышает кредитные риски

предприятий нефтегазового сектора [11]. Основываясь на схожих прогнозах и иных факторах, инвесторы часто требуют более высокую доходность от деятельности организаций, которые имеют высокий уровень выбросов, что приводит к увеличению WACC для всего сектора. Однако, в то же время активное применение зеленых финансовых инструментов, таких как инвестиции в возобновляемые проекты, способствует улучшению репутации компании и снижению стоимости заимствования за счет получения льготных условий кредитования. Таким образом, с учетом этих факторов финансовые и инвестиционные стратегии нефтяных компаний все чаще интегрируют ESG-риски в методы оценки стоимости источников финансирования и, впоследствии, формирования структуры капитала и принятия важных инвестиционных решений.

5. Выводы

Управление источниками финансирования нефтяной отрасли в эпоху ESG-трансформации требует стратегической переориентации на устойчивость и прозрачность. Применение комплексного подхода, включающего оптимизацию структуры капитала, интеграцию ESG-рисков и использование цифровых технологий, обеспечивает повышение финансовой устойчивости и развития сектора в условиях внешних вызовов. Данные меры способствуют не только снижению рисков, но и росту инвестиционной привлекательности компаний, что критически важно для поддержки устойчивого развития территорий.

Учет санкционных рисков и макроэкономических факторов обеспечивает адаптивность финансовой стратегии. Представленные подходы могут быть эффективно внедрены в практику управления нефтегазовыми предприятиями для достижения целей устойчивого развития.

Список литературы

1. Арутюнян С.А. Популярные источники финансирования корпорации и их риски / С.А. Арутюнян // Модели инновационных решений повышения конкурентоспособности отечественной науки: сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции, Омск, 22 июня 2021 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2021. – С. 89-91. – EDN CAAZFL.

2. Поддубная З.В. Финансы предприятия и особенности распределения финансовых потоков / З.В. Поддубная, С.В. Каунова // Актуальные проблемы экономики, финансов и образования в условиях цифровизации : материалы национальной межвузовской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Балашиха, 24 ноября 2021 года. – Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2022. – С. 240-243. – EDN CPDTUZ.
3. Сунегина И.Ю. Финансирование негосударственных образовательных учреждений: источники финансирования и их особенности / И.Ю. Сунегина // Актуальные вопросы развития национальной экономики: Материалы IX Международной научно-практической конференции, Пермь, 29 апреля 2020 года. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2020. – С. 216-222. – EDN TZOAMU.
4. Константинов В.В. Оптимальные источники финансирования для современных предприятий в условиях кризиса / В.В. Константинов // Новая экономика, бизнес и общество : сборник материалов Апрельской научно-практической конференции молодых учёных, Владивосток, 25 мая – 04 2020 года / Дальневосточный федеральный университет, Школа экономики и менеджмента. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2020. – С. 273-276. – EDN MTVNGO.
5. Тюрин С.Б. Методические основы построения механизма формирования источников финансирования промышленных предприятий / С.Б. Тюрин, А.Д. Бурыкин. – Ярославль: Издательство "Канцлер", 2020. – 161 с. – ISBN 978-5-7310-8178-2. – EDN GYEOTT.
6. Тилов А.А. Пути совершенствования форм и методов повышения конкурентоспособности лизинговых компаний в России / А.А. Тилов // Управление. – 2020. – Т. 8, № 1. – С. 27-34. – DOI 10.26425/2309-3633-2020-1-27-34. – EDN KGVORA.
7. Ярощук А.Б. Финансово-экономическая безопасность организации: факторы, угрозы, критерии обеспечения / А.Б. Ярощук // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 7, № 4(145). – С. 103-111. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2024.04.07.016. – EDN DKHPWT.
8. Постановление Правительства РФ от 18.02.2022 г. № 208 "О предоставлении субсидии из федерального бюджета автономной некоммерческой организации "Агентство по технологическому развитию" на поддержку проектов, предусматривающих разработку

конструкторской документации на комплектующие изделия, необходимые для отраслей промышленности".

9. Сладков П.А. О мерах государственной поддержки нефтегазовой отрасли / П.А. Сладков // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2024. – № 7(151). – С. 58-59. – EDN ECZDCI.
10. Как ESG заставляет сектор энергетики меняться? // Нефтегазовая вертикаль. – URL: https://ngv.ru/articles/kak-esg-zastavlyaet-sektor-energetiki-menyatsya/ (дата обращения: 15.10.2025).
11. ESG Credit Indicator Report Card: Oil And Gas Upstream And Refining // S&P Global. – URL: https://www.spglobal.com/ratings/en/research/pdf-articles/211123-esg-credit-indicator-report-card-oil-and-gas-upstream-and-refining (дата обращения: 10.09.2025).

УДК 338.24:334.72:346.546
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.3019

EDN SVMZKC

Новые вызовы риск-менеджмента: совместные проекты в преференциальной среде

К.Б. Карсаков

Владивостокский государственный университет, ул. Гоголя, 41, Владивосток, 690014, Россия

*E-mail: kb.karsakov@vvsu.ru

Аннотация. Статья посвящена комплексному анализу специфических рисков, возникающих при реализации совместных предприятий на территориях со специальными экономико-правовыми режимами (ОЭЗ, ТОР, СПВ). Актуальность исследования обусловлена стремлением России к технологическому суверенитету и активным использованием данных инструментов для привлечения инвестиций, в то время как классические модели риск-менеджмента оказываются неэффективными в условиях синергии институциональных и корпоративных угроз. Целью работы является выявление и систематизация гибридных рисков, формирующихся на стыке партнёрских отношений и преференциального регулирования. В ходе исследования применялись методы системного и сравнительного анализа. Выявлено, что ключевая проблема заключается не в простой сумме, а во взаимном усилении традиционных рисков совместных проектов (правовых, финансовых, управленческих) и рисков особых режимов (институциональная нестабильность, жёсткие инвестиционные обязательства). Это порождает уникальную «рисковую экосистему», для которой характерны эффект множителя, коллективная ответственность и правовая неопределённость. На основе проведённого анализа разработана сравнительная таблица рисков, наглядно демонстрирующая трансформацию угроз в гибридные формы. Практическая значимость статьи заключается в обосновании необходимости формирования новой парадигмы риск-менеджмента, интегрирующей управление внутренними и внешними факторами. Предлагаются ключевые элементы адаптивного подхода, включая гибкие механизмы распределения ответственности между партнёрами и систему мониторинга изменений в законодательстве. Результаты исследования могут быть использованы резидентами особых экономических зон и органами государственной власти для повышения устойчивости совместных инвестиционных проектов.

Ключевые слова: риск-менеджмент, преференциальный режим, риск, экономико-правовые отношения, факторы рискообразования

New challenges in risk management: joint ventures in preferential regulatory regimes

K.B. Karsakov

Vladivostok State University, 41 Gogol Street, Vladivostok, 690014, Russia

E-mail: kb.karsakov@vvsu.ru

Abstract. The article is dedicated to a comprehensive analysis of specific risks arising during the implementation of joint ventures in territories with special economic-legal regimes (Special Economic Zones, Territories of Advanced Development, Special Investment Contracts). The relevance of the research is determined by Russia's pursuit of technological sovereignty and the active utilization of these instruments for attracting investments, while classical risk management models prove ineffective under the synergy of institutional and corporate threats. The objective of the study is to identify and systematize hybrid risks emerging at the intersection of partnership relations and preferential regulation. The research employed methods of systemic and comparative analysis. It was revealed that the key problem lies not in a simple summation, but in the mutual reinforcement of traditional risks inherent in joint projects (legal, financial, managerial) and risks associated with special regimes (institutional instability, stringent investment obligations). This generates a unique "risk ecosystem" characterized by a multiplier effect, collective responsibility, and legal uncertainty. Based on the conducted analysis, a comparative risk table was developed, clearly demonstrating the transformation of threats into hybrid forms. The practical significance of the article consists in substantiating the necessity for forming a new risk management paradigm that integrates the management of internal and external factors. Key elements of an adaptive approach are proposed, including flexible mechanisms for responsibility distribution among partners and a system for monitoring legislative changes. The research results can be utilized by residents of special economic zones and government authorities to enhance the resilience of joint investment projects.

Keywords: risk management, preferential regulatory regime, risk, economic and legal relations, risk-forming factors

1. Введение

Современная экономическая повестка России находится под знаком стремления к технологическому суверенитету и ускоренного импортозамещения. В таких условиях особую значимость приобретают инструменты, которые способны консолидировать ресурсы, знания и инвестиции для решения стратегических задач. Одним из таких инструментов выступают совместные проекты компаний, которые позволяют объединить компетенции отечественных и (в новых реалиях – всё чаще) дружественных иностранных партнеров. Параллельно для создания благоприятной среды для подобных инициатив государство активно развивает сеть особых экономико-правовых режимов (особые экономические зоны (ОЭЗ), территории опережающего развития (ТОР), Свободные порты (например, СПВ) и Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ)), предоставляя резидентам комплекс преференций, направленных на снижение издержек и административных барьеров [1].

С одной стороны, синергия между гибкой формой совместной деятельности и льготным правовым полем особых режимов должна создавать идеальные условия для реализации амбициозных промышленных и инновационных проектов. Но практика показывает, что эта «идеальность» оказывается обманчивой. Именно на стыке двух сложных систем – межкорпоративных отношений в совместных проектах и государственного регулирования в рамках особых экономико-правовых режимов – возникает уникальный и зачастую непрогнозируемый спектр рисков. С одной стороны, совместные предприятия традиционно подвержены угрозам расхождения стратегических целей партнеров, управленческих конфликтов и проблем доверия. С другой стороны, преференциальные режимы, несмотря на декларируемые преимущества, сами по себе являются источником правовой нестабильности, регуляторной неопределенности и рисков, связанных с зависимостью от государственной политики и выполнением жестких обязательств по инвестиционным декларациям.

Следовательно, возникает противоречие: инструменты, созданные для снижения рисков и стимулирования инвестиций, в контексте совместной деятельности могут порождать новые, гибридные угрозы, способные поставить под сомнение жизнеспособность всего проекта. Классические модели риск-менеджмента, разработанные для стандартных рыночных условий, зачастую оказываются недостаточными для адекватной оценки и минимизации этих специфических угроз.

2. Цель исследования

В связи с этим цель настоящей статьи заключается в проведении системного анализа рисков, присущих совместным проектам, реализуемым в условиях особых экономико-правовых режимов. В работе будет предпринята попытка не просто перечислить риски, но и выявить их взаимосвязи, определить ключевые критерии для их классификации и оценки, а также обосновать необходимость адаптации существующих подходов к риск-менеджменту для этой уникальной сферы экономической деятельности.

2.1. Теоретические основы управления рисками в совместных проектах

Совместные проекты представляют собой одну из наиболее распространённых форм стратегического партнёрства, направленного на объединение ресурсов, компетенций и рыночных возможностей различных участников. Однако, несмотря на очевидные преимущества, данная форма сотрудничества сопряжена с целым рядом специфических рисков, обусловленных самой природой взаимодействия независимых экономических субъектов. Наиболее значимыми среди них являются риски расхождения стратегических целей партнёров: один участник может стремиться к долгосрочному технологическому развитию, в то время как другой ориентирован на краткосрочную финансовую отдачу [2]. Эта несогласованность целеполагания зачастую усугубляется культурными и управленческими различиями – особенно остро она отражена в случаях, когда партнёры имеют разный организационный опыт, корпоративную этику или подходы к принятию решений. Дополнительную напряжённость в отношениях может вносить дисбаланс вкладов: когда один из участников вносит существенно больший объём капитала, технологий или интеллектуальной собственности, это порождает ожидания пропорционального влияния на управление проектом, что не всегда реализуется на практике. В основе всех этих проблем лежит фундаментальный риск недостатка доверия, который может проявляться как в скрытых действиях партнёров, так и в излишней бюрократизации процессов контроля, что в конечном итоге снижает гибкость и оперативность совместного предприятия. Как отмечают Л.М. Симонова и А.М. Качур, необходимость доверия, сотрудничества и справедливого распределения рисков делает совместные предприятия значительно более сложными для управления по сравнению с традиционными формами бизнеса [3].

Для системного противодействия указанным угрозам в теории и практике управления проектами сформировались классические модели управления рисками, основанные на

циклическом и итеративном подходе. Данный подход включает четыре ключевых этапа: идентификацию, оценку, разработку мер реагирования и непрерывный мониторинг. Процесс внедрения данного подхода отображен на рисунке 1 [4]. На этапе идентификации осуществляется всестороннее выявление потенциальных угроз и возможностей, которые могут повлиять на достижение целей проекта. Далее следует количественная и/или качественная оценка рисков по критериям вероятности наступления и потенциального воздействия, что позволяет ранжировать их по степени критичности. На основе такой оценки разрабатываются стратегии реагирования – избегание, передача, снижение или принятие риска, – а также конкретные планы действий. Завершающим, но не менее важным элементом является постоянный мониторинг рискового поля на протяжении всего жизненного цикла проекта, что обеспечивает своевременную корректировку стратегий в ответ на изменяющиеся внутренние и внешние условия. Такая модель, хотя и достаточно универсальна, требует адаптации в контексте совместных предприятий, риски на которых носят не только рыночный или технических характер, но и социальный и институциональный.

Рисунок 1. Этапы внедрения модели риск-менеджмента.

Особую сложность риск-менеджмент приобретает в условиях международных и кросс-граничных совместных проектов, где помимо внутрикорпоративных противоречий возникают дополнительные юрисдикционные и правоприменительные вызовы. Участники могут быть подчинены разным национальным правовым системам, что создаёт неопределённость в толковании условий договора, порядке разрешения споров и применении санкций [5].

Различия законодательных актов в областях налогообложения, валютного регулирования, защиты интеллектуальной собственности и трудовых отношений порождают правовые ловушки, которые способны привести к значительным финансовым и репутационным потерям. Кроме того, политическая нестабильность в одной из стран-участниц, изменения в санкционной политике или внезапные изменения в регулировании иностранных инвестиций могут кардинально изменить условия функционирования всего проекта. В таких условиях эффективное управление рисками требует не только глубокого понимания внутренней динамики партнёрства, но и постоянного анализа внешней среды, а также проработки сложных юридических механизмов, таких как выбор применимого права, арбитражные оговорки и структурирование владения активами. Транснациональные совместные предприятия, несмотря на свою способность расширять рынки за счёт объединения ресурсов из разных стран, наследуют все риски международного бизнеса, усугублённые сложностью координации между партнёрами [6].

2.2. Специфика особых экономико-правовых режимов как фактора рискообразования

В Российской Федерации в качестве ключевого инструмента стимулирования регионального развития и привлечения инвестиций функционирует разветвлённая система особых экономико-правовых режимов. Наиболее значимыми из них являются особые экономические зоны, территории опережающего развития и Свободный порт Владивосток.

По состоянию на 2025 год в стране действует 59 ОЭЗ различного профиля: 39 промышленно-производственных, 7 технико-внедренческих, 11 туристско-рекреационных и 2 портовые [7]. ТОРы, в свою очередь, создаются преимущественно в моногородах и депрессивных регионах с целью их экономической диверсификации, а СПВ охватывает обширную территорию Приморского края, часть Хабаровского и Камчатского краёв, а также Сахалинскую область и Чукотский автономный округ, предлагая уникальные условия, включая свободную таможенную зону и упрощённый визовый режим. Общей чертой всех рассматриваемых режимов является предоставление резидентам комплекса преференций, призванных снизить барьеры для ведения бизнеса и минимизировать определённые виды рисков.

Главной привлекательной чертой особых режимов выступают налоговые льготы и упрощённые административные процедуры. На входе резиденты получают пониженную ставку налогообложения на прибыль, имущество и землю, а также освобождение от уплаты

таможенных пошлин при ввозе оборудования. С административной точки зрения, государство берёт на себя «единого окна»: управляющие компании обеспечивают ускоренную регистрацию бизнеса, выдачу всей необходимой документации, и предоставляют земельные участки по льготным ценам. Данный подход в теории снижает операционные и финансовые риски для инвесторов путём создания предсказуемой и благоприятной среды для реализации потенциальных проектов. Однако на практике такая предсказуемость является достаточно относительной: само существование особых экономико-правовых режим порождает ряд уникальных рисков.

Правовые риски создают большое количество проблем для резидентов. Законодательная база имеет ряд критических моментов, из-за которых не все компании могут сосредоточиться на своём бизнесе, некоторые вынуждены в плановом порядке решать бюрократические проблемы [8]. Помимо юридических аспектов, особые режимы создают и другие типы рисков. Существенную угрозу представляет собой невыполнение обязательств по инвестиционной декларации: жёсткие требования к срокам и объёмам вложений, прописанные в соглашении с администрацией, зачастую оказываются сложно реализуемыми в условиях меняющейся макроэкономической конъюнктуры, что влечёт за собой санкции, вплоть до досрочного расторжения соглашения и потери статуса резидента. Это, в свою очередь, порождает значительные финансовые и репутационные издержки. Кроме того, функционирование проекта становится зависимым от качества и своевременности развития инфраструктуры зоны, эффективности работы управляющей компании и общей инвестиционной привлекательности региона, что добавляет операционные и стратегические риски.

Таким образом, преференциальный режим, призванный снизить риски, сам по себе становится источником нового, многогранного комплекса угроз – правовых, финансовых, операционных и институциональных, – требующих от участников проектов повышенного уровня правовой и стратегической осмотрительности.

3. Методы и материалы исследования

Реализация совместных проектов в условиях особых экономико-правовых режимов создает уникальную конфигурацию рисков, которая существенно отличается от рисков, характерных для стандартных совместных предприятий или для компаний, работающих в особых зонах самостоятельно. На этом пересечении возникает синергетический эффект

рискообразования, когда угрозы не просто суммируются, а взаимно усиливают друг друга, создавая новые, гибридные формы рисковых проявлений.

В ходе анализа выявлено, что ключевая специфика рисковой составляющей на стыке совместных проектов и особых режимов заключается в усилении институциональной неопределенности. С одной стороны, совместное предприятие сталкивается с внутренними рисками расхождения интересов партнеров, различий в корпоративной культуре и несогласованности управленческих подходов. С другой стороны, особые режимы добавляют внешние институциональные риски, связанные с изменчивостью нормативного регулирования, зависимостью от административных решений и жесткими обязательствами по инвестиционным декларациям. Взаимодействие этих факторов создает эффект «рискового множителя», когда даже незначительные внутренние противоречия между партнерами могут спровоцировать цепную реакцию потери преференций и крах всего проекта.

Особую остроту приобретает проблема распределения ответственности за выполнение обязательств перед администрацией особой зоны. В условиях совместного предприятия партнеры часто имеют разные финансовые возможности и сроки достижения рентабельности. Однако жесткие требования инвестиционных деклараций не учитывают эту специфику и предъявляют одинаковые обязательства ко всем участникам проекта. Это создает ситуацию, когда финансовые трудности одного партнера ставят под угрозу статус резидента всего совместного предприятия, что, в свою очередь, усиливает недоверие между партнерами и порождает новые конфликты.

Не менее значимым фактором рискообразования выступает правовая неопределенность на стыке общего законодательства о совместных предприятиях и специального законодательства об особых экономических зонах. Как отмечают Балашов и Кравченко [8], законодательное регулирование особых режимов содержит ряд пробелов и противоречий, которые особенно обостряются при наличии нескольких юридических лиц-учредителей с различной организационно-правовой формой. Дополнительную сложность вносит различие в правовом статусе российских и иностранных партнеров, что создает неравные условия в рамках единого проекта.

4. Полученные результаты

Комплексный анализ выявляет многоуровневый характер рисков, возникающих на стыке совместных предприятий и особых экономико-правовых режимов. Для наглядного

представления взаимосвязей, особенностей и различий в проявлениях этих рисков целесообразно систематизировать полученные данные в табличной форме, что позволит четко дифференцировать классические риски совместных проектов, специфические риски особых режимов и их гибридные формы, возникающие в условиях их взаимодействия. Сравнительная характеристика ключевых рисковых факторов представлена в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительная характеристика рисков в совместных проектах и особых экономических режимах.

Тип риска	Совместные проекты	Особые экономические режимы	Гибридные риски на пересечении
Правовые	1. несогласованность условий договоров; 2. различия в правовых системах партнеров; 3. сложности в разрешении споров	1. изменчивость нормативной базы; 2. пробелы в законодательстве; 3. риски изменения условий резидентства	1. усиление правовой неопределенности из-за конфликта норм; 2. сложности в определении применимого права при спорах между партнерами и администрацией зоны; 3. повышенная уязвимость к изменениям законодательства
Финансовые	1. дисбаланс финансовых вкладов партнеров; 2. различия в ожиданиях по срокам окупаемости; 3. риски непрозрачности финансовых потоков	1. жесткие обязательства по инвестиционным декларациям; 2. зависимость от сроков развития инфраструктуры; 3. риски утраты налоговых льгот	1. коллективная ответственность за невыполнение обязательств; 2. конфликт интересов при распределении финансовой нагрузки; 3. каскадный эффект финансовых потерь при потере статуса резидента
Управленческие	1. конфликты в процессе принятия решений; 2. расхождение корпоративных культур; 3. проблемы координации деятельности	1. зависимость от эффективности управляющей компании; 2. административные барьеры при получении разрешений; 3. риски некачественного предоставления инфраструктурных услуг	1. двойное давление: внутренние управленческие конфликты + внешние административные ограничения; 2. снижение гибкости в управлении из-за необходимости согласования решений с администрацией зоны; 3. риск потери конкурентных преимуществ из-за бюрократических процедур
Стратегические	1. несогласованность долгосрочных целей партнеров; 2. риски изменения рыночной конъюнктуры; 3. технологические риски	1. зависимость от государственной поддержки; 2. географические ограничения деятельности; 3. риски деградации конкурентных преимуществ региона	1. риск блокировки стратегического развития из-за конфликта целей партнеров и ограничений режима; 2. сложности в адаптации к изменению внешних условий из-за жестких рамок соглашений с администрацией; 3. угроза потери синергетического эффекта при изменении условий функционирования зоны

Источник: составлено автором.

По данным таблицы можно сделать вывод о том, что на пересечении совместных проектов и особых экономико-правовых режимов формируется уникальная рисковая экосистема, где традиционные подходы к управлению рисками оказываются недостаточными. Гибридные риски обладают системным характером и требуют комплексного подхода к их минимизации.

Выявленные в ходе исследования закономерности позволяют сделать вывод о необходимости формирования новой парадигмы риск-менеджмента для совместных предприятий в особых экономических зонах. Эта парадигма должна базироваться на принципе интеграции внутренних и внешних рисковых факторов с учетом их взаимного усиления. В частности, требуется разработка специализированных методик оценки рисков, учитывающих как вероятность изменения условий функционирования особого режима, так и устойчивость партнерских отношений к внешним воздействиям.

Ключевым элементом эффективного управления гибридными рисками должна стать гибкая система распределения ответственности между партнерами, основанная на реальных финансовых возможностях каждого участника и учитывающая риски потери преференций. Кроме того, необходима институционализация механизмов постоянного мониторинга изменений в законодательстве особых режимов и их своевременной коммуникации между всеми партнерами. Только системный подход, объединяющий классические методы управления рисками совместных предприятий с учетом специфики особых экономико-правовых режимов, позволит обеспечить устойчивость и конкурентоспособность таких проектов в долгосрочной перспективе.

5. Выводы

Проведённое исследование позволяет сделать вывод о том, что пересечение совместных предприятий и особых экономико-правовых режимов формирует уникальное пространство для рисков, требующее специализированного подхода к их управлению. Традиционные модели риск-менеджмента, разработанные для стандартных рыночных условий или для отдельно взятых институтов, оказываются недостаточно эффективными в условиях синергетического взаимодействия институциональной неопределённости особых режимов и внутрикорпоративных противоречий совместных проектов.

Выявлено, что ключевая особенность рисковой составляющей на данном стыке заключается в эффекте взаимного усиления угроз: правовые неопределённости особых

режимов обостряют конфликты между партнёрами, а расхождение стратегических целей участников совместного предприятия повышает уязвимость проекта к изменениям условий функционирования в преференциальных зонах. Особенно критичными оказываются риски коллективной ответственности за выполнение инвестиционных обязательств и правовые коллизии между общим законодательством о совместных предприятиях и специальным регулированием особых экономических зон.

Практическая значимость проведённого анализа состоит в обосновании необходимости формирования новой парадигмы риск-менеджмента, интегрирующей инструменты управления как внутренними корпоративными рисками, так и внешними институциональными угрозами. Это требует разработки специализированных методик оценки, учитывающих системный характер гибридных рисков, а также создания гибких механизмов распределения ответственности между партнёрами с учётом их финансовых возможностей и устойчивости к внешним шокам.

Перспективными направлениями дальнейших исследований видятся: разработка математических моделей оценки вероятности реализации гибридных рисков; анализ эффективности различных правовых конструкций для минимизации угроз на стыке совместных предприятий и особых режимов; исследование влияния цифровизации и технологических инноваций на трансформацию рисковой составляющей в рассматриваемой сфере. Только комплексный и системный подход к управлению рисками позволит реализовать потенциал синергии между совместными проектами и особыми экономическими режимами в условиях современных вызовов российской экономики.

Список литературы

1. Ленчук Е.Б. Проекты технологического суверенитета как инструмент инновационного развития российской экономики / Е.Б. Ленчук, В.И. Филатов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2024. – Том 17. – №3. – С. 68-81. – DOI: 10.15838/esc.2024.3.93.4.
2. Омаров М.М. Проблемы и риски, возникающие при создании совместного предприятия / М.М. Омаров, П.Г. Чуркин // Фундаментальные исследования. – 2011. – №12 (1). – С. 221-223.

3. Симонова Л.М. Особенности международных совместных предприятий в XXI веке / Л.М. Симонова, А.М. Качур // Вестник Тюменского государственного университета. – 2017. – Том 2. – №4. – С. 220-236.
4. 4. Доможирова О.В. Применение модели управления рисками на горнорудном предприятии / О.В. Доможирова, Р.В. Матяш // Вестник Академии знаний. – 2025. – №3 (68). – С. 790-795.
5. Юридические аспекты организации совместных предприятий // Сибирская Юридическая Компания. URL: https://sibucom.ru/publ/3/976/ (дата обращения: 21.10.2025).
6. Транснациональные совместные предприятия // VALEN. URL: https://valen-legal.com/ru/news/transnaczionalnye-sovmestnye-predpriyatiya/ (дата обращения: 21.10.2025).
7. Министерство экономического развития Российской Федерации: Официальный сайт: [Сайт]. – Москва, 2015. – URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitie/instrumenty_razvitiya_territoriy/osobye_ekonomicheskie_zony/ (дата обращения: 24.10.2025). – Текст: Электронный.
8. Балашов К.Г. Правовое регулирование предпринимательской деятельности в особых экономических зонах: проблемы и перспективы / К.Г. Балашов, Н.В. Кравченко // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: История и право. – 2024. – Том 14. – №2. – С. 56-68. – https://doi.org/10.21869/2223-1501-2024-14-2-56-68.

УДК 621-039-542

EDN XBCPDY

Методы распознавания дорожной информации с поступающего видеопотока и построения траектории движения беспилотного транспортного средства

Е.В. Ларионов

Сибирский федеральный университет, пр. Свободный, 79, Красноярск, 660041, Россия

Аннотация. Создание системы управления беспилотным транспортным средством является сложной и трудоёмкой задачей. Внедрение беспилотных систем поспособствует улучшению качества ситуации на дороге, а также уменьшению материального ущерба в случае аварии. Существование беспилотного автомобиля невозможна без умения правильно и быстро распознавать дорожную информацию. Для сбора информации об окружении автомобили использует видеокамеры, радарные датчики, а также технологию оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеяния в прозрачных и полупрозрачных средах. Для распознавания дорожной информации чаще всего используются обученные нейронные сети, такие как YOLO, SSD или Faster R-CNN. Построение пути выполняется с использованием метода построения карты окружающей среды и оценивания своего местоположение для локализации и алгоритмов для построения глобального или локального оптимального пути. В данной статье проводиться исследование, направленное на изучение и обобщение методов для распознавания дорожной информации, и построения траектории движения беспилотного транспорта. Также формулируются выводы о том, что необходимо дальнейшее исследование в области разработки системы для построения траектории движения беспилотных транспортных средств.

Ключевые слова: Беспилотный автомобиль, Машинное обучение, Распознавание дорожных знаков, Планирование траектории движения

Methods of recognizing traffic information from a video stream and plotting the path of a self-driving vehicle

E.V. Larionov

Siberian Federal University, 79 Svobodny pr., Krasnoyarsk, 660041, Russia

Abstract. Creating a self-driving vehicle control system is a complex and time-consuming task. The introduction of self-driving systems will contribute to improving the quality of the situation on the road, as well as reducing material damage in the event of an accident. The existence of a self-driving vehicle is impossible without the ability to correctly and quickly recognize traffic information. To collect information about the environment, cars use video cameras, radar sensors, as well as optical system technology that uses the phenomena of light reflection and scattering in transparent and translucent media. Trained neural networks such as YOLO, SSD or Faster R-CNN are most often used to recognize traffic information. The path construction is performed using the method of building a map of the environment and estimating its location for localization and algorithms for constructing a global or local optimal path. This article conducts research aimed at studying and generalizing methods for recognizing traffic information and plotting the trajectory of unmanned vehicles. The conclusions are also formulated that further research is needed in the field of developing a system for building the trajectory of self-driving vehicles.

Keywords: Self-driving car, Machine Learning, Traffic-sign recognition, Path planning

1. Введение

На текущий момент в России, а также во многих других странах, актуальна такая проблема как ДТП, а также затраты на ущерб от них. Из-за таких происшествий, страдают не только люди, но также окружающая среда и экономика. Внедрение беспилотных систем, не только должно улучшить качество ситуации на дороге, но и уменьшить материальный ущерб.

Задачи управления беспилотными автомобилями, которые можно рассматривать как часть класса задач автоматизированного управления транспортом, в настоящее время являются актуальными, и их решению придается большое значение.

Первые системы управления беспилотными автомобилями предполагали использование автоматизированных дорог, оснащенных радиоуправляемым контролем скорости и руления автомобиля [1]. Данное решение было слишком дорогим и сложным в реализации.

В статье [2] представлен обзор современных методов для построения траекторий движения беспилотных средств. Рассматриваются такие методы как метод ячеек, геометрический метод, метод оптимизированной траектории, метод потенциального поля, гистограмма векторного поля (VFH) и рандомизированные деревья случайного исследования (RRT).

В работах [3-4], проводится сравнительный анализ современных математических моделей, методов и программных средств планирования движения для систематизации и объектной концептуализации теории планирования движения.

В работах [5-6] авторы представили алгоритмы для распознавания дорожных знаков. Приводятся проблемы, связанных с видимостью и точностью распознавания дорожных знаков, а также в некорректном определении цифр.

2. Постановка задачи

Благодаря исследованиям в области машинного обучения и развитию беспилотных транспортных средств, становиться возможным спроектировать и реализовать систему для полноценного управления беспилотными автомобилями. Использование моделей машинного обучения поможет сделать данную систему более умной, что поспособствует улучшению качества дорожных ситуаций и минимизирует риск возникновения ДТП.

Данный обзор направлен на исследование существующих подходов и методов для распознавания дорожной информации, и построения траектории движения беспилотного транспорта. Необходимо исследовать технологии для сбора окружающей информации, способы их распознавания и интерпретации беспилотным автомобилем, а также алгоритмы для визуализации автомобиля в пространстве и планирования оптимального пути.

3. Методы и материалы исследования

Большинство необходимых данных для обзора были собраны из таких источников как: Science Direct и Google Scholar.

Science Direct – это полнотекстовая база данных, ведущая информационная платформа Elsevier для людей из различных областей. Платформа содержит 25% мировых научных публикаций и обеспечивает всесторонний охват литературы из всех областей науки. Science Direct предоставляет доступ к полным текстам в формате PDF и HTML. Исследователь может ознакомиться с полными текстами всех научных статей, которые есть на сайте.

Google Scholar – это бесплатная поисковая система от компании Google, запущенная в ноябре 2004, которая охватывающая широкий спектр научных исследований. Она позволяет пользователям искать цифровые или физические копии статей онлайн или в библиотеках. Результаты поиска генерируются с использованием ссылок из полнотекстовых журнальных статей, технических отчётов, диссертаций, книг и других документов. В системе есть функция «Цитируется в», которая предоставляет доступ к аннотациям статей, в которых процитирована рассматриваемая статья.

Для поиска информации использовались ключевые слова «Traffic-sign recognition», «Self-driving car», «Machine Learning», «Deep Learning». При написании статьи рассматривались современные работы, опубликованные с 2016 года, однако для понимания истории развития методов, рассматривалось несколько статей, опубликованные с 2004 года.

4. Полученные результаты

4.1. Технологии для распознавания дорожной информации

Существование и правильная работоспособность беспилотного автомобиля невозможна, если он не будет уметь распознавать дорожную информацию. Для распознавания информации используются видеокамеры, радары и лидар.

Видеокамеры собирают визуальные данные, которые помогают транспортным средствам интерпретировать и понимать окружающую среду. Камеры необходимы для таких функций, как предупреждение о выходе из полосы движения, обнаружение пешеходов, распознавание дорожных знаков и помощь при парковке. К недостаткам камер можно отнести то, что они могут отслеживать ситуацию только в непосредственной близости от машины.

Радарные датчики используются для получения информации о скорости сближения и расстоянии до объекта перед автомобилем. Радарный датчик излучает электромагнитные волны и регистрирует отражение (эхо) от объектов (автомобили, пешеходы и другие препятствия), находящихся вокруг автомобиля. Скорость едущего впереди автомобиля оценивается по изменению частоты отражённой волны, а расстояние до машины – по времени возвращения сигнала. Главный недостаток радаров – приходится выбирать между дальностью действия и размером наблюдаемой области. Можно получить либо данные об объектах на большом расстоянии, но в маленькой области, либо в большой области, но только вблизи.

Лидар LIDAR (Light Identification Detection and Ranging – световое обнаружение и определение дальности) – технология получения и обработки информации об удалённых объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеяния в прозрачных и полупрозрачных средах [7]. Эта технология эффективна для выявления небольших объектов, таких как пешеходы и велосипедисты, которые могут быть пропущены камерой. Для сканирования дороги и прилегающей территории используется сканирующий лидар с круговым обзором. К недостаткам лидара можно отнести высокую стоимость и большое время анализа поступающих данных.

Совместное использование возможностей радара, лидара и видеокамеры может обеспечить высокую точность получаемых данных, а всестороннее обучение нейронных сетей позволит детектировать различные объекты и определять участников движения, их скорость и направление движения.

4.2. Методы машинного обучения для распознавания дорожной информации

В настоящее время искусственные нейронные сети широко используются при решении самых разнообразных задач особенно там, где обычные алгоритмические решения оказываются неэффективными или вовсе невозможными. В различных исследованиях задача распознавания дорожной информации рассматривается как задача классификации. Однако,

для построения системы детекции поставленную задачу, в первую очередь, необходимо решать, как задачу сегментации.

Сегментация изображений является расширением классификации изображений, где помимо классификации мы выполняем локализацию. Таким образом, сегментация изображения представляет собой надмножество классификации изображений, при этом модель точно определяет, где находится соответствующий объект, очерчивая его границы. Наиболее популярными моделями для решения задачи сегментации являются алгоритм YOLO, алгоритм SSD и алгоритм Faster R-CNN, также в [8] приводится архитектура DeepLab как более сложная и точная модель.

Последние исследования [9-10] в области классификации дорожных знаков показывают высокую точность и производительность, используя немного изменённые существующие архитектуры нейронных сетей. Однако полученная точность достигается путём уменьшения набора для обучения, что приводит к неработоспособности моделей при плохих погодных условиях, или при небольших изменениях знаков.

В работе [11] приведен алгоритм распознавания дорожных знаков, основанный на контурном анализе и вычислении расстояний между списками. Как отмечают авторы, алгоритм подвержен влиянию положения знака, не способен идентифицировать его, а также работает от формы – прямоугольной, треугольной, круглой, что говорит о его низкой универсальности.

4.3. Планирование пути

Одной из ключевых задач, решаемых исследователями и разработчиками при создании беспилотных автомобилей, является прокладка маршрута. Задача планирования траектории движения заключается не только в поиске маршрута от начальной точки до конечной, но также в нахождении оптимального пути среди всех достижимых путей. При создании наилучшего маршрута необходимо учитывать несколько взаимосвязанных вопросов, таких как безопасность, наличие препятствий и время вычисления. Из-за важности данного вопроса многие исследователи разработали множество алгоритмов планирования траектории.

Для построения траектории, в первую очередь, необходимо выполнить локализацию. Под локализацией понимается процесс определения позиции относительно окружения и отображение полученной информации. В [12] описывается использование метода SLAM (simultaneous localization and mapping – одновременная локализация и построение карты).

Принцип его работы заключается в том, что робот или сенсорная система одновременно оценивают своё местоположение в окружающей среде и строят карту окружающей среды.

После локализации для дальнейшего построения пути было разработано множество различных методов. В работах [13-15] описываются методы предотвращения столкновения с помощью оптимизации траектории для полета БПЛА. Данные методы имеют существенные недостатки, одному требуется информация (физические параметры) о препятствии, а второй работает только со статическими препятствиями.

Наиболее эффективные методы описаны в статьях [16-17] – гистограмма векторного поля (VFH) и рандомизированные деревья случайного исследования (RRT). Метод VFH показывает высокую эффективность для локального планирования, но при построении глобального оптимального пути не всегда показывает самый оптимальный путь. Метод RRT напротив хорошо справляется с построением оптимального пути на любую дистанцию, но имеет высокую вычислительную сложность. В работе [18] описывается модификация RRT*FN, которая способствует снижению вычислительной сложности алгоритма.

Задача планирования пути для беспилотного транспортного средства в сложных неизвестных окружениях требует многогранного подхода, в котором необходимо объединить локализацию, планирование пути и предотвращение столкновений с препятствиями [19]. В настоящее время акцент сдвигается на использование компьютерного зрения и моделей глубокого обучения [20].

5. Выводы

Управление беспилотными автомобилями является важной задачей в современном мире. В данной работе был выполнен небольшой обзор исследований в области управления беспилотных автомобилей. На данный момент большинство исследований в распознавании дорожной информации сводятся к использованию и доработке популярных архитектур нейронных сетей. Во многих статьях представляют или эффективную модель нейронной сети, но с низкой производительностью, или модель с высокой производительностью, но не способную эффективно работать при плохих погодных условиях или небольших изменениях в дорожных знаках.

В области прокладывания маршрута беспилотного автомобиля, большинство исследований показывают низкую эффективность или высокую вычислительную сложность

существующих алгоритмов. Наиболее эффективным решением является модификация существующих алгоритмов VFH или RRT.

По итогу анализа публикаций можно сделать вывод, что необходимо дальнейшее исследование в области разработки системы для построения траектории движения беспилотных транспортных средств. Одной из первостепенных задач является создание модели (или объединения нескольких) нейронной сети, которая будет эффективно и точно распознавать дорожную информацию при любых погодных условиях и будет иметь высокую производительность. После чего необходимо заняться задачей прокладывания маршрута, доработав существующие алгоритмы планирования пути.

Дальнейшее изучение существующих публикаций в области обучения нейронных сетей может помочь в улучшении точности распознавания дорожной информации и оптимизации прокладывания маршрута для беспилотных автомобилей.

Список литературы

1. Wetmore Jameson M. Driving the Dream – The History and Motivations Behind 60 Years of Automated Highway Systems in America / Jameson M. Wetmore // Automotive History Review. – 2003. – P. 4-19.
2. Методы построения траекторий движения для беспилотных средств // Математические структуры и моделирование. – 2024. – № 4 (72). – С. 125-129.
3. Казаков К.А. Обзор современных методов планирования движения / К.А. Казаков, В.А. Семенов // Труды ИСП РАН. – 2016. – № 28 (4). – С. 241-29
4. Лю В. Методы планирования пути в среде с препятствиями (обзор) / В. Лю // Математика и математическое моделирование. – 2018. – № 01. – С. 15-58.
5. Попов Е.Ю. Алгоритм распознавания дорожных знаков ограничения скорости / Е.Ю. Попов, Д.И. Крыжановский // Современные научные исследования и инновации. 2012. № 6 [Электронный ресурс]. – URL: https://web.snauka.ru/issues/2012/06/14717
6. Савичева, С. В. Алгоритм распознавания дорожных знаков / С.В. Савичева, В.С. Малыгина // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 4-2(48). – С. 5-8.
7. Демиденко А.Г. Цифровая модель дороги. Технологии создания и применения / А.Г. Демиденко // Математические структуры и моделирование. – 2024.

8. Liang-Chieh Chen, George Papandreou. DeepLab: Semantic Image Segmentation with Deep Convolutional Nets, Atrous Convolution, and Fully Connected CRFs. // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2016. – № 40.
9. Никитин Д.В. Детектирование дорожных знаков на основе нейросетевой модели YOLO / Д.В. Никитин, И.С. Тараненко, А.В. Катаев // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 7 (103). – С. 91-99.
10. Стахеева А.А. Распознавание дорожных знаков с использованием сверточной нейронной сети / А.А. Стахеева, А.Н. Крайников, Д.А. Вяткин // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». – 2023. – № 4. – С. 1277-1300.
11. Медведев М.В. Детектирование дорожных знаков при помощи компьютерного зрения / М.В. Медведев, А.П. Кирпичников, Т.А. Синичкина // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т. 19. – № 18. – С. 143-147.
12. Wang S., Wu Z., Zhang W. An overview of SLAM // Proceedings of 2018 Chinese Intelligent Systems Conference. Springer, Singapore. – 2019. – P. 673-681.
13. Cooperative Sense and Avoid Implementation in Simulation and Real World for Small Unmanned Aerial Vehicles. Armin Strobel, Marc Schwarzbach. s.l.: Research Training Group Cooperative, Adaptive and Responsive Monitoring in Mixed Mode Environments. - 2021.
14. Visual Flight Rules-Based Collision Avoidance Systems for UAV Flying in Civil Aerospace.
15. Ковалев Д.И. Обзор спецификаций системных параметров для анализа микропроцессорной производительности роевого применения БПЛА / Д.И. Ковалев // Современные инновации, системы и технологии. – 2024. Т. 4, № 3. С. 0101–0120. https://doi.org/10.47813/2782-2818-2024-4-3-0101-0120
16. The vector field hostogram – fast obstacle avoidance for mobile robots // IEEE Journal of Robotics and Automation. – 1991. – Vol. 7. – No. 3. – P. 278-288.
17. Jayesh Amin, Jovan Bokovic and Raman Mehra. A Fast and Efficient Approach to Path Planning for Unmanned Vehicles // AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit 21 August 2006 - 24 August 2006, Keystone, Colorado. https://doi.org/10.2514/6.2006-6103
18. Олейников К.А. Траекторное управление электромобилем с использованием RRT алгоритма планирования движения в условиях городской среды / К.А. Олейников, В.А. Адиняев // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 4.

19. Тисецкий А. Обзор методов сегментации и обнаружения объектов на изображении в реальном времени для предотвращения аварийных ситуаций РЖД / А. Тисецкий, Д. Ковалев, Т. Мансурова // Современные инновации, системы и технологии. – 2022. – Т. 2. – № 3. – С. 0101–0116. https://www.doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0101-0116
20. Vittorio Mazzia, Francesco Salvetti, Diego Aghi, and Marcello Chiaberge. DeepWay: A Deep Learning Estimator for Unmanned Ground Vehicle Global Path Planning. // arXiv preprint. - 2020.

УДК 338.23 + 504.3.054

EDN WPGCOE

Экологический риск-менеджмент в горнодобывающей промышленности: теоретические основы и стандарты

М.Ю. Букарев

Новосибирский государственный технический университет, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирск, 630073, Россия

E-mail: bukarev.matvei.99@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены теоретические основы экологического риск-менеджмента в контексте горнодобывающей промышленности, осуществляющей открытую разработку месторождений полезных ископаемых. Представлена концепция экологического риска как вероятности возникновения негативных событий, приводящих к ущербу окружающей среде и экономическим потерям. Проанализированы специфические источники экологических угроз при карьерной добыче: загрязнение водных ресурсов, атмосферные выбросы, нарушение земель и образование отвалов вскрышных пород. Детально рассмотрены методы количественной и качественной оценки экологических рисков, включая статистические методы, матричный анализ, экспертные оценки и геоинформационное моделирование. Особое внимание уделено требованиям международного стандарта ISO 14001:2015, закрепляющего риск-ориентированный подход к управлению экологической безопасностью. Описаны фундаментальные принципы построения системы риск-менеджмента: предупреждения, сбалансированного риска и приемлемого риска. Представленная математическая модель количественной оценки рисков позволяет определять величину экологического риска как сумму произведений вероятностей негативных событий на ожидаемый ущерб. Результаты исследования формируют теоретическую базу для разработки практических методологий управления экологическими рисками на горнодобывающих предприятиях.

Ключевые слова: экологический риск-менеджмент, горнодобывающая промышленность, открытая разработка, ISO 14001, методы оценки рисков, экологическая безопасность.

Environmental risk management in the mining industry: theoretical foundations and standards

M.Yu. Bukarev

Novosibirsk State Technical University, Karl Marx Ave., 20, Novosibirsk, 630073, Russia

E-mail: bukarev.matvei.99@mail.ru

Abstract. The theoretical foundations of environmental risk management in the context of the mining industry carrying out open-pit mining of mineral deposits are considered. The concept of environmental risk as the probability of negative events leading to environmental damage and economic losses is presented. Specific sources of environmental threats in quarry mining are analyzed: water pollution, atmospheric emissions, land disturbance and formation of overburden dumps. Methods of quantitative and qualitative assessment of environmental risks are examined in detail, including statistical methods, matrix analysis, expert assessments and geoinformation modeling. Particular attention is paid to the requirements of the international standard ISO 14001:2015, which establishes a risk-based approach to environmental safety management. Fundamental principles of building a risk management system are described: prevention, balanced risk and acceptable risk. The presented mathematical model for quantitative risk assessment allows determining the magnitude of environmental risk as the sum of products of probabilities of negative events and expected damage. The research results form a theoretical basis for developing practical methodologies for managing environmental risks at mining enterprises.

Keywords: environmental risk management, mining industry, open-pit mining, ISO 14001, risk assessment methods, environmental safety.

1. Введение

Горнодобывающая промышленность представляет собой один из важнейших секторов мировой экономики, обеспечивающий добычу минерального сырья для различных отраслей промышленности. Открытая разработка месторождений, включающая карьерную добычу руды, является наиболее распространенным способом извлечения полезных ископаемых благодаря своей экономической эффективности и технологической доступности. Однако данный метод добычи характеризуется значительным негативным воздействием на окружающую среду, что делает вопросы экологической безопасности критически важными для устойчивого развития отрасли [1].

Современные горнодобывающие предприятия сталкиваются с возрастающими требованиями со стороны регуляторных органов, инвесторов и общественности в отношении минимизации экологического воздействия. В условиях ужесточения природоохранного законодательства и повышения общественной осведомленности об экологических проблемах, предприятия вынуждены разрабатывать и внедрять эффективные системы управления экологическими рисками [2]. Это требует глубокого понимания теоретических основ риск-менеджмента и применения современных стандартов экологической безопасности.

Целью настоящей работы является систематизация теоретических основ экологического риск-менеджмента в горнодобывающей промышленности, анализ существующих методов оценки экологических рисков и рассмотрение требований международных стандартов, прежде всего ISO 14001, к построению систем управления экологической безопасностью на предприятиях, осуществляющих открытую разработку месторождений.

2. Концептуальные основы экологического риска в горнодобывающей промышленности

2.1. Определение и сущность экологического риска

Экологический риск в контексте горнодобывающей деятельности представляет собой многоаспектную категорию, включающую как вероятностные, так и последственные компоненты. С научной точки зрения, экологический риск определяется как вероятность возникновения негативных событий или процессов, приводящих к нанесению ущерба

окружающей среде, здоровью населения и экосистемам, а также связанных с этим экономических потерь и социальных последствий [3].

Специфика экологических рисков в горнодобывающей промышленности определяется масштабностью воздействия на природные компоненты, длительным периодом восстановления нарушенных территорий и кумулятивным характером негативных эффектов. В отличие от многих других видов промышленной деятельности, открытая разработка месторождений оказывает комплексное воздействие на все компоненты окружающей среды: атмосферу, гидросферу, литосферу и биосферу [4].

2.2. Источники экологических рисков при открытой разработке месторождений

Открытая разработка месторождений полезных ископаемых характеризуется специфическим набором экологических рисков, обусловленных технологией добычи и переработки руды. Основные источники экологических угроз включают [5]:

Нарушение геологической среды и ландшафтов. Карьерная добыча предполагает изъятие значительных объемов горных пород, что приводит к формированию техногенных форм рельефа – карьерных выемок глубиной до нескольких сотен метров и площадью в десятки квадратных километров. Данные изменения носят необратимый характер и коренным образом трансформируют природные ландшафты.

Загрязнение атмосферного воздуха. Основными источниками атмосферного загрязнения выступают пылевые выбросы при буровзрывных работах, транспортировке руды и пустой породы, а также выбросы вредных газов (оксидов азота, углерода, серы) от работы горнотранспортного оборудования. Пылевое загрязнение может распространяться на значительные расстояния от места добычи, оказывая негативное влияние на прилегающие территории.

Загрязнение водных ресурсов. Технологические процессы горнодобывающих предприятий связаны с использованием значительных объемов воды и образованием загрязненных стоков. Особую опасность представляют карьерные и дренажные воды, содержащие тяжелые металлы и другие токсичные компоненты. Фильтрация загрязненных вод из хвостохранилищ и отстойников может привести к загрязнению грунтовых и поверхностных водных объектов.

Нарушение гидрологического режима. Формирование глубоких карьерных выемок нарушает естественный водный баланс территории, приводя к изменению направлений грунтового стока, иссушению прилегающих территорий или, напротив, их подтоплению.

Образование отходов горнодобывающего производства. Отвалы вскрышных и вмещающих пород, хвосты обогащения занимают обширные площади и представляют собой потенциальные источники пылевого загрязнения, выщелачивания токсичных компонентов и эрозионных процессов.

3. Методы оценки экологических рисков

3.1. Классификация методов оценки рисков

Современная теория риск-менеджмента предлагает широкий спектр методов для оценки экологических рисков, которые могут быть классифицированы на количественные, качественные и комбинированные подходы. Выбор конкретного метода зависит от доступности данных, масштаба оценки, требуемой точности результатов и ресурсов, которыми располагает предприятие [6].

3.2. Количественные методы оценки

Статистические методы базируются на анализе исторических данных о частоте возникновения неблагоприятных экологических событий и величине причиненного ими ущерба. Применяются функции распределения вероятностей (нормальное, логнормальное, распределение Вейбулла) для определения риска загрязнения компонентов окружающей среды. Статистический подход позволяет проводить ранжирование источников загрязнения по степени их опасности и определять приоритетные направления природоохранной деятельности [7].

Основная формула для расчета экологического риска при множественных источниках угроз имеет вид:

$$R = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} P_{ij} \cdot U_i \quad (1)$$

где R – величина экологического риска;

P_{ij} – вероятность получения ущерба U_i при наступлении события j-го типа;

U_i – величина ущерба i-го типа (в стоимостном или натуральном выражении);

n – количество видов ущербов;

m – количество типов событий.

Вероятностный анализ предполагает использование методов теории вероятностей для оценки риска реализации неблагоприятных сценариев. Применяются деревья событий и деревья отказов для моделирования причинно-следственных связей между технологическими нарушениями и экологическими последствиями.

Математическое моделирование включает разработку детерминированных и стохастических моделей распространения загрязняющих веществ в различных средах. Использование численных методов позволяет прогнозировать концентрации загрязнителей в атмосфере, водных объектах и почвах в зависимости от параметров источников выбросов и природно-климатических условий [8].

3.3. Качественные методы оценки

Матричные методы представляют собой наиболее распространенный инструмент качественной оценки рисков, основанный на двухкомпонентном анализе: вероятности возникновения опасного события и тяжести его последствий. Каждый компонент оценивается по шкале (обычно от 1 до 5 баллов), а величина риска определяется как произведение этих показателей. Результаты представляются в виде матрицы риска, где каждая ячейка соответствует определенному уровню риска – от незначительного до критического [9].

Преимуществами матричного подхода являются:

- Простота применения и понятность результатов для различных заинтересованных сторон;
- Возможность быстрой оценки большого числа рисков;
- Наглядность представления результатов;
- Эффективность при недостатке количественных данных.

Экспертные методы применяются в ситуациях, когда отсутствуют статистические данные или невозможно количественно измерить параметры риска. К экспертным методам относятся:

Метод Дельфи – многоступенчатая процедура сбора и обработки мнений экспертов с применением анонимного опроса и обратной связи. Метод позволяет достичь консенсуса в оценке рисков при существенных расхождениях в первоначальных экспертных суждениях.

SWOT-анализ – инструмент стратегической оценки, выявляющий сильные и слабые стороны системы экологического управления предприятия, а также возможности и угрозы внешней среды.

Сценарный анализ – метод разработки альтернативных вариантов развития ситуации при различных комбинациях факторов риска. Позволяет оценить устойчивость системы к различным неблагоприятным воздействиям [1].

3.4. Геоинформационные системы в оценке экологических рисков

Использование геоинформационных систем (ГИС) и методов пространственного анализа представляет собой современный подход к комплексной оценке экологических рисков. ГИС-технологии позволяют:

- Визуализировать пространственное распределение источников экологических угроз;
- Проводить анализ зон потенциального воздействия;
- Оценивать уязвимость природных компонентов и социальных объектов;
- Моделировать распространение загрязняющих веществ с учетом рельефа местности;
- Интегрировать различные типы данных (картографические, статистические, результаты мониторинга). [2]

Применение ГИС-технологий особенно эффективно при оценке рисков на крупных горнодобывающих предприятиях с обширной территорией воздействия.

4. Международные стандарты экологического менеджмента

4.1. Система стандартов ISO 14000

Международная организация по стандартизации (ISO) разработала серию стандартов ISO 14000, определяющих требования к системам экологического менеджмента на предприятиях различных отраслей. Центральное место в этой серии занимает стандарт ISO 14001, устанавливающий общие требования к построению, внедрению, поддержанию и постоянному совершенствованию системы экологического менеджмента [10].

4.2. Риск-ориентированный подход ISO 14001:2015

Версия стандарта ISO 14001, принятая в 2015 году, ознаменовала переход к риск-ориентированному подходу в экологическом менеджменте. Ключевые требования стандарта включают:

Идентификация рисков и возможностей. Организация должна определять риски и возможности, связанные с ее экологическими аспектами, требованиями соблюдения обязательств и другими вопросами, которые могут повлиять на способность системы экологического менеджмента достигать намеченных результатов.

Проактивное управление. В отличие от реактивного подхода, направленного на устранение последствий, риск-ориентированная модель предполагает упреждающее выявление потенциальных угроз и разработку превентивных мер.

Интеграция в бизнес-процессы. Управление экологическими рисками должно быть интегрировано в общую систему управления предприятием и процессы принятия стратегических решений.

Постоянное улучшение. Система управления экологическими рисками рассматривается как динамический процесс, требующий регулярного пересмотра и совершенствования на основе результатов мониторинга и аудита [6].

4.3. Принципы построения системы экологического риск-менеджмента

Эффективная система управления экологическими рисками на горнодобывающих предприятиях должна базироваться на следующих фундаментальных принципах:

Принцип предупреждения предполагает приоритет превентивных мер над корректирующими действиями. На этапе проектирования горнодобывающих объектов и разработки технологических процессов должны рассматриваться альтернативные варианты с минимальным воздействием на окружающую среду. Применяются наилучшие доступные технологии (НДТ), позволяющие снизить экологическую нагрузку [3].

Принцип сбалансированного риска учитывает необходимость достижения баланса между техногенным воздействием на окружающую среду и реализацией комплекса мероприятий по снижению степени опасности. Признается, что полное устранение экологических рисков в горнодобывающей промышленности практически невозможно,

поэтому задача состоит в оптимизации соотношения между уровнем риска и затратами на его минимизацию.

Принцип приемлемого риска основывается на концепции, что общество готово принять определенный уровень экологического риска при условии, что польза от деятельности превышает потенциальный ущерб, и остаточный риск находится в пределах социально и экологически допустимых значений. Для горнодобывающей промышленности международные стандарты рекомендуют, чтобы потенциальный экологический ущерб не превышал 2–3% от ключевых финансовых показателей предприятия [7].

Принцип системности требует рассмотрения экологических рисков во взаимосвязи с другими видами рисков (операционными, финансовыми, репутационными) и интеграции риск-менеджмента в общую систему корпоративного управления.

Принцип прозрачности и подотчетности предполагает открытое информирование заинтересованных сторон о выявленных экологических рисках, принимаемых мерах по их минимизации и результатах природоохранной деятельности.

5. Выводы

Теоретические основы экологического риск-менеджмента в горнодобывающей промышленности формируют научный базис для разработки практических методологий управления экологической безопасностью предприятий, осуществляющих открытую разработку месторождений. Анализ существующих подходов показывает, что эффективное управление экологическими рисками требует интегрированного применения количественных и качественных методов оценки.

Международный стандарт ISO 14001:2015 закрепляет риск-ориентированный подход как основу современного экологического менеджмента, предполагающий проактивное выявление потенциальных угроз и превентивное управление ими. Переход от реактивной модели реагирования на инциденты к систематическому управлению рисками позволяет предприятиям не только минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, но и повысить экономическую эффективность за счет сокращения штрафных санкций и оптимизации природоохранных затрат.

Специфика экологических рисков при открытой разработке месторождений – масштабность воздействия, длительность восстановительного периода и кумулятивный

характер негативных эффектов – требует применения комплексного подхода к оценке рисков. Статистические методы, матричный анализ, экспертные оценки и геоинформационное моделирование в совокупности обеспечивают объективную оценку вероятности и последствий реализации экологических угроз.

Фундаментальные принципы построения системы риск-менеджмента – предупреждения, сбалансированного риска, приемлемого риска, системности и прозрачности – создают методологическую основу для разработки конкретных процедур идентификации, оценки и минимизации экологических рисков на горнодобывающих предприятиях. Представленная математическая модель количественной оценки рисков позволяет определять величину потенциального экологического ущерба и обосновывать инвестиции в природоохранные мероприятия.

Дальнейшее развитие теоретических основ экологического риск-менеджмента должно быть направлено на совершенствование методов интеграции различных подходов к оценке рисков, разработку отраслевых стандартов для горнодобывающей промышленности и адаптацию международных требований к специфике национальных нормативно-правовых систем.

Список литературы

1. Орлова Л.Н. Экологический риск-менеджмент в практике экономической деятельности хозяйственных структур / Л.Н. Орлова // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. – 2020. – № 2. – С. 45–58.
2. Григоренко О.В. Экологический риск-менеджмент предприятия в условиях перехода к устойчивому развитию / О.В. Григоренко, И.Г. Черненькая, Е.К. Ткаченко // Управление и учет. – 2022. – № 3. С. 112–125.
3. Куракина Н.И. Методы оценки экологических рисков на основе геоинформационных технологий / Н.И. Куракина // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2015. – № 8. – С. 67–74.
4. Пожарицкая И.М. Подходы к методике оценки экологического риска / И.М. Пожарицкая, О.А. Униятова // Экономика и управление. – 2005. – № 6. – С. 82–87.
5. Фоменко М.А. Алгоритм риск-менеджмента в обеспечении экологической безопасности населения / М.А. Фоменко // Журнал управления рисками и устойчивого развития. – 2022. – № 4. – С. 198–210.

6. Брыкалов С.М. Применение риск-ориентированного подхода при внедрении систем экологического менеджмента / С.М. Брыкалов // Журнал исследований по управлению. – 2022. – № 6. – С. 34–48.
7. Схаб Н.А. Идентификация и оценка экологических рисков компаний нефтегазового сервиса / Н.А. Схаб // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2019. – № 2. – С. 95–105.
8. Гуцул Т.А. Методика расчета экологических рисков / Т.А. Гуцул // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 5. – С. 118–126.
9. Овчинникова Т.И. Риск-ориентированный подход при оценке опасностей в горной промышленности / Т.И. Овчинникова, Е.П. Потоцкий, В.М. Фирсова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 2. – С. 199–208.
10. Гогоберидзе Г.Г. Оценка природных и техногенных рисков арктического берегового природопользования / Г.Г. Гогоберидзе // Экологическая безопасность. – 2025. – № 3. – С. 142–158.

УДК 004.75:004.056:621.396
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.3022

EDN ZTHNQQ

Анализ устойчивости распределённого реестра сетей Smart Dust к атакам и помехам

А.А. Грейс[1*], И.В. Ковалев[1,2], Ю.А. Соснина[1], А.П. Энгель[2]

[1]Сибирский федеральный университет, пр. Свободный, 79, Красноярск, 660041, Россия
[2]Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90, Красноярск, 660049, Россия

[*]E-mail: alena.yabl@yandex.ru

Аннотация. Предложен математический подход к оценке устойчивости распределённого реестра данных сенсорных микросистем класса Smart Dust в условиях киберфизических атак и индустриальных помех. Разработана стохастическая модель функционирования доверенной сенсорной сети, учитывающая вероятности компрометации узлов, потери телеметрических пакетов и ошибок верификации данных. Выведены выражения для показателей доверенности, латентности и энергетической надёжности системы. Результаты моделирования демонстрируют влияние топологических параметров сети и интенсивности атак на интегральный индекс устойчивости сенсорной инфраструктуры.

Ключевые слова: Smart Dust, распределённый реестр, математическое моделирование, блокчейн.

Analysis of the resilience of distributed ledger–based Smart Dust sensor networks to attacks and interference

A.A. Grace[1*], I.V. Kovalev[1,2], Yu.A. Sosnina[1], A.P. Engel[2]

[1]Siberian Federal University, 79 Svobodny pr., Krasnoyarsk, 660041, Russia
[2]Krasnoyarsk State Agrarian University, 90 Mira Avenue, Krasnoyarsk, 660049, Russia

*E-mail: alena.yabl@yandex.ru

Abstract. A mathematical approach is proposed for evaluating the resilience of a distributed ledger of SmartDust-class sensor microsystems under conditions of cyber-physical attacks and industrial interference. A stochastic model of the trusted sensor network is developed, incorporating the probabilities of node compromise, telemetry packet loss, and data verification errors. Analytical expressions are derived for the indicators of data trustworthiness, latency, and energy reliability of the system. The simulation results demonstrate the influence of network topology parameters and attack intensity on the integral resilience index of the sensor infrastructure.

Keywords: Smart Dust, distributed ledger, mathematical modeling, blockchain.

1. Введение

Ухудшение экологической обстановки, связанное с ростом техногенной нагрузки и изменением структуры систем природопользования, требует разработки инструментов, обеспечивающих непрерывный контроль состояния окружающей среды. Повышение концентрации химических загрязнений в атмосфере, деградация почвенного покрова и водных экосистем, сокращение биоразнообразия, истощение природных ресурсов, накопление стойких органических и неорганических соединений в биосфере обусловливают повышение уровня антропогенного воздействия на природную среду. К техногенным формам загрязнения, влияющим на устойчивость экосистем, относятся шумовое, тепловое, вибрационное и электромагнитное загрязнение, а также изменение гидрологических и микроклиматических режимов, уплотнение городской застройки и фрагментация природных территорий. В совокупности эти процессы формируют устойчивые тенденции деградации экосистем и обуславливают необходимость перехода от дискретных измерений к непрерывному автоматизированному мониторингу состояния природных и техногенных объектов [1-2].

В данных условиях важной является задача обеспечения достоверности, защищённости и верифицируемости данных экологического мониторинга. От корректности и целостности регистрируемых параметров среды зависят эффективность природоохранных мероприятий, точность прогнозирования аварийных ситуаций и обоснованность управленческих решений в промышленности, энергетике и агропромышленном комплексе. Традиционные системы мониторинга, основанные на централизованных пунктах сбора и обработки данных, не обеспечивают требуемых пространственно-временных характеристик и не обладают достаточной отказоустойчивостью. Для них характерны высокая стоимость развёртывания, значительные задержки при передаче информации и снижение функциональной надёжности при нарушении работоспособности сети. В связи с этим развитие получают распределённые сенсорные сети нового поколения, функционирующие на принципах децентрализации и самоорганизации, которые обеспечивают повышение устойчивости, точности и адаптивности процессов измерения. Совокупность указанных факторов обусловливает применение в современных системах экологического мониторинга концепции Smart Dust, основанной на использовании распределённых сенсорных роев из микроэлектромеханических систем, обеспечивающих непрерывное измерение параметров среды с высокой пространственной и

временной разрешающей способностью. В данных условиях возникает необходимость построения верифицируемых систем экологического мониторинга, объединяющих сенсорные измерения с методами криптографической защиты, распределённой верификации и технологиями децентрализованного хранения данных [3-5].

В работе [6] предложена архитектура верифицируемого мониторинга, сочетающая криптографическую аутентификацию, межузловую верификацию и интеграцию с распределённым реестром. Однако остаются нерешёнными вопросы устойчивости рассматриваемой архитектуры к воздействию промышленных электромагнитных помех и киберфизических атак, направленных на нарушение функционирования доверенной среды данных. Сенсорные сети подвержены совокупности деструктивных факторов, среди которых основными являются электромагнитные помехи, вызывающие потери пакетов и искажения сигналов, компрометация и подмена сенсорных узлов, а также атаки на узлы консенсуса распределённого реестра, способные привести к нарушению целостности, достоверности и согласованности данных.

Для оценки влияния указанных факторов на достоверность и устойчивость работы системы требуется формализация их взаимосвязей и разработка математической модели, описывающей зависимость ключевых параметров функционирования сети от характеристик внешних воздействий и архитектурных параметров. Разработка такой модели позволит определить критические зависимости между достоверностью данных, числом валидаторов и параметрами помех, а также провести оценку общей устойчивости системы с распределённым журналом данных.

2. Материалы и методы

Архитектура системы экологического мониторинга, представленная в работе [6], реализует многоуровневую организацию сенсорной сети, обеспечивающую сбор, верификацию и хранение измерительной информации в распределённой среде. Система содержит три функциональных уровня: микроуровень сенсорных узлов, мезоуровень кластерного взаимодействия и макроуровень шлюзов с распределённым реестром данных. На микроуровне функционируют миниатюрные сенсорные узлы, оснащённые микроэлектромеханическими датчиками и низкопотребляющими радиомодулями, формирующие телеметрические пакеты, содержащие параметры и криптографические метки

аутентификации. На мезоуровне реализуется кластерная структура, обеспечивающая локальную межузловую верификацию данных с использованием протоколов кворумного консенсуса. Каждый кластер формирует агрегированные данные, прошедшие проверку достоверности внутри группы сенсоров. На макроуровне агрегированные данные поступают на шлюзы, где выполняется их фиксация в распределённом реестре. Реестр обеспечивает неизменность и прослеживаемость информации, а также возможность ретроспективной проверки корректности измерений. Такая архитектура обеспечивает сквозную верификацию данных, от момента измерения до хранения в распределённой среде, что повышает доверенность и устойчивость системы к внутренним и внешним воздействиям.

Для формализации процессов функционирования сети введём обобщённое математическое представление системы. Сеть рассматривается как совокупность N сенсорных узлов, объединённых в кластеры и связанных M валидаторами распределённого реестра. Каждый сенсорный узел выполняет измерение параметров среды, формирует телеметрический пакет и передаёт его в кластерную подсеть для последующей верификации и фиксации в реестре.

При функционировании сети формируются независимые ошибки различных типов, обусловленные воздействием стохастических, аппаратных и киберфизических факторов. В модели рассматриваются три независимых источника ошибок, определяющих искажение и потерю данных в процессе измерения и передачи. Выбор данных факторов обусловлен их фундаментальной ролью в формировании совокупной погрешности функционирования распределённой сети.

Каждый из рассматриваемых источников соответствует определённому уровню архитектуры системы. Физический уровень передачи сигналов характеризуется влиянием стохастических электромагнитных помех, которые приводят к потере пакетов и искажению измерительных данных. Вероятность возникновения таких ошибок обозначается как p_{loss} и определяется свойствами канала связи, уровнем шумов и помехоустойчивостью радиомодуля.

Сенсорный уровень отражает достоверность работы отдельных узлов сети. На данном уровне возможны компрометация, подмена или программная модификация сенсора в результате киберфизических атак либо внутренних сбоев. Соответствующая вероятность ошибки обозначается как p_{adv} и характеризует риск нарушения аутентичности измеренных данных.

Уровень распределённого консенсуса связан с функционированием валидаторов и процессом фиксации данных в распределённом реестре. На этом уровне возможны атаки на механизмы консенсуса, приводящие к формированию ложных блоков или нарушению согласованности данных. Вероятность возникновения таких событий обозначается как p_c и отражает устойчивость системы к подмене записей в доверенной среде.

Такое трёхуровневое представление обеспечивает полноту модели, охватывающей основные классы стохастических, аппаратных и киберфизических воздействий, влияющих на достоверность и устойчивость функционирования распределённой сенсорной сети.

Взаимодействие представленных уровней формирует совокупную вероятность нарушения достоверности данных в процессе их генерации, передачи и фиксации в распределённой системе. Поскольку источники ошибок имеют различную природу и относятся к независимым уровням функционирования сети, принимается допущение об их статистической независимости, которое позволяет разложить интегральную вероятность потери или искажения данных на составляющие, соответствующие каждому типу воздействия, и выразить общую вероятность ошибки сенсорного узла как функцию частных вероятностей. Интегральная вероятность ошибки отдельного сенсора задана как (уравнение 1):

$$P_{err} = p_{loss} + (1 - p_{loss})p_{adv}, \quad (1)$$

где p_{loss} – вероятность потери пакета данных на физическом уровне вследствие электромагнитных помех и шумов канала, p_{adv} – вероятность искажения данных в результате компрометации сенсорного узла при сохранении канала связи.

Введённая интегральная вероятность ошибки P_{err} отражает совокупное влияние деструктивных факторов, действующих на сенсорный узел. Для анализа устойчивости системы необходимо детализировать вклад каждого из них, начиная с ошибок, возникающих на физическом уровне передачи данных.

2.1. Модель потери данных при электромагнитных помехах

Передача данных в сети осуществляется по каналам, подверженным влиянию стохастических электромагнитных помех и эффектов многолучевого распространения. В реальных условиях сигналы испытывают Рэлеевское замирание, вызванное интерференцией отражённых и преломлённых волн, что приводит к временному снижению уровня

принимаемого сигнала ниже порога чувствительности приёмника. В такие моменты приём пакета становится невозможным, и происходит его потеря. При моделировании вероятности потерь пакетов предполагается, что амплитуда принимаемого сигнала A распределена по Рэлею, а мгновенное отношение сигнал/шум p подчиняется экспоненциальному закону распределения с параметром $\bar{\rho}$, равным среднему отношению сигнал/шум. Тогда вероятность того, что мгновенное отношение сигнал/шум не превысит порог γ, при котором приём возможен, определяется как (уравнение 2):

$$p_{loss} = P(p < \gamma) = 1 - e^{-\gamma/\bar{\rho}} \quad (2)$$

Параметр $\bar{\rho}$ характеризует качество радиоканала и зависит от мощности передатчика, коэффициента усиления антенны, расстояния между узлами и плотности индустриальных электромагнитных помех. С уменьшением $\bar{\rho}$ вероятность потери пакета экспоненциально возрастает. Уравнение (2) позволяет количественно оценить вероятность потерь данных в зависимости от характеристик радиосигнала и параметров среды распространения.

2.2. Вероятность достоверной верификации в кластере

В архитектуре [6] сенсорные узлы объединяются в кластеры, обеспечивающие локальную агрегацию и взаимную верификацию измерений. Каждый кластер рассматривается как группа из N сенсорных узлов, выполняющих синхронные измерения одного параметра и обменивающихся результатами для последующего принятия согласованного решения. Принятие решения о достоверности агрегированного значения осуществляется по принципу кворума, при котором результат признаётся корректным, если число узлов, передавших достоверные данные, превышает заданный порог qN, где $0 < q \ll 1$. Вероятность того, что кластер сформирует корректное значение при независимых ошибках отдельных сенсоров с вероятностью P_{err} выражается через биномиальное распределение (уравнение 3):

$$D_{net} = \sum_{i=\lceil qN \rceil}^{N} \binom{N}{i} (1 - P_{err})^i P_{err}^{N-i} \quad (3)$$

где D_{net} – вероятность достоверности кластерного результата, N – число узлов в кластере, q – порог кворума, P_{err} – интегральная вероятность ошибки отдельного сенсора. Уравнение (3) отражает вероятность того, что не менее порогового числа узлов передали корректные данные,

что соответствует принципу большинства, применяемому в протоколах локального консенсуса.

При наличии статистической корреляции ошибок между сенсорами, обусловленной пространственной близостью или общими источниками помех, используется число независимых узлов N_{eff}, определяемое соотношением (уравнение 4):

$$N_{eff} = \frac{N}{1 + (N-1)\rho} \tag{4}$$

где p – коэффициент корреляции ошибок между узлами.

Показатель D_{net} служит формальным критерием локальной устойчивости сенсорного кластера, характеризуя способность группы узлов компенсировать индивидуальные отказы и помехи при коллективной обработке данных.

2.3. Вероятность успешной атаки на распределённый реестр

На макроуровне архитектуры хранение и подтверждение данных осуществляется с использованием распределённого реестра. Для фиксации блоков используется протокол консенсуса, реализуемый множеством узлов-валидаторов, выполняющих проверку и подпись транзакций. Надёжность функционирования данной подсистемы определяется устойчивостью механизма консенсуса к компрометации части валидаторов, что критично в условиях киберфизических атак. Предположим, что каждый из M валидаторов может быть скомпрометирован с вероятностью p_c и события компрометации независимы. Если для успешного нарушения целостности реестра злоумышленнику необходимо получить контроль над не менее чем r валидаторами, то вероятность успешной атаки выражается через биномиальное распределение (уравнение 5):

$$P_{attack} = \sum_{i=r}^{M} \binom{M}{i} p_c^i (1-p_c)^{M-i} \tag{5}$$

где P_{attack} – вероятность нарушения согласованности данных, M – общее число валидаторов, r – минимальное количество скомпрометированных узлов, достаточное для атаки, p_c – вероятность компрометации одного валидатора.

Для PBFT протоколов консенсуса порог устойчивости определяется выражением (уравнение 6):

$$r = f + 1, f = \lfloor (M - 1)/3 \rfloor \quad (6)$$

2.4. Средняя задержка записи блока

Производительность распределённого реестра определяется не только устойчивостью к ошибкам и атакам, но и временными характеристиками процесса фиксации данных. Поскольку сенсорные узлы формируют телеметрические пакеты с высокой частотой, на консенсусном уровне возникает поток транзакций, требующих включения в блоки и последующего подтверждения валидаторами. Для анализа временных характеристик используется стохастическая модель потока транзакций.

Пусть блок формируется каждые T_b секунд, его вместимость составляет C транзакций, интенсивность поступления транзакций равна λ, а средняя скорость их валидации определяется как (уравнение 7):

$$\mu = \frac{C}{T_b} \quad (7)$$

При условии отсутствия перегрузки системы $\lambda < \mu$ средняя задержка подтверждения транзакции оценена на основе классической модели очереди $M/M/1$, в которой поступления и обслуживание подчиняются пуассоновским процессам. Среднее время ожидания записи блока в таком случае выражается зависимостью (уравнение 8):

$$T_{conf} \approx \frac{T_b}{2} + \frac{\rho}{\mu - \lambda} + T_{prop} + T_{proc}, \rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (8)$$

где T_{conf} – среднее время подтверждения блока, $T_b/2$ – средняя задержка ожидания формирования блока, T_{prop} – задержка распространения пакета по сети, T_{proc} – среднее время обработки транзакции валидатором, ρ – коэффициент загрузки системы.

При приближении интенсивности входящего потока λ к скорости обслуживания μ система достигает состояния насыщения, при котором T_{conf} растёт асимптотически, что ограничивает предельную пропускную способность сети.

2.5. Интегральный индекс устойчивости системы

Оценка функциональной устойчивости распределённой сенсорной сети требует комплексного учёта множества взаимосвязанных факторов, определяющих надёжность, защищённость и эффективность её функционирования. Поскольку каждый из рассмотренных

выше параметров характеризует отдельный аспект устойчивости системы, то целесообразно ввести сводный показатель, отражающий их совокупное влияние. Для этого используется интегральный индекс устойчивости S, представляющий взвешенную композицию частных показателей (уравнение 9):

$$S = D_{net}^{w_1}(1 - P_{attack})^{w_2}\left(\min\left\{\frac{\mu}{\lambda}, 1\right\}\right)^{w_3}\left(\min\left\{\frac{E_{life}}{E_{target}}, 1\right\}\right)^{w_4} \quad (9)$$

где D_{net} – вероятность достоверной верификации данных в кластере, P_{attack} – вероятность успешной атаки на распределённый реестр, μ/λ – отношение скорости обслуживания к интенсивности поступления транзакций, характеризующее производительность системы, E_{life} и E_{target} – соответственно фактическое и требуемое время функционирования сенсорного узла, w_i – весовые коэффициенты, отражающие относительную значимость соответствующих компонентов устойчивости. S принимает значения в диапазоне $0 < S \ll 1$ и служит агрегированным критерием общего состояния системы при воздействии стохастических, электромагнитных и киберфизических факторов. Высокие значения индекса соответствуют состоянию, при котором система сохраняет корректность, согласованность и работоспособность при заданных условиях внешней среды и параметрах нагрузки. Снижение S ниже критического порога указывает на рост вероятности системных отказов, нарушение согласованности данных или деградацию энергетического ресурса узлов.

Формализованная стохастическая модель позволяет проводить параметрическое моделирование и оценку влияния факторов помех, компрометации и нагрузки на общую устойчивость сенсорной инфраструктуры. Обобщённая форма стохастической модели представляется в виде системы взаимосвязанных вероятностных зависимостей (уравнение 10):

$$\begin{aligned} p_{loss} &= P(p < \gamma) = 1 - e^{-\gamma/\bar{p}} \\ P_{err} &= p_{loss} + (1 - p_{loss})p_{adv}, \\ D_{net} &= \sum_{i=\lceil qN \rceil}^{N} \binom{N}{i}(1 - P_{err})^i P_{err}^{N-i} \\ P_{attack} &= \sum_{i=r}^{M} \binom{M}{i} p_c^i (1 - p_c)^{M-i} \end{aligned} \quad (10)$$

$$S = D_{net}^{w_1}(1 - P_{attack})^{w_2}\left(\min\left\{\frac{\mu}{\lambda}, 1\right\}\right)^{w_3}\left(\min\left\{\frac{E_{life}}{E_{target}}, 1\right\}\right)^{w_4}$$

3. Результаты

Имитационное моделирование выполняется с целью количественной оценки устойчивости распределённой сенсорной сети в условиях совокупного воздействия электромагнитных помех, стохастических потерь данных и киберфизических атак. Разрабатываемая модель отражает функционирование доверенной сенсорной инфраструктуры, включающей кластеры микросенсорных узлов и распределённый реестр данных, реализующий PBFT-подобный протокол консенсуса. Предполагается, что сенсорные узлы функционируют в среде с переменной интенсивностью электромагнитных воздействий, стохастическим характером потерь пакетов и независимой вероятностью компрометации элементов доверенной среды.

Моделирование осуществляется в режиме, при котором параметры внешней среды и сетевой нагрузки остаются постоянными в пределах одного цикла наблюдения, а результаты усредняются по множеству реализаций стохастических процессов. Расчёты выполняются с использованием дискретно-событийного подхода, реализующего вероятностное описание процессов передачи, верификации и консенсуса на уровне распределённого реестра. Модульная структура модели включает три взаимосвязанных подсистемы: сенсорную, кластерную и верификационно-реестровую.

Выбор исходных параметров моделирования определяется типовыми характеристиками микросенсорных систем и параметрами их радиоканалов в условиях электромагнитных воздействий. Число сенсорных узлов в кластере принимается равным $N = 50$, что соответствует средней плотности размещения датчиков в локальной зоне мониторинга площадью порядка нескольких десятков квадратных метров. Количество валидаторов распределённого реестра задаётся как $M = 10$, что отражает типовую конфигурацию подсистемы доверенной верификации, используемую в PBFT-подобных протоколах консенсуса, обеспечивающих отказоустойчивость при умеренных вычислительных затратах.

Диапазон среднего отношения сигнал/шум $\bar{\rho} \in [5, 20]$ дБ соответствует условиям работы сетей, функционирующих в диапазоне 2,4 ГГц и подверженных эффектам замирания сигнала в городской и промышленной среде. Вероятность компрометации одного валидатора

p_c изменяется в пределах от 0 до 0,4, что охватывает диапазон от защищённого состояния системы до предельного византийского порога устойчивости, соответствующего компрометации одной трети валидаторов. Коэффициент корреляции ошибок между сенсорами p варьируется от 0 до 0,5, отражая частичную зависимость ошибок при воздействии общих помеховых источников. Интенсивность поступления транзакций λ изменяется в диапазоне $0{,}1\mu \leq \lambda \leq 0{,}9\mu$, что позволяет охватить как режимы недогрузки, так и состояния, близкие к насыщению системы.

Такой выбор параметров обеспечивает репрезентативность моделирования для широкого класса распределённых сенсорных сетей и позволяет выявлять закономерности влияния физических, стохастических и киберфизических факторов на интегральный индекс устойчивости S.

Стохастическое моделирование выполняется по схеме Монте-Карло с параметрическим перебором сценариев внешних воздействий и топологических характеристик сети. В рамках каждого сценария фиксируются значения $\bar{\rho}$ (среднее SNR), p (корреляция ошибок между сенсорами), p_c (вероятность компрометации валидатора), (N, M, q, r) (размер кластера, число валидаторов, порог кворума и порог атаки), а также интенсивности λ и μ на уровне реестра. Полагается, что все параметры сохраняют квазистационарность в пределах одного окна наблюдения, после чего результаты усредняются по множеству независимых реализаций стохастических процессов. Для каждого набора параметров выполняется от одной до десяти тысяч ($K = 10^3$-10^4) независимых итераций моделирования, что обеспечивает статистическую устойчивость результатов, уменьшение дисперсии оценок и возможность построения доверительных интервалов для вероятностных характеристик.

Генерация ошибочных событий на физическом уровне основывается на модели Рэлеевских замираний: мгновенное отношение сигнал/шум p_t рассматривается как экспоненциальная случайная величина с математическим ожиданием $\bar{\rho}$, а вероятность потери пакета оценивается по (2), где γ задаёт порог чувствительности приёмника. Для каждой реализации формируется выборка Бернуллиевских исходов «принят/потерян» с параметром p_{loss}. На уровне сенсора учитывается также вероятность искажения данных p_{adv}, интегральная вероятность ошибки узла вычисляется по (1). Корреляция ошибок между сенсорами моделируется либо через эффективное число узлов (4) при аналитическом расчёте, либо через

блоковую зависимость исходов при прямой имитации (внутри блока реализуются одинаковые фоновые факторы, индуцирующие положительную зависимость).

Кластерная достоверность верификации оценивается двумя эквивалентными способами – аналитически по биномиальной свёртке (3) при предположении независимости, либо прямой симуляцией голосования N узлов с учётом корреляции; в последнем случае доля успешных исходов по K прогонам даёт несмещённую оценку $\widehat{D}_{net}$. На уровне валидаторов распределённого реестра компрометация моделируется как биномиальный процесс: в каждом прогоне генерируется число скомпрометированных валидаторов $X \sim Bin(M, p_c)$, событие успешной атаки фиксируется при $X \geq r$, а оценка $\hat{P}_{attack}$ равна доле таких исходов. Для PBFT-подобных схем используется порог (6), что соответствует византийской модели отказов.

Временные характеристики консенсуса моделируются в предположении потока транзакций Пуассона с интенсивностью λ и экспоненциального обслуживания со скоростью (7), средняя задержка подтверждения оценивается по (8). При необходимости проводится имитация очереди в дискретно-событийной постановке для проверки применимости аналитической аппроксимации вблизи насыщения $\lambda \to \mu$.

Энергетический аспект отражается нормированным показателем $\min\left\{\frac{E_{life}}{E_{target}}, 1\right\}$.

При наличии телеметрии питания имитируется разряд по профилю нагрузки, иначе используется параметрический перебор E_{life}. Интегральный индекс устойчивости вычисляется по формуле (9), w_i задают относимую значимость составляющих. Для каждого сценария формируются точечные оценки $\widehat{D}_{net}$, $\hat{P}_{attack}$, $\hat{S}$ и 95% доверительные интервалы по нормальной аппроксимации на базе K прогонов. Воспроизводимость обеспечивается фиксацией начального зерна генератора псевдослучайных чисел, публикацией сетки параметров и числа итераций.

На рисунке 1 представлена зависимость вероятности достоверной верификации кластера $\widehat{D}_{net}$ от среднего отношения сигнал/шум $\bar{\rho}$ при различных коэффициентах корреляции ошибок p. Видно, что при снижении $\bar{\rho}$ достоверность измерений уменьшается экспоненциально, особенно в условиях высокой корреляции ошибок.

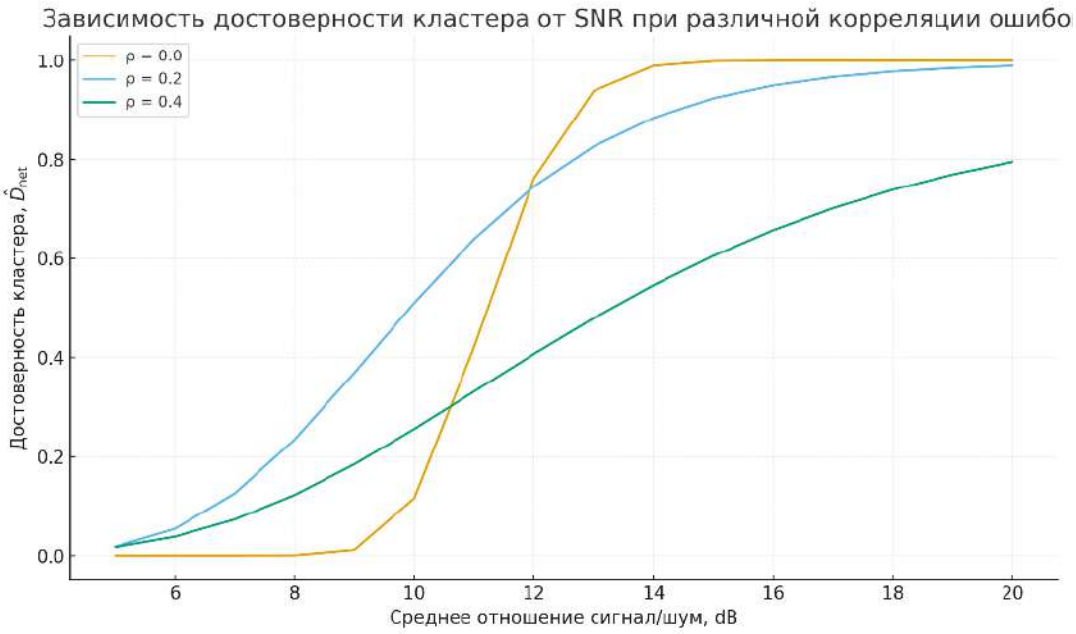


Рисунок 1. Зависимость вероятности достоверной верификации кластера $\widehat{D}_{net}$ от среднего отношения сигнал/шум $\bar{\rho}$ при различных коэффициентах корреляции ошибок p.

3.1. Влияние электромагнитных помех на достоверность измерений

Стохастическое моделирование показывает, что электромагнитные помехи оказывают существенное влияние на достоверность сенсорных измерений, формируемых узлами. При уменьшении среднего отношения $\bar{\rho}$ вероятность p_{loss} возрастает экспоненциально в соответствии с зависимостью (2).

В диапазоне $\bar{\rho} \in [5, 20]$ дБ наблюдается пороговое поведение достоверности, при $\bar{\rho} <$ 10 дБ средняя доля потерянных пакетов превышает 25%, что приводит к снижению $\widehat{D}_{net}$ до 0,6-0,7. При $\bar{\rho} < 15$ дБ вероятность ошибок передачи падает ниже 5%, и сеть функционирует в устойчивом режиме, обеспечивая $\widehat{D}_{net} > 0{,}9$.

Особое влияние на точность коллективного решения оказывает корреляция ошибок между сенсорами. При коэффициенте корреляции $\bar{\rho} > 0{,}3$ наблюдается уменьшение эффективного числа независимых узлов (4), что снижает эффективность процедуры кворума, что приводит к тому, что даже при высоком уровне сигнала агрегированная достоверность может падать на 10-15%. Обеспечение пространственной разнесённости сенсоров и использование помехоустойчивых протоколов связи являются критически важными условиями стабильности системы.

Наблюдается гладкая переходная область при $\bar{\rho} \approx 12 - 14$ дБ, которая соответствует границе перехода от режима деградации к устойчивому функционированию. Этот диапазон параметров может рассматриваться как рабочая зона радиоканалов сенсорных систем для обеспечения достоверности выше 0,85.

Моделирование атак на распределённый реестр проводится при варьировании вероятности компрометации валидаторов $p_c \in [0; 0{,}4]$ и различном числе узлов консенсуса $M =$ 10-15 (рисунок 2). Для каждого сценария вычисляется $\hat{P}_{attack}$, определяемая как доля прогонов, в которых число скомпрометированных валидаторов $X \geq r = f + 1$. Результаты моделирования показывают, что при $p_c < 0{,}2$ вероятность нарушения согласованности данных не превышает 5%, что соответствует устойчивому режиму работы протоколов класса PBFT. При увеличении до 0,3 происходит резкий рост $\hat{P}_{attack}$ до 30-40%, что совпадает с византийским порогом устойчивости. Для $p_c > 0{,}35$ наблюдается почти линейное приближение к 1, что соответствует полной потере доверия к распределённому реестру.

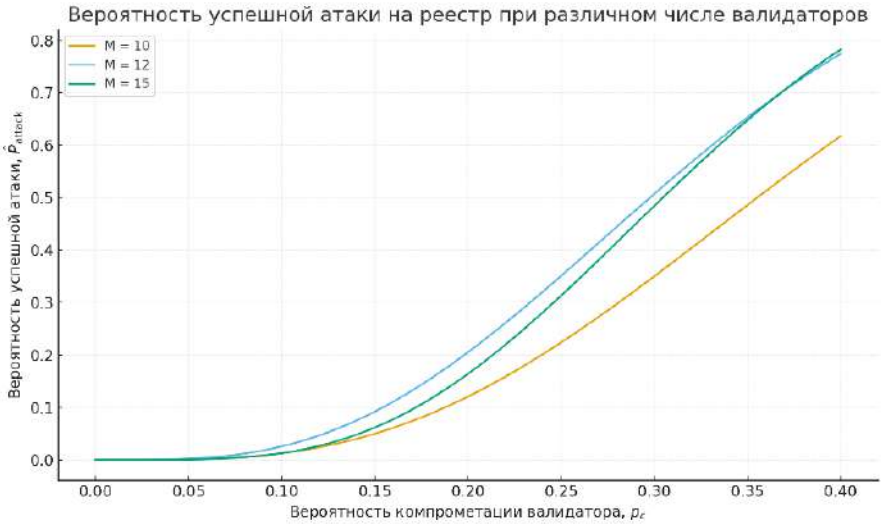


Рисунок 2. Зависимость вероятности успешной атаки от вероятности компрометации валидатора при различном числе валидаторов.

Увеличение числа валидаторов до 15 приводит к снижению вероятности успешной атаки примерно на 40% по сравнению с конфигурацией из 10 узлов, что указывает на эффективность масштабирования консенсусного уровня для повышения безопасности. Вероятность компрометации существенно возрастает при наличии коррелированных атак,

когда валидаторы контролируются одним источником угрозы, в этом случае устойчивость системы определяется уже не числом узлов, а степенью независимости каналов доверия.

3.2. Интегральный индекс устойчивости системы

Интегральный индекс устойчивости, вычисляемый по (9), отражает совокупное влияние достоверности сенсорных данных, защищённости распределённого реестра, производительности консенсусного уровня и энергоэффективности узлов. Моделирование показывает, что $\hat{S}$ является наиболее чувствительным к параметрам $\bar{\rho}$ и p_c. При снижении $\bar{\rho}$ ниже 10 дБ или при компрометации валидаторов более чем на 30% индекс устойчивости падает ниже 0,5, что соответствует состоянию системной деградации. В устойчивом режиме ($\bar{\rho} > 15$ Дб, $p_c < 0{,}2, \lambda/\mu < 0{,}7$) индекс сохраняет значения выше 0,8. Дополнительное влияние оказывает коэффициент нагрузки λ/μ, определяющий задержку консенсуса T_{conf}. При $\lambda/\mu \to 1$ время подтверждения блока увеличивается более чем в два раза, что снижает оперативность обновления данных в реестре и уменьшает $\hat{S}$ на 10-15%.

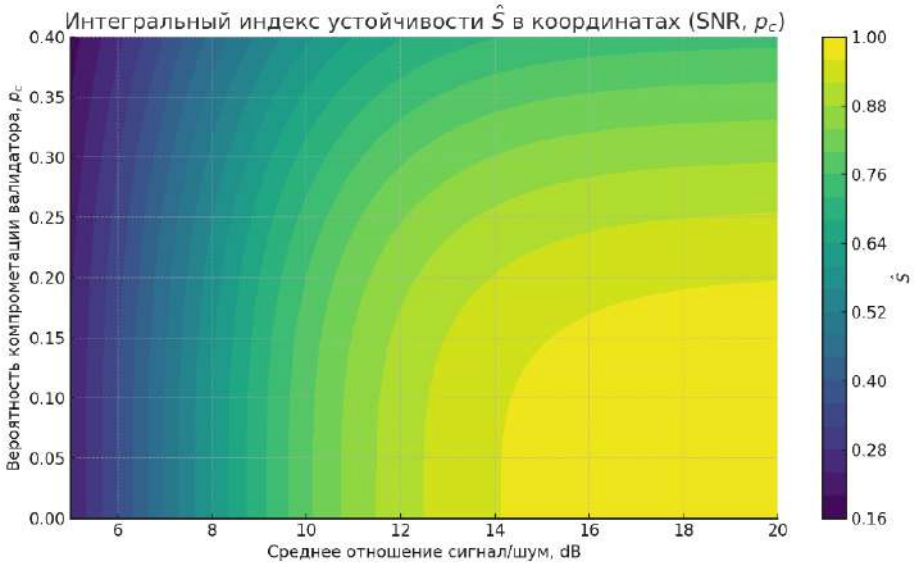


Рисунок 3. Интегральный индекс устойчивости в координатах среднего отношения сигнал/шум и вероятности компрометации валидаторов.

Включение энергетического компонента позволяет учесть ограничение времени работы узлов в условиях автономного питания. При снижении ресурса питания до 50% от требуемого срока эксплуатации значение $\hat{S}$ падает в среднем на 0,1, что подчёркивает необходимость оптимизации энергопотребления сенсорных систем.

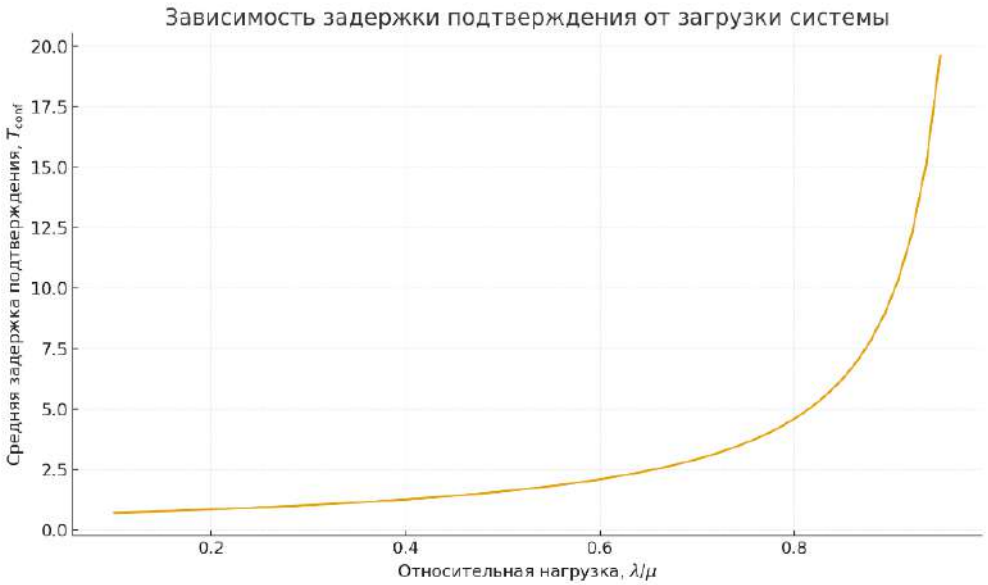


Рисунок 4. Зависимость средней задержки подтверждения блока от относительной загрузки системы.

Полученные результаты позволяют определить область устойчивого функционирования сенсорной сети: $\bar{\rho} > 15$ Дб, $p_c < 0{,}2, p < 0{,}3$, $\lambda/\mu < 0{,}7$. В этих условиях система обеспечивает интегральный индекс устойчивости $\hat{S} > 0{,}8$, что соответствует надёжной и согласованной работе сенсорной инфраструктуры при допустимом уровне помех и атак.

4. Выводы

Полученные результаты подтверждают, что разработанная стохастическая модель адекватно описывает вероятностные процессы, происходящие в распределённых сенсорных сетях SmartDust. Совместное рассмотрение электромагнитных помех, компрометации узлов и параметров сетевой нагрузки позволяет не только количественно оценивать устойчивость системы, но и выявлять критические пороговые состояния, при которых наблюдается деградация достоверности и согласованности данных. Показано, что характер зависимости интегрального индекса устойчивости от параметров среды имеет нелинейный вид с выраженными областями перехода, что свидетельствует о высокой чувствительности архитектуры SmartDust к комбинированным воздействиям.

Сравнение результатов имитационного и аналитического моделирования демонстрирует согласованность расчётных и экспериментальных оценок при уровне расхождения не более 3-5 %, что подтверждает корректность принятых допущений о независимости частных процессов и квазистационарности внешних воздействий. Сходимость указывает на применимость предложенной модели для прогнозирования устойчивости сетей в реальных условиях функционирования, включая сценарии повышенного уровня электромагнитных помех и потенциальных кибератак на доверенную среду данных.

Модель позволяет определять оптимальные сочетания числа валидаторов, порогов кворума и допустимого уровня корреляции ошибок, обеспечивающие максимальную устойчивость при минимальных энергетических и вычислительных затратах. Кроме того, предложенный интегральный индекс может применяться в качестве формализованного критерия при проектировании и тестировании систем экологического мониторинга нового поколения, реализующих принципы доверенной передачи и верификации данных.

Результаты стохастического моделирования не только подтверждают эффективность архитектуры верифицируемого экологического мониторинга на основе сенсорных роев SmartDust, но и задают методологические основания для дальнейшего развития моделей устойчивости децентрализованных сенсорных систем. Полученные зависимости могут быть использованы для построения адаптивных механизмов самовосстановления и интеллектуальной маршрутизации данных в условиях стохастических помех и динамически изменяющихся атакующих воздействий.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект No 25-11-20040, https://rscf.ru/en/project/25-11-20040/, Красноярского краевого фонда науки.

Список литературы

1. Емельянова Л. К. Экологический кризис – актуальная проблема современности / Л.К. Емельянова // Экономика и социум. – 2019. – № 7(62). – С. 259-264.
2. Слаутин Ю.А. Особенности технической реализации автоматизированной системы мониторинга окружающей среды / Ю.А. Слаутин, И.С. Полевщиков // Символ науки. – 2015. – №7-1. – С. 44-45.

3. Гетманская Д.В. Исследование программных подсистем для задач сенсорного мониторинга и управления экосистемами / Д.В. Гетманская // Информатика. Экономика. Управление – Informatics. Economics. Management. – 2025. – 4(2). – С. 3032-3037. https://doi.org/10.47813/2782-5280-2025-4-2-3032-3037.
4. Лосев В.В. Обзор перспективных проектов в области устойчивого территориального развития и глобальных киберфизических систем / В.В. Лосев, Д.И. Ковалев, А.А. Ворошилова, Е.В. Туева // Информатика. Экономика. Управление – Informatics. Economics. Management. – 2023. – 2(2). – С. 0401-0413. https://doi.org/10.47813/2782-5280-2023-2-2-0401-0413.
5. Nwazor N.O. Smart Dust Technologies / N.O. Nwazor, O. Horsfall // The Journal of Scientific and Engineering Research. – 2022. – 9(1). – P. 109-115.
6. Грейс А.А. Архитектура верифицируемого экологического мониторинга на основе сенсорных систем SmartDust / А.А. Грейс, А.П. Энгель // MIP ENGINEERING-VI-2025: Модернизация, инновации, прогресс: материалы трудов VI международной научной конференции. – Красноярск: Красноярский краевой Дом науки и техники Российского союза научных и инженерных общественных объединений, 2025. – С. 304-318. https://doi.org/ 10.47813/mip.6.2025.4008.

УДК 33
EDN YZHYPS
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.4001

Социальное обеспечение как фактор устойчивого экономического роста

М.Р. Сницкая

Студент, ФГБОУ ВО “Байкальский государственный университет”, Иркутск, Россия

E-mail: Snitskaya.mara@bk.ru

Аннотация. В статье исследуется влияние системы социального обеспечения на экономический рост страны на примере России. Проанализированы основные механизмы, по которым система социального обеспечения влияет на экономику, и рассмотрено текущее состояние системы социального обеспечения в России. По результатам исследования сформулированы выводы о необходимости дальнейшего совершенствования системы социального обеспечения для стимулирования экономического роста.

Ключевые слова: система социального обеспечения, экономический рост, финансовая устойчивость, доступность, качество социальных услуг.

Social security as a factor in sustainable economic growth

M.R. Snitskaya

Baikal State University, Irkutsk, Russia

E-mail: Snitskaya.mara@bk.ru

Abstract. The article examines the impact of the social security system on the economic growth of the country on the example of Russia. The author analyzes the main mechanisms by which the social security system affects the economy and examines the current state of the social security system in Russia. In conclusion, the author draws conclusions about the need for further improvement of the social security system to stimulate economic growth.

Keywords: social security system, economic growth, financial stability, accessibility, quality of social services.

1. Введение

Социальное обеспечение – это система государственных и общественных мер, которые направлены на обеспечение минимального уровня жизни людей, а также защиту их от социальной незащищенности и бедности. Основными принципами социального обеспечения являются универсальность, справедливость, эффективность и устойчивость.

Рассматриваемая тема является актуальной для современных исследований, так как система социального обеспечения является ключевым элементом экономической и социальной политики государства, влияющим на жизнь граждан и экономический рост страны. Анализ влияния системы социального обеспечения на экономический рост страны является важным для понимания причин и механизмов, определяющих эту связь, и для разработки эффективных политических мер, направленных на улучшение системы социального обеспечения и стимулирование экономического роста.

2. Материалы и методы исследования

Исследование основано на анализе научной литературы, нормативно-правовых актов Российской Федерации и государственных программ. В работе использованы труды отечественных авторов, таких как Чирикова А.Е., Антропов В.В., Гончаров А.И., и других, которые исследуют социальную политику, финансовые механизмы социальной поддержки и зарубежный опыт. Также проанализированы официальные документы, включая Федеральный закон "Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации" и материалы правительственных порталов, что позволяет оценить текущее состояние и правовую базу социального обеспечения в России. Методология включает сравнительный анализ, обобщение и систематизацию данных.

3. Результаты и обсуждение

Система социального обеспечения влияет на экономический рост страны в различных аспектах. С одной стороны, она может стимулировать экономический рост, создавая благоприятные условия для развития человеческого капитала, повышения производительности труда и улучшения качества жизни населения. С другой стороны, она может оказывать отрицательное влияние на экономический рост, увеличивая финансовые бремена для государства и предприятий, что может приводить к снижению инвестиций и роста экономики в целом.

Один из основных показателей влияния системы социального обеспечения на экономический рост страны – это уровень занятости населения. Высокий уровень занятости, обеспеченный государственными программами поддержки занятости и социальной защиты, может способствовать росту производительности труда и экономическому росту. В то же время, неправильно организованная система социального обеспечения может привести к увеличению числа людей, находящихся вне рынка труда, что может ухудшить экономическое положение страны.

Кроме того, система социального обеспечения может влиять на экономический рост через потребительские расходы. Наличие социальных программ, направленных на улучшение качества жизни населения, может повысить уровень потребительских расходов, что в свою очередь может стимулировать рост экономики. [1] Однако, высокий уровень налогов и обязательных платежей на социальное обеспечение может снижать уровень потребительских расходов и ухудшать экономическую ситуацию в целом.

При разработке мер экономической политики в Российской Федерации необходимо учитывать не только макроэкономические показатели, но и сложившиеся в обществе модели сберегательного и потребительского поведения. Наблюдения свидетельствуют о том, что в случае роста доходов значительная часть населения демонстрирует склонность не к инвестированию в финансовые инструменты (такие как акции и облигации), а к консервативным формам сбережений («под подушку»), либо к вложениям в реальные активы, прежде всего, в недвижимость. Таким образом, сочетание роста денежных доходов населения и доступной ипотеки (низкой ключевой ставки) закономерно приводит к увеличению спроса на рынке жилья и, как следствие, к росту цен на недвижимость.

В данном контексте ипотечная ставка выступает важным инструментом государственного регулирования. Ее целенаправленное повышение позволяет сдерживать перегрев на рынке недвижимости и оказывать сдерживающее влияние на инфляционные процессы в смежных секторах экономики.

Что касается социальной поддержки, ее распределение требует строгой адресности и избирательности, поскольку ее универсальное предоставление всем категориям граждан финансово несостоятельно. Аналогичным образом, одномоментное и повсеместное значительное повышение заработной платы работникам бюджетной сферы привело бы к резкому росту денежной массы, не обеспеченной товарным предложением, и спровоцировало бы всплеск инфляции.

В связи с этим, более эффективной альтернативой может стать реализация комплекса целевых нефункциональных льгот и субсидий, направленных на улучшение качества жизни данной категории граждан без прямого монетарного стимулирования. В качестве конкретных мер предлагается следующее:

1. Субсидирование ипотечного кредитования. Для бюджетников, не имеющих жилья в собственности, может быть установлена отдельная, существенно пониженная ставка по ипотеке, не зависящая от общей ключевой ставки. Это позволит решить жилищный вопрос без прямого увеличения зарплатного фонда и не вызовет общего роста цен на рынке недвижимости, так как программа будет целевой и ограниченной по охвату.
2. Компенсация расходов на аренду жилья. Для молодых специалистов, работающих в бюджетных учреждениях в крупных городах, где приобретение жилья затруднительно, можно ввести программу компенсации части затрат на аренду. Это повысит мобильность кадров и привлекательность государственной службы.
3. Развитие программы рекреационных сертификатов. Государство могло бы полностью или частично компенсировать расходы на отдых и оздоровление внутри страны (например, по программе «Туристический кешбэк»), сделав такие сертификаты целевыми для бюджетников. Это поддержит отечественный туристический бизнес, не создавая избыточного инфляционного давления по всем товарам и услугам.
4. Субсидирование дополнительного образования и развития. Предоставление ежегодного образовательного сертификата для получения новых квалификаций, изучения иностранных языков или прохождения курсов повышения квалификации за счет государства. Это повысит человеческий капитал и лояльность сотрудников.
5. Льготное страхование и здравоохранение. Введение корпоративных программ добровольного медицинского страхования (ДМС) для бюджетников с софинансированием государства или полисов накопительного страхования жизни с льготными условиями.

Подобные инструменты не только выполняют социальную функцию, но и позволяют точечно управлять потребительским спросом, смягчая инфляционное давление и одновременно поддерживая уровень благосостояния граждан. Они стимулируют развитие конкретных секторов экономики (строительство, туризм, образование, услуги) и способствуют структурной трансформации экономики в целом.

Таким образом, можно сделать вывод, что система социального обеспечения имеет сложное влияние на экономический рост страны и требует тщательного анализа и оценки. Однако, если система социального обеспечения организована правильно, то она может стать мощным инструментом для стимулирования экономического роста и улучшения жизни населения. Важно, чтобы система социального обеспечения была гибкой и адаптивной к изменяющимся экономическим условиям, чтобы она не становилась препятствием для экономического роста. [2]

Существуют примеры стран, где система социального обеспечения является сильной стороной экономики и способствует ее росту. Например, в скандинавских странах, где система социального обеспечения обеспечивает гарантированный минимум дохода, бесплатное образование и здравоохранение, высокий уровень занятости и низкий уровень неравенства, экономический рост оказывается более устойчивым и стабильным. [3]

Однако, не следует забывать, что любая система социального обеспечения требует финансирования, и это может стать проблемой для стран с ограниченными бюджетными ресурсами. Поэтому, необходим баланс между социальной защитой и экономическим ростом, чтобы система социального обеспечения была устойчивой и эффективной.

Система социального обеспечения является важным фактором для обеспечения устойчивого экономического развития страны, и Россия не исключение. Система социального обеспечения в России включает в себя пенсионное обеспечение, медицинское страхование, социальное страхование, социальную защиту населения, социальное обслуживание и трудовое законодательство.

Одним из главных вызовов, с которыми сталкивается система социального обеспечения в России, является нехватка финансовых ресурсов. На протяжении последних лет Россия столкнулась с экономическими трудностями, вызванными санкциями и падением цен на нефть, что привело к сокращению бюджетных расходов, включая расходы на социальную защиту. Кроме того, как отмечает Гончаров А.И., «действующие механизмы обеспечения социальной поддержки в современной России зачастую строятся на неденежных отношениях, что выводит их из сферы финансов». Это может негативно сказаться на качестве и доступности социальных услуг для населения, что в свою очередь может негативно повлиять на экономический рост. [4]

Однако, Россия в последние годы предпринимает шаги по модернизации своей системы социального обеспечения. В частности, правительство России предложило серию мер по

улучшению пенсионной системы, включая повышение пенсионного возраста и увеличение социальных выплат для наиболее нуждающихся слоев населения. [5] Кроме того, были предложены меры по улучшению доступности медицинских услуг и повышению уровня образования. [6]

С другой стороны, система социального обеспечения в России также сталкивается с некоторыми проблемами, связанными с эффективностью и прозрачностью ее работы. Например, некоторые социальные выплаты не всегда достигают тех, кому они должны были быть предназначены, а некоторые граждане могут получать пособия, не имея на это права. Это приводит к потере бюджетных средств и негативно влияет на качество системы социального обеспечения. [7]

4. Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что система социального обеспечения является важным фактором для экономического роста России, однако ее эффективность и доступность нуждаются в дальнейшем улучшении. Чтобы система социального обеспечения могла эффективно способствовать экономическому росту, необходимо обеспечить ее финансовую устойчивость и справедливость в распределении социальных выплат.

Для достижения этой цели необходимо совершенствовать механизмы управления и контроля за расходованием бюджетных средств, а также повышать эффективность работы системы социального обеспечения. Например, важно улучшать качество медицинских услуг и образования, а также сокращать число "нелегальных" получателей социальных выплат.

В целом, система социального обеспечения играет важную роль в обеспечении экономического роста России. Ее развитие и модернизация должны основываться на балансе между финансовой устойчивостью, доступностью и качеством социальных услуг. В результате улучшения системы социального обеспечения Россия может достичь более высокого уровня экономического развития и улучшения качества жизни ее населения.

Таким образом, анализ влияния системы социального обеспечения на экономический рост страны показывает, что она является важным фактором для обеспечения устойчивого и стабильного экономического развития. Правильно организованная система социального обеспечения, гибкая и адаптивная к изменяющимся условиям, может стать мощным инструментом для стимулирования экономического роста и улучшения жизни населения.

Список литературы

1. Государственные программы Российской Федерации – «Новое качество жизни» [Электронный ресурс]. – URL: https://programs.gov.ru/ (дата обращения: 25.03.2023)
2. Чирикова А.Е. Бизнес как субъект социальной политики: должник, благодетель, партнёр? Независимый институт социальной политики / А.Е. Чирикова, Н.Ю. Лапина, Л.С. Шилова, С.В. Шишкин (отв. ред.). – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2005. – 105-175 с.
3. Антропов В.В. Системы обеспечения минимального гарантированного дохода населения за рубежом [Электронный ресурс]. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-obespecheniya-minimalnogo-garantirovannogo-dohoda-naseleniya-za-rubezhom?ysclid=lfo7erw6iz896198499 (дата обращения: 25.03.2023)
4. Гончаров А.И. Концепция финансового обеспечения системы социальной поддержки населения в России [Электронный ресурс]. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-finansovogo-obespecheniya-sistemy-sotsialnoy-podderzhki-naseleniya-v-rossii?ysclid=lfo7ghkxv0196316022 (дата обращения: 25.03.2023)
5. Распоряжение "О внесении в Госдуму законопроекта об изменениях в пенсионной системе" [Электронный ресурс]. – URL: http://government.ru/activities/selection/301/32902/ (дата обращения: 25.03.2023)
6. Федеральный закон от 21.11.2011 N 323-ФЗ (ред. от 28.12.2022) "Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023)
7. Зарывахина, И. А. Мошенничество в сфере социальных выплат / И. А. Зарывахина, Н.С. Мындрыченко // Наука и образование в наши дни: фундаментальные и прикладные исследования : Материалы XLIII Всероссийской научно-практической конференции. В 2-х частях, Ростов-на-Дону, 23 декабря 2021 года. Том Часть 1. – Ростов-на-Дону: ООО "Издательство ВВМ", 2021. – С. 809-811.

УДК 81`42

EDN XZMWZP

Великий Коммуникатор: языковые и стилистические средства в политическом дискурсе Рональда Рейгана

Д.В. Зубцова, Н.В. Погребняк*

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, ул. Калинина, 13, Краснодар, 350044, Россия

*E-mail: natasha-kr@yandex.ru

Аннотация. Статья представляет собой комплексный анализ языковых и стилистических средств, которые использовал в своих ключевых выступлениях 40-й президент США Рональд Рейган, вошедший в историю как «Великий Коммуникатор». Исследование построено на материале четырех знаковых речей, охватывающих разные периоды его политической карьеры – «Время выбирать» (1964), Первой инаугурационной речи (1981), Обращения после катастрофы шаттла «Челленджер» (1986) и Речи у Бранденбургских ворот (1987). В работе детально исследуется применение таких риторических приемов, как развернутые метафоры, противопоставления, исторические аллюзии, ирония и «мы-обращения». Особое внимание уделяется эволюции стиля Рейгана: от идеологической конфронтации и создания ярких моральных дихотомий в ранних выступлениях до эмоциональной эмпатии и консолидации нации в трагические моменты, и, наконец, до морального призыва в рамках внешнеполитической риторики. Доказывается, что сила воздействия речей Рейгана заключалась в его способности трансформировать сложные политические концепции в простые и ясные образы, апеллируя к фундаментальным ценностям, оптимизму и вере американского народа, что в конечном счете делало его дискурс исключительно эффективным инструментом убеждения и формирования общественного мнения.

Ключевые слова: политический дискурс, языковые средства, стилистические приемы, **м**етафора, противопоставление, исторические аллюзии, ирония, «мы-обращение», «Великий Коммуникатор»**,** Рональд Рейган.

The Great Communicator: linguistic and stylistic devices in Ronald Reagan’s political discourse

D.V. Zubtsova, N.V. Pogrebnyak*

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 13 Kalinina St, Krasnodar, 350044, Russia

*E-mail: natasha-kr@yandex.ru

Abstract. The article provides a comprehensive analysis of the linguistic and stylistic devices employed by Ronald Reagan, the 40th President of the United States, who went down in history as “The Great Communicator”. The research is based on a corpus of four landmark speeches spanning different periods of his political career: “A Time for Choosing” (1964), the First Inaugural Address (1981), the Address following the Space Shuttle Challenger disaster (1986), and the Speech at the Brandenburg Gate (1987). The study offers a detailed examination of such rhetorical techniques as extended metaphors, antithesis, historical allusions, irony and the inclusive “we”. Particular attention is paid to the evolution of stark moral dichotomies in his early speeches, to emotional empathy and national consolidation in times of tragedy, and finally, to a direct moral appeal in the realm of foreign policy rhetoric. The article argues that the persuasive power of Reagan’s speeches lay in his ability to transform complex political concepts into simple and vivid imagery, appealing to the fundamental values, optimism, and faith of the American people, which ultimately made his discourse an exceptionally effective tool for shaping public opinion and persuasion.

Keywords: political discourse, linguistic devices, stylistic devices, metaphor, antithesis, historical allusions, irony, inclusive “we”, “The Great Communicator”, Ronald Reagan.

1. Введение

Рональд Уилсон Рейган вошел в историю не только как 40-й президент США, но и как «Великий Коммуникатор» – мастер политической риторики, чьи речи стали мощным инструментом формирования общественного мнения. Его успех как оратора во многом объясняется прошлым опытом: карьера актера помогла ему научиться чувствовать аудиторию и ясно доносить мысли [1]. Но его сила заключалась не только в этом. Рейган мастерски использовал приемы речи и мог с помощью простых, но ярких слов и образов объяснять сложные политические идеи так, что их понимал любой человек.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

«Культура любого народа, его язык и коммуникация постоянно подвергаются влиянию других культур... А взаимопроникновение культур помогает дешифровке сообщений в едином ключе, расширяет плоскость совпадений в понимании общечеловеческих понятий» [2]. Данный тезис является фундаментальным для анализа политического дискурса, поскольку он неразрывно связан с культурой и всегда формируется в рамках конкретного исторического и идеологического контекста. Политическая риторика как мощный инструмент убеждения оперирует не только логическими аргументами, но и комплексом языковых средств, апеллирующих к коллективным ценностям, страхам и устремлениям аудитории. Понимание этих механизмов требует комплексного подхода, интегрирующего лингвистический анализ с культурологическим и историческим исследованием.

2.1. Роль культурно-идеологического контекста в интерпретации дискурса

Поэтому целью нашего исследования является комплексный анализ и оценка языковых и стилистических средств, фигурирующих в ключевых речах 40-го президента США Рональда Рейгана, что было бы невозможным без учета культурологического и исторического аспекта.

2.1.1. Основные задачи исследования

Для достижения поставленной цели в работе решается ряд задач:

- Выявить ключевые языковые и стилистические средства в корпусе из четырех выбранных речей Р. Рейгана.
- Определить функции каждого выявленного приема в убеждающей речи.

- Проанализировать эволюцию стиля Рейгана в зависимости от изменяющегося исторического контекста.
- Оценить вклад культурологических и исторических факторов в формирование уникального дискурса «Великого коммуникатора».

3. Методы и материалы исследования

Материалами для нашего исследования стали тексты четырех выступлений Рональда Рейгана: «Время выбирать» (1964), Первой инаугурационной речи (1981), Обращения после катастрофы шаттла «Челленджер» (1986) и Речи у Бранденбургских ворот (1987).

Исследование проводилось с использованием комплекса методов:

- Дискурс-анализ для изучения речей в их социальном и историческом контексте.
- Лингвостилистический анализ для выявления и классификации основных риторических приемов.
- Контекстуальный анализ для определения связи между исторической ситуацией и риторической стратегией.
- Сравнительный анализ для прослеживания изменения стиля в разных речах.

4. Полученные результаты

Чтобы понять истоки риторического стиля Рональда Рейгана, обратимся к речи, с которой начался его путь к Белому дому – **«Время выбирать»**, произнесенной в поддержку Барри Голдуотера **в 1964 году** [3]. Эта речь построена на создании простых, но мощных противопоставлений и использовании ярких метафор для объяснения сложных идеологических концепций.

Чтобы сделать свой посыл максимально понятным, Рейган предлагает аудитории не политическую программу, а простой моральный выбор между двумя путями:

There's only an up or down [3]. – *(Есть только один путь: вверх или вниз).*

Он отвергает традиционное деление на «*левых*» и «*правых*» (*left or right*) и заменяет его вертикальной осью: *вверх (up)* к свободе и *вниз (down)* к тоталитаризму. Это создает ощущение фундаментального выбора между добром и злом, светом и тьмой. Up – это «*извечная мечта человечества о высшей степени индивидуальной свободы*» (*man's old-aged dream, the ultimate in individual freedom*), a down – это «*муравейник тоталитаризма*» (*the ant heap of*

totalitarianism) [3]. Эта метафора противопоставляет индивидуальность (американский идеал) коллективизму (советский идеал), сравнивая последний с муравейником, который ассоциируется с отсутствием личности, слепым подчинением и примитивностью, тем самым лишая его всякой привлекательности.

Рейган мастерски использует юмор, чтобы высмеять аргументы противной стороны:

They've just declared Rice County, Kansas, a depressed area. Rice County, Kansas, has two hundred oil wells, and the 14,000 people there have over 30 million dollars on deposit in personal savings in their banks. And ***when the government tells you you're depressed, lie down and be depressed*** [3]. *– (Только что округ Райс в Канзасе объявили депрессивным регионом. В округе Райс двести нефтяных скважин, и 14 тысяч местных жителей держат в банках на своих счетах более 30 миллионов долларов.* ***Ну, раз уж правительство решило, что вы в депрессии, что ж, ложитесь и не сопротивляйтесь, поддавайтесь депрессии).***

Этот сарказм показывает абсурдность государственных программ и создает образ глупого, некомпетентного правительства.

Рональд Рейган проводит арифметические расчеты, показывая, что если бы деньги распределялись напрямую, бедность бы исчезла, и заключает:

It would seem that someplace there must be some overhead [3]. *– (Видимо, не обошлось без «издержек»).*

Ирония, «будучи категорией субъективной, часто трудно уловимой» [4, с. 250], здесь разоблачает неэффективность и бюрократизацию программ помощи, намекая, что помощь до нуждающихся не доходит.

Чтобы придать своему аргументу характер морального долга, Рейган обращается к фундаментальным историческим параллелям:

...should Moses have told the children of Israel to live in slavery under the pharaohs? Should Christ have refused the cross? Should the patriots at Concord Bridge have thrown down their guns and refused to fire the shot heard 'round the world? [3]. *– (...неужели Моисею следовало сказать израильтянам жить в рабстве у фараонов? Должен ли был Христос отказаться от креста? Должны ли были патриоты у моста в Конкорде бросить оружие и отказаться сделать выстрел, услышанный во всем мире?).*

Чтобы сделать абстрактную угрозу утраты свободы осязаемой и личной для каждого американца, Рейган приводит лаконичный и драматичный диалог с кубинским беженцем:

Not too long ago, two friends of mine were talking to a Cuban refugee, a businessman who had escaped from Castro, and in the midst of his story one of my friends turned to the other and said, "We don't know how lucky we are". And the Cuban stopped and said, "How lucky you are? I had someplace to escape to". And in that sentence he told us the entire story. If we lose freedom here, there's no place to escape to. ***This is the last stand on earth*** [3]. *– (Не так давно двое моих друзей разговаривали с кубинским беженцем, бизнесменом, сбежавшим от режима Кастро, и в разгар его рассказа один из моих друзей повернулся к другому и сказал: «Мы и не представляем, как нам повезло». Кубинец остановился и произнес: «Повезло? Мне было куда бежать!». И в этой фразе он рассказал нам всю суть. Если мы потеряем свободу здесь, бежать будет некуда.* ***Это наш последний оплот на земле****).*

Этот риторический ход превращает аудиторию из простых «везунчиков» в ответственных защитников свободы, для которых поражение невозможно.

Яркой иллюстрацией развития ключевых метафор Рейгана является его **Первая инаугурационная речь 1981 года**, где тезис «*правительство – не решение, а проблема*» прозвучал с высоты президентского поста [5].

…government is not the solution to our problem; government is the problem [5]. *– (…правительство не является решением нашей проблемы; правительство – это и есть проблема).*

Этой резкой формулировкой Рональд Рейган создает четкую оппозицию между народом и бюрократическим аппаратом.

Если в 1964 году Рейган атаковал оппонентов, то здесь он выступает как общенациональный лидер, создавая образ единого народа:

*…our concern must be for a special interest group that has been too long neglected… It is made up of men and women who raise our food, patrol our streets… They are, in short, "****We the people", this breed called Americans*** [5]. *– (…мы должны позаботиться об особой группе, которой слишком долго пренебрегали… В нее входят мужчины и женщины, которые выращивают для нас пищу, охраняют наши улицы… Одним словом, это и есть «****Мы, народ», эта порода, называемая американцами****).*

Этот прием позволяет ему представить себя защитником не элит, а простых тружеников, стирая социальные границы и пробуждая чувство общности.

Характерное для Рейгана обращение к истории представлено в эмоциональной истории о рядовом Мартине Трептоу, погибшем в Первой мировой войне. Он писал в своем дневнике:

America must win this war. Therefore I will work, I will save, I will sacrifice, I will endure, I will fight cheerfully and do my utmost, as if the issue of the whole struggle depended on me alone [5]. *– (Америка должна выиграть эту войну. Поэтому я буду трудиться, я буду экономить, я буду жертвовать, я буду стойко переносить тяготы, я буду усердно сражаться и делать все, что в моих силах, так, как если бы исход всей борьбы зависел только от меня).*

Эта история делает героем простого парикмахера, чья клятва служить стране становится призывом к личной ответственности каждого гражданина.

Наконец, речь Рейгана насыщена лексикой возрождения: "*new beginning*" (*новое начало), "era of national renewal" (эра национального обновления), "renew" (возродить), "reawaken this industrial giant" (пробудить промышленного гиганта).* Это создает настроение не кризиса, а возможности, уверенности в способности нации к преодолению любых трудностей, что соответствует его предвыборному слогану "*Let's Make America Great Again" (Сделаем Америку снова великой).*

Резкий контраст с политическими речами представляет обращение после катастрофы **«Челленджера» (1986)**, которое демонстрирует сдвиг риторики Рейгана от идеологической конфронтации к эмпатии и национальной консолидации перед лицом общей утраты [6]. Он начинает с прямого и честного признания боли, устанавливая глубокую эмоциональную связь с аудиторией:

Today is a day for mourning and remembering. Nancy and I are pained to the core by the tragedy of the shuttle Challenger. ***We know we share this pain with all of the people of our country. This is truly a national loss*** [6]. *– (Сегодня – день скорби и памяти. Нэнси и я ранены в самое сердце трагедией шаттла «Челленджер».* ***Мы знаем, что разделяем эту боль со всеми жителями нашей страны. Это поистине общенациональная утрата****).*

Местоимение «*мы*» и слово «*боль*» в этой фразе сразу создают ощущение коллективного горя, показывая, что президент не отделен от народа, а страдает вместе с ним.

Рейган мастерски превращает трагедию в гимн мужеству, обращаясь к семьям погибших и всей нации:

Your loved ones were daring and brave, and they had that special grace, that special spirit *that says, "Give me a challenge, and I'll meet it with joy"* [6]. *–* ***(Ваши близкие были отважными***

и смелыми, в них была особая благодать, тот особый дух*, что говорит: «Дай мне вызов, и я приму его с радостью»).*

Этот комментарий выполняет терапевтическую функцию: он не позволяет воспринимать гибель астронавтов как напрасную, делая их героями, чья жажда познания была сильнее страха.

Особую важность имеет прямое обращение к самой уязвимой части аудитории, для которой катастрофа стала особенно травмирующим событием:

And I want to say something to the ***schoolchildren of America*** *who were watching the live coverage of the shuttle's takeoff. I know it is hard to understand, but sometimes painful things like this happen. It's all part of the process of exploration and discovery* [6]. *– (И я хочу сказать кое-что* ***школьникам Америки****, которые смотрели прямую трансляцию запуска шаттла. Я знаю, что это трудно понять, но иногда случаются такие болезненные вещи. Все это – часть процесса исследования и открытий).*

Рейган говорит с детьми на их языке – прямо и без прикрас, подтверждая правомерность их испуга и печали, но одновременно призывая увидеть в трагедии часть великого пути освоения нового.

Кульминацией речи становится использование возвышенной поэтической метафоры, которая придает трагедии космический и духовный смысл:

The crew of the space shuttle Challenger honored us by the manner in which they lived their lives. We will never forget them, nor the last time we saw them, this morning, as they prepared for their journey and waved goodbye and ***"slipped the surly bonds of earth" to "touch the face of God"*** [6]. *– (Экипаж шаттла «Челленджер» оказал нам честь тем, как они жили. Мы никогда не забудем ни их самих, ни того, как мы видели их в последний раз сегодня утром, когда они готовились к своему путешествию и махали на прощание,* ***«сорвавшись с мрачных оков земли», чтобы «прикоснуться к лику Бога»****).*

Цитируя строки из поэмы "High Flight" («Высокий полет») Джона Гиллеспи Мэджи-младшего, Рейган превратил гибель не в падение, а в вознесение, что приносит глубокое утешение, обрамляя трагедию в рамки вечности и героического самопожертвования.

Апогеем риторического мастерства Рейгана и его борьбы с «империей зла» стало **выступление у Бранденбургских ворот в 1987 году**, где все его ключевые приемы подчинились одной цели – создать моральный призыв к разрушению Берлинской стены [7].

Речь построена на мощных визуальных контрастах, и Рейган начинает с создания яркого физического образа разделения:

Behind me stands a wall that encircles the free sectors of this city, ***part of a vast system of barriers that divides the entire continent of Europe****… Standing before the Brandenburg Gate, every man is a German, separated from his fellow men. Every man is a Berliner,* ***forced to look upon a scar*** [7]. – *(Позади меня возвышается стена, которая окружает свободные секторы этого города,* ***часть обширной системы барьеров, разделяющих весь европейский континент****… Стоя перед Бранденбургскими воротами, каждый человек – немец, разлученный со своими собратьями. Каждый человек – берлинец,* ***вынужденный взирать на шрам****).*

Сравнение стены со шрамом позволяет Рейгану показать эмоциональную сторону политической проблемы. Стена предстает не нейтральным инженерным сооружением, а болезненной раной, нанесенной городу и всей Европе, что заставляет воспринимать ее как акт насилия и несправедливости.

Центральным риторическим ходом становится прямое обращение к Михаилу Горбачеву, которое превращает безличный политический лозунг в прямое требование. Рейган бросает вызов советскому лидеру, мастерски выстраивая градацию:

General Secretary Gorbachev, if you seek peace, if you seek prosperity *for the Soviet Union and Eastern Europe,* ***if you seek liberalization: Come here to this gate! Mr. Gorbachev, open this gate! Mr. Gorbachev, tear down this wall!*** [7]. – ***(Генеральный секретарь Горбачев, если вы стремитесь к миру, если вы стремитесь к процветанию*** *Советского Союза и Восточной Европы,* ***если вы стремитесь к либерализации: приезжайте сюда, к этим воротам! Господин Горбачев, откройте эти ворота! Господин Горбачев, разрушьте эту стену!).***

Риторическая мощь этого призыва строится на градации: Рейган начинает с формального обращения “*General Secretary Gorbachev*”, затем дважды повторяет более личное “*Mr. Gorbachev*”, наращивая интенсивность от приглашения «*приехать*» к требованию «*открыть*» и, наконец, к ультимативному «*разрушить*».

Для обоснования своего призыва Рейган использует историческую аналогию, противопоставляющую провалы социализма и успехи свободного мира:

After these four decades, then, there stands before the entire world one great and inescapable conclusion: ***Freedom leads to prosperity. Freedom replaces the ancient hatreds*** *among the nations with comity and peace.* ***Freedom is the victor*** [7]. – *(Спустя четыре десятилетия перед всем*

миром предстает один великий и неизбежный вывод: ***свобода ведет к процветанию. Свобода заменяет древнюю вражду*** *между нациями на согласие и мир.* ***Свобода – это победитель).***

Это противопоставление носит характер проповеди, где свобода предстает не просто выбором, а единственно верным путем к прогрессу и истине.

Завершает речь метафора, которая позволяет Рейгану переосмыслить политический конфликт в духовном ключе, выражая абсолютную уверенность в неизбежной победе свободы:

There in Berlin, like the city itself, symbols of love, symbols of worship, cannot be suppressed… ***For it cannot withstand faith; it cannot withstand truth. The wall cannot withstand freedom*** [7]. *– (Там, в Берлине, символы любви, символы веры не могут быть подавлены, как и сам город…* ***Ибо она не может устоять перед верой; она не может устоять перед правдой. Стена не может устоять перед свободой).***

Так Рейган показывает, что стена обречена не только политически, но и в духовном смысле, что делает финал его выступления по-настоящему воодушевляющим.

5. Выводы

«Образ политического деятеля по аналогии с художественным героем формируется в результате акцентирования набора характеристик и черт» [8]. Анализ вышеназванных ключевых речей Рональда Рейгана позволяет сделать вывод о том, что его титул «Великого Коммуникатора» был заслуженным и отражал глубоко продуманную риторическую стратегию. От огненной речи «Время выбирать» (1964) до исторического призыва у Бранденбургских ворот (1987) Рейган демонстрировал удивительное умение адаптировать свой стиль к конкретным обстоятельствам, неизменно оставаясь верным ключевым принципам. Среди наиболее часто используемых им языковых и стилистических средств стоит отметить красочные метафоры, иронию, противопоставление, градацию, а также «мы-обращение» и исторические аллюзии. Эти средства сформировали его риторику как инструмент убеждения, основанный не на сложных аргументах, а на обращении к фундаментальным ценностям, вере и оптимизму. Он говорил с народом на его языке, превращая сложные проблемы в ясный моральный выбор и внушая непоколебимую веру в будущее. Его речи остаются хрестоматийными примерами того, как мастерское владение словом способно формировать общественное мнение и влиять на ход истории.

Список литературы

1. Ronald Reagan // Encyclopedia Britannica. – URL: https://www.britannica.com/biography/Ronald-Reagan (дата обращения: 25.09.2025).
2. Погребняк Н.В. Метафоризация и межкультурная интеграция в современном мире / Н.В. Погребняк // Язык как зеркало культуры : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 10 июля 2021 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; ФГОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. Том Выпуск 2. – Краснодар: ФГБУ "Российское энергетическое агентство" Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ- филиал ФГБУ "РЭА" Минэнерго России, 2021. – С. 153-161. – EDN TNVWCI.
3. Рейган Р. Речь «Время выбирать» (A Time for Choosing), 27 октября 1964 г. // Miller Center. – URL: https://millercenter.org/the-presidency/presidential-speeches/october-27-1964-time-choosing (дата обращения: 25.09.2025).
4. Погребняк Н.В. Ирония как средство формирования отрицательного образа политического деятеля (на материале немецкоязычных статей) / Н.В. Погребняк // Лингвистика будущего: новые тенденции и перспективы: материалы Международной научной конференции, Майкоп, 01–02 ноября 2019 года. – Майкоп: Адыгейский государственный университет, 2019. – С. 249-254. – EDN XTMOQU.
5. Рейган Р. Первая инаугурационная речь (First Inaugural Address), 20 января 1981 г. // Miller Center. – URL: https://millercenter.org/the-presidency/presidential-speeches/january-20-1981-first-inaugural-address (дата обращения: 25.09.2025).
6. Рейган Р. Обращение по случаю катастрофы шаттла «Челленджер» (Address on the Space Shuttle Challenger), 28 января 1986 г. // Miller Center. – URL: https://millercenter.org/the-presidency/presidential-speeches/january-28-1986-address-space-shuttle-challenger (дата обращения: 25.09.2025).
7. Рейган Р. Речь у Бранденбургских ворот (Address from the Brandenburg Gate), 12 июня 1987 г. // Miller Center. – URL: https://millercenter.org/the-presidency/presidential-speeches/june-12-1987-address-brandenburg-gate-berlin-wall (дата обращения: 25.09.2025).
8. Погребняк Н.В. Специфика акцентуации языковых средств, используемых для трансформации образов политиков в масс-медиа (на примере образа Д. Трампа): приемы речевого воздействия / Н.В. Погребняк // Инновационные технологии и подходы в

межкультурной коммуникации, лингвистике и лингводидактике: Материалы II Всероссийской научной конференции, Барнаул, 01–02 ноября 2023 года. – Барнаул: Алтайский государственный педагогический университет, 2024. – С. 141-145. – EDN SVNIHP.

УДК 338.48

EDN XHHSNU

Оценка состояния туристической отрасли в Хабаровском крае

Т.В. Хышова*, М.В. Бакай

Тихоокеанский государственный университет, ул. Тихоокеанская, 136, Хабаровск, 680035, Россия

*E-mail: 000369@togudv

Аннотация. В статье рассмотрены ключевые факторы оценки качества туристических услуг на территории Хабаровского края, которые повышают его конкурентоспособность на внутреннем рынке туристических услуг. Проанализированы ключевые особенности региона, оказывающие влияние на формирование туристского продукта. Определены основные критерии и методы оценки качества, а также выявлены потенциальные проблемы, препятствующие росту туризма в регионе.

Ключевые слова: туристический поток, конкурентоспособность, Хабаровский край.

Assessing the quality of tourism services in Khabarovsk region

T.V. Khyshova, M.V. Bakai

Pacific National University, Tikhookeanskaya St., 136, Khabarovsk, 680035, Russia

*E-mail: nfyz_@mail.ru

Abstract. This article examines the key factors in assessing the quality of tourism services in Khabarovsk Krai, which enhance its competitiveness in the international tourism market. Key regional characteristics that influence the development of tourism products are analyzed. The main criteria and methods for assessing quality are identified, as well as potential challenges that drive tourism growth in the region.

Keywords: tourist flow, competitiveness, Khabarovsk region.

1. Введение

Актуальность темы исследования обусловлена совокупностью факторов, имеющих стратегическое значение для социально-экономического развития Хабаровского края. В условиях усиления конкуренции между российскими регионами за туристские потоки, качество услуг становится определяющим конкурентным преимуществом. Хабаровский край, обладающий уникальным природным, культурным и историческим потенциалом (р. Амур, Шантарские острова, горные системы Сихотэ-Алиня, богатое культурное наследие коренных малочисленных народов), тем не менее, сталкивается с растущей конкуренцией со стороны соседних субъектов Дальнего Востока (Приморский край, Камчатский край, Сахалинская область). Также существует объективная необходимость в диверсификации региональной экономики. Развитие качественного туризма позволяет создавать новые рабочие места, стимулировать развитие смежных отраслей и способствовать наполнению местных бюджетов [1]. Приоритетность отрасли определена Правительством края, утверждением госпрограммы «Развитие внутреннего и въездного туризма в Хабаровском крае», рассчитанной на период с 2013 по 2030 годы. Открытые данные законодательной Думы Хабаровского края фиксируют размеры бюджетного финансирования с начала действия программы, которое составило 2,93 млрд рублей, внебюджетное - 15,0 млрд рублей.

2. Цель исследования

Цель исследования: оценить динамику туристического потока на территории Хабаровского края, изучить качество туристических услуг и выявить основные проблемы, препятствующие росту туристического потока в регионе.

2.1. Факторы, способствующие увеличению туристического потока в Хабаровском крае

Оценивая динамику туристического потока на территории Хабаровского края заметно резкое увеличение количества туристов в 2023г. (рис.1). В 2024 году край посетили 736 тысяч российских и иностранных туристов, что на 5,3 % больше показателя 2023 года. Цепной темп прироста въездного туристического потока в Хабаровском крае в 2025г. составил 10 %.

Анализ актуальной статистики и современных исследований в данной области позволяет выделить факторы, способствующие увеличению туристического потока в Хабаровском крае за последние два года.

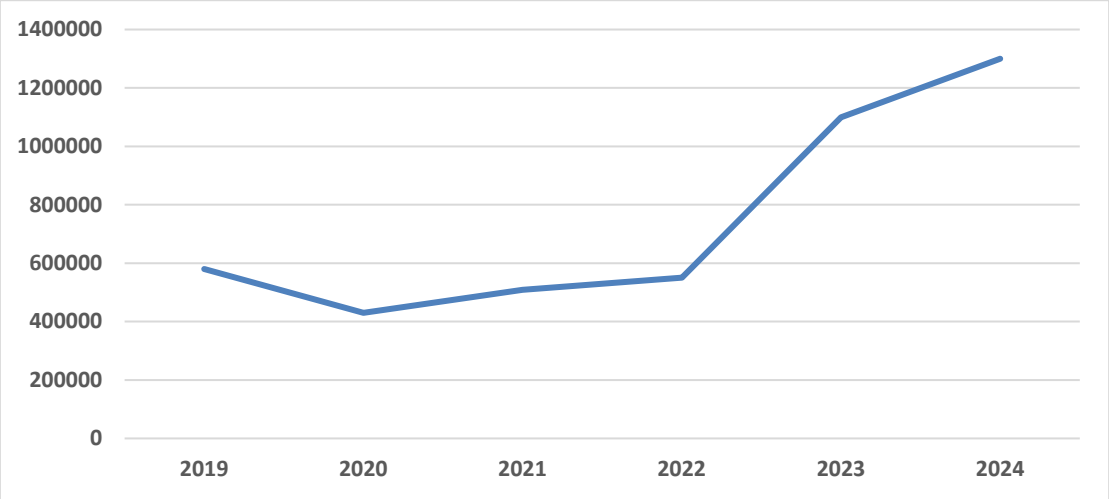


Рисунок 1. Динамика числа туристов, посетивших Хабаровский край за 2019-2024гг.

Во-первых, развитие внутреннего туризма. В связи с эпидемиологической обстановкой и ограничениями на международные поездки соотечественники стали более заинтересованы во внутренних направлениях. Хабаровский край стал привлекательным местом для туристов благодаря своей природе и культурным достопримечательностям. По данным Ростуризма, внутренний туризм в России вырос на 30% в 2023 году по сравнению с 2021 годом.

Во-вторых, модернизация дорог и реконструкция аэропорта федерального значения г. Хабаровска позволили увеличить количество рейсов и улучшить качество обслуживания туристов.

В-третьих, на основании данных Министерства культуры и туризма Хабаровского края различные региональные программы поддержки туристической отрасли, включая субсидии для туристических компаний и развитие новых туристических маршрутов позволило привлечь больше туристов и расширить спектр предлагаемых услуг.

В-четвертых, российский тренд на активный отдых и развитие экологического туризма. В Хабаровском крае имеются все основные категории особо охраняемых природных территорий, доля которых составляет 11,3 % территории края. Государственные природные заповедники Большехехцирский, Болоньский, Буреинский и другие. Национальные парки: «Анюйский» им. В.К. Арсеньева и "Шантарские острова". А так же дендрологические парки и ботанические сады, государственные природные заказники, экологические коридоры и множество других разнообразных объектов федерального, краевого и местного значения.

В-пятых, культурные события и фестивали. Проведение различных культурных мероприятий, гастрономических фестивалей, выставки и спортивные соревнования,

привлекло внимание как местных жителей, так и туристов из других регионов. Например, фестиваль "Амурская осень" стал популярным событием, привлекающим множество посетителей.

В-шестых, отмечен рост интереса к истории и культуре региона. На территории Хабаровского края проживают издревле восемь коренных малочисленных народов: нанайцы, негидальцы, нивхи, орочи, удэгейцы, ульчи, эвенки, эвены. Увеличение интереса к историческим и культурным аспектам, образу жизни и системы хозяйства коренных народов края привлекает внимание как местных жителей, так и туристов.

3. Методы и материалы исследования

Для достижения поставленной цели исследования был применен комплекс общенаучных методов. Для выявления ключевых факторов, влияющих на туристический поток, был использован сравнительный и структурный анализ. Материалами для исследования послужили официальные статистические данные и отчетные документы, предоставленные Министерством культуры и туризма Хабаровского края, а также открытые данные Законодательной Думы Хабаровского края о финансировании государственной программы развития туризма. Нормативно-правовую базу исследования составили государственная программа Хабаровского края «Развитие внутреннего и въездного туризма в Хабаровском крае» на период с 2013 по 2030 годы, а также национальный стандарт ГОСТ Р 50690-2017. «Туристские услуги. Общие требования».

4. Полученные результаты

Туристический продукт Хабаровского края обладает ярко выраженной спецификой, которая напрямую формируется требованиями к качеству предоставляемых услуг. Оценить эти качества услуг можно используя систему критериев, основанную на ГОСТ Р 54605-2011 – это стандарт качества туристических услуг, принятый на территории России [2]. Транспорт является самым слабым звеном, снижающим качество предоставляемых услуг. Тем не менее развитие инфраструктуры не стоит на месте. В рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги» в Хабаровском крае, который начал свое масштабное развитие в 2019 году, было отремонтировано 820 объектов дорожного хозяйства. Помимо указанной проблемы, весомым барьером для массового туризма является дальность и стоимость перелета из Центральной части России. Очевидным сдерживающим фактором выступает резкий

континентальный климат региона с суровыми морозами зимой и высокой влажностью летом. Такая климатическая особенность ограничивает туристские сезоны преимущественно летними месяцами и коротким зимним периодом, что приводит к простою мощностей и неравномерной нагрузке отраслевого бизнеса. Информационный барьер, слабая продвинутость региона на национальном и международном рынках так же влияет на рост числа туристов, многие из которых не имеют полного представления о возможностях и уникальных видов на территории Хабаровского края [3].

5. Выводы

Сегодня туриндустрия - один из приоритетных векторов государственной стратегии развития, драйвер национальной экономики. Исходя из всего вышеперечисленного можно сделать вывод о том, что у региона есть весомые предпосылки, чтобы стать опорной точкой развития туристической отрасли на Дальнем Востоке. Дальнейшее развитие туриндустрии возможно только при преодолении информационного барьера на основании цифровых решений, обеспечивающие доступ к информации об отдыхе в крае, что в свою очередь это требует усилий органов государственной власти. Усовершенствование государственного управления в сфере туризма возможно через разработку единых стандартов для развития туризма в регионе, а также через поддержку инфраструктурных проектов.

Список литературы

1. Котлер, Ф. Маркетинг. Гостеприимство и туризм: учебник для вузов / Ф. Котлер, Дж. Боуэн, Дж. Мейкенз. – Москва: Юнити-Дана, 2021. – 719 с.
2. ГОСТ Р 54605-2011 «Туристские услуги. Методы оценки качества». – Введ. 2012-01-01. – М.: Стандартинформ, 2011. – 12 с.
3. Ефремова, М. В. Организация туристской деятельности: учебное пособие / М. В. Ефремова. – Москва: КноРус, 2023. – 272 с

УДК 004.94
https://www.doi.org/

EDN XBCFKL

Автоматизированный анализ эффективности инвестиционных проектов с учетом экологических ограничений

Д.А. Ануфриев*, М.Е. Куницын, С.В. Цедрик

Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, Кемерово, 650000, Россия

*E-mail: nufa.s@yandex.ru

Аннотация. Проведена автоматизированная оценки инвестиционных проектов в условиях влияния на их эффективность экологических ограничений. Рассмотрена соответствующая математическая модель в форме многопараметрической зависимости показателя эффективности от технико-экономических параметров проекта. Для учета влияния экологических ограничений введен экспертный параметр, отражающий теряемую в результате их применения ограничений долю прибыли. Проведено численное сравнение жизненных циклов проекта в зависимости от значений указанного экспертного параметра.

Ключевые слова: инвестиционный проект, экологические ограничения, сравнительный параметрический анализ, вычислительный эксперимент.

Automated analysis of the investment project efficiency taking into account environmental constraints

D.A. Anufriev*, M.E. Kunitsyn, S.V. Tsedrik

Kemerovo State University, Krasnaya street, 6, Kemerovo, 650000, Russia

*E-mail: nufa.s@yandex.ru

Abstract. An automated assessment of investment projects was conducted, considering the impact of environmental constraints on their effectiveness. A corresponding mathematical model was developed, representing a multiparameter relationship between the effectiveness indicator and the project's technical and economic parameters. To account for the impact of environmental constraints, an expert parameter was introduced, reflecting the share of profit lost as a result of their application. A numerical comparison of project life cycles was conducted, depending on the values of this expert parameter.

Keywords: investment project, environmental restrictions, comparative parametric analysis, computational experiment.

1. Введение

Развитие информационных технологий в настоящее время предоставляет широкие возможности для автоматизированного анализа инвестиционных проектов различного содержания. При взаимодействии производственных предприятий и управляющих органов региона одной из ключевых задач является учет экологического фактора, который, очевидно, должен рассматриваться и при моделировании эколого-экономического взаимодействия в регионе [1], что делает актуальной тему данной работы.

Учитывая сложность региональных социально-экономических процессов, сопровождающихся внешними и внутренними кризисами, необходимостью рассмотрения многочисленных проектов развития, важно иметь автоматизированный инструментарий оперативной (пусть и, возможно, несколько грубой) оценки эффективности эколого-экономических проектов с учетом влияния на их эффективность экологических ограничений. В качестве экологических ограничений, кроме штрафов за загрязнение окружающей природной среды, могут рассматриваться ограничения на объем порождающей загрязнения продукции, путем фиксации таких показателей, как удельные выбросы загрязняющих веществ на единицу продукции или предельно допустимый объем или концентрация выбросов. В данной работе ставится задача сравнения инвестиционных проектов с точки зрения влияния на их экономическую эффективность экологических ограничений.

2. Материалы и методы

В практике экономистов-аналитиков, решающих задачи оценки экономической эффективности инвестиционных проектов, такую оценку часто производят [2] по формуле:

$$J_p = \sum_{t=1}^{T} \frac{P(t)}{(1+d)^t} - I(0)\,. \qquad (1)$$

где обозначения имеют следующий смысл: $P(t)$ – прибыль организации за период t (t=0,1,…,T), T – горизонт планирования, $I(0)$ – суммарные инвестиции в проект в начальный момент времени t=0; d – ставка дисконтирования, учитывающая риски инфляции и заемного финансирования деятельности производителя. Показатель J_p эффективности инвестиционного проекта отражает сальдо суммарной дисконтированной прибыли проекта и осуществленных в него инвестиций на горизонте планирования T. Для учета некоторых дополнительных затрат

на экологические штрафы региональных управляющих органов и выявления жизненного цикла проектов используем модификацию формулы (1):

$$J_p = \sum_{t=1}^{T} \frac{(1-k)P(t) - T/T_{Am} \cdot t}{(1+d)^t} - I(0), \quad (2)$$

где T_{Am} – срок службы комплекта основных производственных фондов (ОПФ), $Am=T/T_{Am}$ – рассчитываемая по линейному закону норма амортизации ОПФ, k – оцениваемый экспертно коэффициент влияния экологических штрафов, имеющий смысл коэффициента пропорциональности уменьшения ожидаемой в проекте ежегодной прибыли $P(t)$. Отметим, что, помимо оценки эффективности J_p проектов, лицо, принимающее инвестиционные решения (предприниматель, аналитик, владелец бизнеса, управленец и т.п.), может находить периоды окупаемости, инвестиционный потенциал, инвестиционную емкость проектов и другие их характеристики. Примем далее часто выполняющееся допущение, что прибыль равномерно распределена на горизонте планирования, как постоянная величина $P(t)=P=\text{const}$ ($t=1,\ldots,T$). С учетом интегральной теоремы Лагранжа о среднем, возникающая при таком допущении погрешность практически нивелируется, что описано, например, в [3]. Тогда прибыль в формуле (1) можно вынести за знак суммы и использовать формулу суммы конечной геометрической прогрессии с первым членом $1/(1+d)$ и совпадающим с ним знаменателем геометрической прогрессии. Но, так как второе слагаемое в числителе формулы (2) зависит от переменной t, то это препятствует использованию суммы геометрической прогрессии, а требуется вычисление ряда вида

$$\sum_{t=1}^{T} \frac{t}{c^t}, \quad (3)$$

где $c>1$. Сумма такого конечного ряда выведена в работе [4]. В результате использованных допущений формула (2) представляется в виде многопараметрической зависимости от параметров I, P, T_{Am}, d, k.

3. Результаты и обсуждение

Оценку эффективности в форме анализа зависимости $J_p(T)$, можно осуществить с помощью любого графоанализатора, например, Geogebra [5] или пакета, описанного в работе [6]. Рассмотрим инвестиционный проект со следующими входными параметрами: I=100 д.е.,

P=66 д.е., T_{am} =11 ед. вр., d=20%. Проанализируем зависимости $J_p(T)$ с помощью пакета [6], варьируя коэффициент k в диапазоне от 0 до 1.

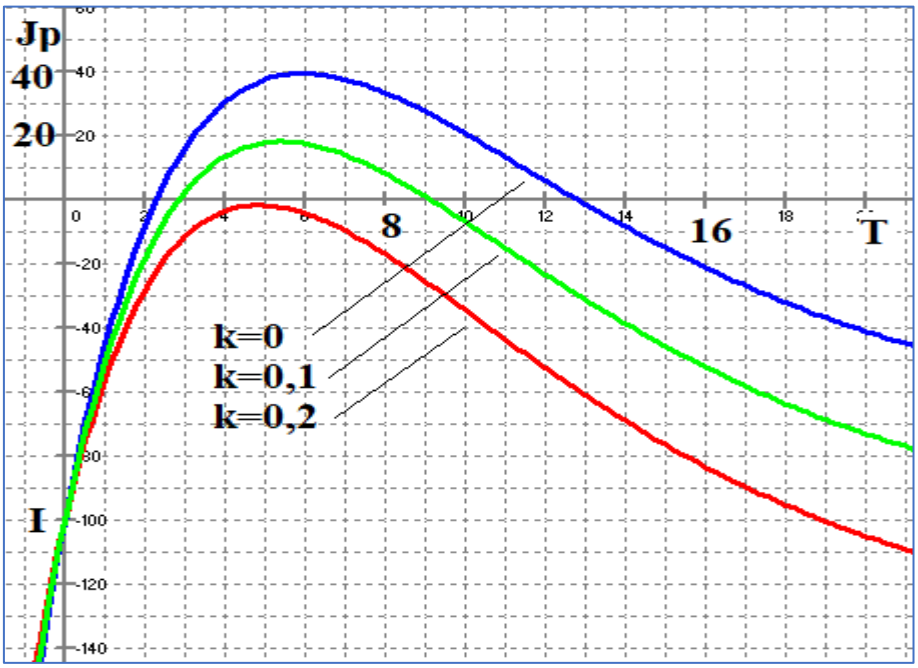


Рисунок 1. Графики зависимостей $J_p(T)$.

На рисунке 1 представлены графики зависимостей $J_p(T)$ для значений k=0;0,1;0,2. Относительно рассматриваемого проекта ЛПР может заключить, что при заданных входных параметрах и k=0,2 проект становится нерентабельным на всем горизонте планирования T, а при отсутствии учета экологических ограничений (k=0) его инвестиционный потенциал составляет приблизительно J_p≈40 единиц, период рентабельности расположен в диапазоне приблизительно $T\epsilon$(2;13) экономических циклов, а при k=0,1 указанные параметры принимают следующие числовые значения: J_p≈20 единиц и $T\epsilon$(3;9) экономических циклов соответственно. С использованием графиков на рисунке лицо, принимающее решения в сфере экологического взаимодействия предприятия и управляющих органов региона, может оперативно получить необходимую ему информацию о воздействии экологических ограничений (например, штрафов или объема производства продукции, загрязняющей окружающую природную среду) на экономическую эффективность проекта.

4. Заключение

Таким образом, применение автоматизированного инструментария оценки экономической эффективности инвестиционных проектов позволяет значительно ускорить процедуры анализа и поддержки принятия обоснованных инвестиционных решений в условиях интенсивных изменений в экономике вообще и оценке влияния экологических ограничений, в частности.

Список литературы

1. Зуев В.Е. Влияние экологических факторов на социально-экономическое развитие / В.Е. Зуев // Фундаментальные исследования. – 2013. – №1-3. – С.812-817.
2. Моделирование производственно-инвестиционной деятельности фирмы / Под ред. Г.В. Виноградова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 319 с.
3. Медведев А.В. Автоматизированная поддержка принятия оптимальных решений в инвестиционно-производственных проектах развития социально-экономических систем / А.В. Медведев. – М.: Издательский Дом "Академия Естествознания", 2020. – 200 с. https://doi.org/10.17513/np.421
4. Киренберг А.Г. Математический и численный анализ эффективности инвестиционного проекта с выявлением его жизненного цикла / А.Г. Киренберг, А.В. Медведев, Е.В. Прокопенко, Я.В. Славолюбова // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2022. – № 6-2. – С. 256-262.
5. Geogebra. Графический калькулятор. – URL: https://www.geogebra.org/graphing?lang=ru (дата обращения: 4.11.2025).
6. Медведев А.В. Применение параметрического графоанализатора для решения учебных и прикладных задач естественнонаучного и экономического содержания / А.В. Медведев // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 5. https://doi.org/10.17513/spno.31095.

УДК 372.881.161.1

EDN VEXMIQ

Преимущества и недостатки использования квизов на занятиях по русскому языку как иностранному

А.Н. Хавдок

Адыгейский государственный университет, ул. Первомайская 218, Майкоп, 385000, Россия

E-mail: nurbievna_as@mail.ru

Аннотация. В статье анализируется дидактический потенциал квизов, рассмотрена их классификация в преподавании русского языка как иностранного, выявлены преимущества и недостатки данной цифровой технологии и предложены практические рекомендации по эффективному применению квизов: как интегрировать их в занятия, чтобы они не заменяли, а дополняли традиционные методы и помогали развивать все виды речевой деятельности. Практика применения квизов в методике преподавания русского языка как иностранного в качестве вспомогательного инструмента дает эффективные результаты при соблюдении указанных рекомендаций. Кроме того, квизы выполняют контролирующую функцию и обладают значительным мотивационным потенциалом.

Ключевые слова: русский язык как иностранный, квиз, цифровые технологии, геймификация.

Advantages and disadvantages of using quiz in teaching Russian as a foreign language

A.N. Khavdok

Adygea State University, Pervomaiskaya St. 218, Maikop, 385000, Russia

E-mail: nurbievna_as@mail.ru

Abstract. The article analyzes the didactic potential of quizzes, examines their classification in teaching Russian as a foreign language, identifies the advantages and disadvantages of this digital technology, and offers practical recommendations for the effective use of quizzes.: how to integrate them into classes so that they do not replace, but complement traditional methods and help develop all types of speech activity. The practice of using quizzes in the methodology of teaching Russian as a foreign language as an auxiliary tool, gives effective results while following these recommendations. In addition, quizzes perform a controlling function and have significant motivational potential.

Keywords: Russian as a foreign language, quiz, digital technologies, gamification.

1. Введение

Современный образовательный процесс характеризуется активным внедрением цифровых технологий, ростом интереса к геймификации в обучении и поиском эффективных методов повышения мотивации студентов. Поэтому на занятиях по русскому языку как иностранному (РКИ) рекомендуется применять квиз – «командную интеллектуальную игру, в которой участники в течение определенного времени отвечают на вопросы из самых разных сфер знания» [1].

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Несмотря на популярность квизов и их разновидность – викторины, использование данных технологий в РКИ носит довольно стихийный характер без учета методических возможностей и ограничений. В связи с этим целью данного исследования является анализ дидактического потенциала квизов, выявление их преимуществ и недостатков в контексте обучения русскому языку как иностранному и предложение рекомендаций по их эффективному применению.

2.1. Отличие квиза от традиционного теста

Для начала необходимо разобраться, в чем отличие квиза от традиционного теста. Прежде всего, в элементах геймификации, то есть использовании отдельных игровых приемов в обучении, а именно: баллов за выполненные действия, бейджей и достижений, рейтинговых таблиц, систем прогрессии, различных квестов, быстрой обратной связью. Использование элементов геймификации на занятиях по РКИ делает процесс обучения более психологически привлекательным, мотивирующим и эффективным. Также немаловажным отличием квиза от теста является его интерактивность, ориентация не только на контроль, но и на обучение.

2.1.1 Классификация квизов в преподавании РКИ

Рассмотрим классификацию квизов, используемых в преподавании русского языка как иностранного.

По образовательной цели квизы можно разделить на:

- стартовые (направленные на повторение материала),
- обучающие (используемые в процессе урока),

- итоговые (контрольные).

По содержанию квизы бывают:

- лексические,
- грамматические,
- на аудирование/чтение,
- страноведческие,
- комплексные.

По формату выделяют следующие виды квизов:

- на установление соответствия,
- на заполнение пропусков,
- «верно/неверно»,
- открытые вопросы,
- интерактивные.

2.2. Преимущества и недостатки квизов

Каковы же дидактические преимущества квиза в обучении русскому языку как иностранному? Прежде всего, это повышение интереса и вовлеченности иностранных студентов в образовательный процесс за счет игровой формы. Кроме того, создание ситуации успеха и здоровой соревновательной атмосферы, снижение психологического барьера и «страха ошибки». Также важен обучающий и развивающий аспект квиза: актуализация и закрепление знаний в нестандартной форме, развитие быстроты реакции и языковой догадки, возможность немедленной обратной связи, позволяющей сразу исправить ошибку, формирование навыков критического мышления и самостоятельной работы. Кроме того, квиз обладает рядом преимуществ в организационном аспекте: он экономит время преподавателя на проверке выполненных заданий, имеет возможность дифференциации обучения по уровням сложности материала, а также удобен и гибок в использовании как в очных, так и дистанционных форматах обучения. «Квизы помогают развивать усидчивость, концентрацию внимания и логику. Ценность игровой технологии заключается в том, что, являясь по сути своей отдыхом, она выполняет образовательную функцию и развивает творческие способности» [2].

Однако в применении квизов на занятиях по РКИ существуют некоторые ограничения и методические риски. Во-первых, сложность оценки творческих и продуктивных навыков устной и письменной речи. Во-вторых, вероятность поверхностного усвоения материала, в случае если упор делается только на скорости, а не на глубоком понимании материала. В-третьих, ограниченность форматов, поскольку квизы плохо подходят для проверки логики развернутого высказывания. К тому же, необходимо сказать о технических и организационных рисках использования квизов на занятиях по русскому языку как иностранному. Главным образом, это зависимость от технического оснащения, возможные неполадки, которые могут сорвать план урока, и время, затрачиваемое преподавателем на создание качественного квиза. Следует отметить и психологические риски применения квиза, такие как излишняя азартность и концентрация на соревновании, а не на содержании и демотивация студентов с более низким уровнем подготовки, которые постоянно проигрывают. «Несомненно, использование квизов на уроке требует от педагога серьезной подготовки и креативности. Однако именно это и есть одно из условий педагогического самосовершенствования и личностного саморазвития» [3].

3. Полученные результаты и практические рекомендации

Таким образом, рекомендации по эффективному использованию квизов в РКИ следующие:

- интеграция квизов в урок при четком определении их цели (обучение или контроль), дозированность (квиз должен быть лишь элементом занятия, а не его основой), сочетание квизов с традиционными методами развития всех видов речевой деятельности;
- разработка качественного контента для квизов при соблюдении некоторых требований, а именно: соответствие упражнения уровню владения языком, доступная для понимания формулировка задания, включение страноведческого и лингвострановедческого материала, использование мультимедийных средств для усиления эффективности;
- работа с результатами, подразумевающая обязательный разбор ошибок после квиза и выявление проблемных тем учащихся.

4. Выводы

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что квизы являются мощным вспомогательным инструментом в арсенале преподавателя РКИ при условии их методически грамотного применения. Указанные преимущества квизов перевешивают их недостатки, которые можно нивелировать корректной интеграцией в учебный процесс.

Список литературы

1. Зайцева И.А., Лапшина С.С. Лингвокультурология как база для межкультурной коммуникации на уроках РКИ в системе высшего образования (на примере квиза) / И.А. Зайцева, С.С. Лапшина // Современное педагогическое образование. – 2020 (СПО). – № 6. – С. 155-160.
2. Груздова О. Г., Согласова Т. А. Применение квиз-технологии в образовании [Электронный ресурс]. URL: http://www.allbest.ru/ (дата обращения 02.11.2025).
3. Тилюк В.И. Квиз-современный и эффективный инструмент образования [Электронный ресурс]. URL: https://www.1urok.ru/categories/1/articles/73462 (дата обращения 02.11.2025).

УДК 621.644.6:678.742.2:620.193
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.4006

EDN DDTIPE

Влияние давления и температурных режимов на прочность соединения полиэтиленовых водопроводных труб

Бердибай Сапаров[1], Каржаубай Шыныбеков[1], Аманбай Сапаров[2], Рахим Тенелбаев[1]

[1]Нукусский государственный технический университет, г. Нукус, Узбекистан
[2]Каракалпакский институт сельского хозяйства и атротехнологии, г. Нукус, Узбекистан

E-mail: berdibaysaparov1960@gmail.com

Аннотация. Современные системы водоснабжения требуют применения долговечных и надежных материалов. В последние десятилетия металлические трубы всё чаще заменяются полимерными, в частности полиэтиленовыми (ПЭ). Надежности полиэтиленовых трубопроводов является прочность сварных соединений. На этот параметр существенно влияют режимы сварки -температура нагрева и давление при соединении. Существует несколько основных методов соединения труб водопровода -выбор зависит от диаметра, рабочего давления и условий монтажа. Целью данной работы является исследование зависимости прочности соединений от давления и температуры сварки. При сварке происходит диффузия макромолекул между торцами труб, формируется монолитная структура. При повышении температуры молекулярная структура полиэтилена размягчается, и модуль упругости снижается, предел текучести падает, допускаемое внутреннее давление уменьшается. Влияние температуры на сварные соединения при сварке (встык или электросварке) температура нагрева обычно 200-220 °С: при слишком быстром охлаждении шов может стать хрупким; Превышение температуры или давления вызывает снижение прочности до 15%.

Ключевые слова: коррозионной стойкость, гидростатической прочность, режимы сварки, усилие прижима, остаточные напряжение, прогрев.

Influence of pressure and temperature regimes on the strength of the connection of polyethylene water pipes

Berdibay Saparov[1], Qarzhawbay Shınıbekov[1], Amanbay Saparov[2], Raxim Tengelbaev[1]

[1]Nukus State Technical University, Nukus city, Uzbekistan
[2]Karakalpak Institute of Agriculture and Atrotechnology, Nukus city, Uzbekistan

E-mail: berdibaysaparov1960@gmail.com

Abstract. Modern water supply systems require the use of durable and reliable materials. In recent decades, metal pipes are increasingly being replaced with polymer ones, particularly polyethylene (PE). The reliability of polyethylene pipelines lies in the strength of welded joints. This parameter is significantly influenced by welding modes - heating temperature and pressure during connection. There are several main methods for connecting water supply pipes - the choice depends on the diameter, operating pressure, and installation conditions. The purpose of this work is to investigate the dependence of joint strength on pressure and welding temperature. During welding, diffusion of macromolecules occurs between the ends of the pipes, forming a monolithic structure. When the temperature increases, the molecular structure of polyethylene softens, and the elastic modulus decreases, the yield strength decreases, and the permissible internal pressure decreases. Influence of temperature on welded joints during butt welding or electric welding. Heating temperature is typical.

Keywords: corrosion resistance, hydrostatic strength, welding modes, pressing force, residual stress, heating.

1. Введение

Современные системы водоснабжения требуют применения долговечных и надежных материалов. В последние десятилетия металлические трубы всё чаще заменяются полимерными [11], в частности полиэтиленовыми (ПЭ). Полиэтиленовые трубы обладают высокой коррозионной стойкостью, малой массой, химической инертностью и простотой монтажа [5].

Для полиэтиленовых труб (ПЭ80, ПЭ100) прочность нормируется по долговременной гидростатической прочности [1], т.е. труба должна выдерживать рабочее давление в течение 50 лет при +20 °C. Также применяется полиэтиленовых труб марки ПЭSDRPN, ПЭ100SDR1116 -толстостенные, высокая прочность; ПЭ100SDR1710 -универсальные, ПЭ100SDR266 -для низкого давления.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

SDR (Standard Dimension Ratio), или стандартное размерное отношение, является одной из ключевых характеристик. Этот показатель представляет собой соотношение наружного диаметра трубы (D) к толщине её стенки (s), рассчитываемое по формуле $SDR=D/s$. Чем меньше SDR, тем труба прочнее, т.е. низкий значения SDR означает толстую стенку и высокую прочность (для напорных систем), а высокий SDR указывает на тонкую стенку, большую гибкость и подходящие для безнапорных систем, и легкие, что упрощает транспортировку и монтаж [6].

Значение SDR напрямую влияет на несколько важных характеристик трубы:

- рабочее давление (PN) трубы с низким SDR (например, SDR 9) имеют высокое рабочее давление (16 атм), а трубы с высоким SDR (например, SDR 17) - более низкое (8 атм);
- толщина стенки: определяет физическую прочность и жесткость трубы.

Применение:

- Низкий SDR (толстые стенки, например, SDR 7.4, SDR 9, SDR 11) используется для напорных систем (газопроводы, водоснабжение под высоким давлением);
- Высокий SDR (тонкие стенки, например, SDR 17, SDR 26, SDR 35) подходит для безнапорных систем (канализация, дренаж, защитные футляры для кабелей).

Таким образом, выбор трубы с определенным SDR зависит от конкретных требований к давлению и условиям эксплуатации трубопровода.

Однако основным фактором надежности полиэтиленовых трубопроводов является прочность сварных соединений. На этот параметр существенно влияют режимы сварки - температура нагрева и давление при соединении [11]. Целью данной работы является исследование зависимости прочности соединений от давления и температуры сварки.

2.1. Методы соединения полиэтиленовых труб

Существует несколько основных методов соединения полиэтиленовых (ПЭ, PE) труб водопровода -выбор зависит от диаметра, рабочего давления и условий монтажа [9].

Наиболее распространённый способ для труб среднего и большого диаметра (обычно от 50 мм и выше) является стыковая сварка (термосварка встык). Недостатки этого способа требуемая опыт сварщика.

Электромуфтовая сварка (электросварка) применяется для соединения труб с помощью электросварных фитингов, в которые встроена нагревательная спираль.

Соединение с помощью компрессионных фитингов (разъёмное), используется в бытовых и малых системах (диаметры до 110 мм). Фланцевое соединение применяется при подключении ПЭ-труб к металлическим трубам, арматуре или оборудованию. Муфтовое соединение с термоусаживаемыми муфтами редко используется, в основном для ремонта.

Полиэтилен (ПЭ80, ПЭ100) относится к термопластичным материалам, которые при нагревании переходят в вязко-пластичное состояние и после охлаждения сохраняют форму.

3. Результаты и обсуждение

Прочность соединения труб определяется условиями теплового воздействия и усилием прижима. При сварке происходит диффузия макромолекул между торцами труб, формируется монолитная структура.

Основное уравнение, описывающее распределение напряжений в стенке трубы под внутренним давлением: $\sigma_c = pr/t$

Основное уравнение, описывающее распределение напряжений в стенке трубы под внутренним давлением, - это формула Ламе, которая показывает, что максимальные напряжения возникают в стенках тонких и толстых труб [1]. где: σ -окружное напряжение

(МПа), р- внутреннее давление (МПа), r-наружный радиус трубы (мм), t -толщина стенки (мм). Условие прочности: $\sigma \leq [\sigma]_{доп}$. Выбор формулы зависит от соотношения внутреннего радиуса к толщине стенки трубы и требуемой точности расчета [11].

Прочность сварного соединения (встык или электросварка) должна быть не ниже прочности самой трубы. Если сварка выполнена по технологии - соединение выдерживает то же давление, что и труба. Однако, при повышенном давлении (выше PN) возможны пластические деформации в зоне шва [11].

При неравномерном охлаждении после сварки - появление остаточных напряжений, снижающих прочность при последующем давлении.

Влияние температуры напрямую влияет на механические свойства полиэтилена: Влияние 0… +20 °С -номинальная прочность, без ограничений +30…+40 °С прочность примерно ниже на 10–15 %, +50 °С на 20-25 %, +60°С допустимое давление нужно снижать на 30–40 %. -20 °С материал становится менее эластичным, повышается риск хрупкого разрушения при ударе. При повышении температуры молекулярная структура полиэтилена размягчается, и модуль упругости снижается, предел текучести падает, допускаемое внутреннее давление уменьшается.

Для компенсации этого в расчётах применяют коэффициент температурной коррекции давления (ТКД). Так как температурный коэффициент давления не является фиксированной величиной, а рассчитывается в рамках проектирования и испытаний на основе свойств материалов и условий эксплуатации [12]. Для труб ПЭ100, при температуре воды +20 °С (длительной эксплуатации) коэффициент снижения давления -1,0; +40 °С -0,8; +50 °С -0,63; Например, труба PN10 +50 °С фактически работает как PN10*0,63= PN6,3.

Повышение внутреннего давления увеличивает напряжения в стенке трубы. Превышение рабочего давления на 25% снижает срок службы примерно в 1.5 раза.

Влияние температуры на сварные соединения при сварке (встык или электросварке) температура нагрева обычно 200-220 °С: скорость охлаждения критична - при слишком быстром охлаждении шов может стать хрупким;

При температуре окружающей среды ниже +5 °С (или выше +40 °С) может вызвать неравномерный прогрев и снижение качества соединения;

Старение полиэтилена при повышенных температурах (особенно в присутствии хлорированной воды) может со временем снижать прочность шва.

Экспериментом установлена [9], что стыковая сварка является более оптимальным (таблица 1)

Таблица 1. Оптимальность стыковой сварки по результатам эксперимента.

№	Метод соединения	Температура (°C)	Давление (атм)	Время нагрева (с)	Прочность соединения (%)
1	Стыковая сварка	180	8	60	92
2	Стыковая сварка	200	10	45	**98**
3	Электромуфта	170	8	70	94
4	Электромуфта	190	10	60	**97**
5	Стыковая сварка	230	10	35	85

Анализ результатов эксперимента приведенных в таблице показывает, что при повышении температуры до 200°C прочность соединения увеличивается, достигая максимума 98%, после чего при 230°C наблюдается снижение до 85%.

Повышение внутреннего давления увеличивает напряжения в стенке трубы. Превышение рабочего давления на 25% снижает срок службы примерно в 1.5 раза.

5. Выводы

Повышенное давление увеличивает напряжения в стенке и шве. При использовании трубы с меньшим SDR (толще стенка), контролировать сварку. Повышенная температура снижает прочность и допускаемое давление. Низкая температура повышает хрупкость при монтаже. Требуется прогрев деталей перед сваркой, защитит от ударов. Оптимальная температура сварки полиэтиленовых труб - 200-220°C. При давлении до 10 атм соединение сохраняет механическую прочность более 95%. Превышение температуры или давления вызывает снижение прочности до 15%. Для повышения надежности трубопроводов необходимо строго контролировать технологические параметры сварки.

Полученные результаты подтверждают применимость полиэтиленовых труб для систем холодного и горячего водоснабжения.

Список литературы

1. Абдуллаев И.А. Теория прочности материалов. – Самарканд, 2020
2. Bigulaev Alexander, Kodzaev Marat, Saparov Berdibay. Influence of structural and physical degradation of the stressed metal of pipes on the damage of main gas pipelines. Proc. SPIE 13803, Optical and Computational Technologies for Measurements and Industrial Applications (OptiComp 2025), 1380325 (22 September 2025). https://doi.org/10.1117/12.3078039
3. Saparov Berdibay, Bigulaev Alexandr, Gurbanov Ramil. E3S Web of Conferences. – 2024. – 525. – 05020. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452505020
4. Glovatskii O., Dzhurabekov A., Sadiev U., Rustamov Sh., Rashidov J., Saparov A. Improving the efficiency of irrigation pumps // AIP Conference Proceedings. – 2023. – Vol. 2612. – Article 020030. https://doi.org/10.1063/5.0113295
5. ГОСТ 18599–2001. Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 2003. – 21 с. – (Межгосударственный стандарт, введен в действие с 01.01.2003).
6. ISO 4427:2019. Plastics piping systems - Polyethylene (PE) pipes and fittings for water supply, 2019.
7. Nurmatov P.A., Saparov B.B., Artikboyev X.B., Sabirova D.A., Ganiyeva D.U. Main schemes of flow passage through conical gates in water release structures // Science and Education in Karakalpakstan. – 2025. – № 2/2. – ISSN 2181-9203. – С. 244.
8. Glovatskiy Oleg, Djumanazarova Altingul, Saparov Amanbay, Nasirova Naira, Sultonov Akmal, Sattorov Akbarali. Improvement of water distribution management methods for operating modes of machine channels. E3S Web of Conferences. – 2023. – 401. – 01023. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340101023
9. Рахматов Р.Р. Технология монтажа полимерных трубопроводов. – Ташкент, 2021.
10. Сапаров Б.Б., Сапаров А.Б. Нишанбаев Х.А. Оценка и определение критериев надежности и безопасности гидротехнических сооружений ирригационных систем // “AHOLI VA HUDUDLARNING SEYSMIK XAVFSIZLIGINI TA’MINLASHNING DOLZARB MUAMMOLARI” MAVZUSIDAGI XALQARO ILMIY-AMALIY KONFERENSIYA, академия МЧС Узбекистана с.169
11. Хомяков В.М. Полимерные материалы в инженерных системах. – Москва, 2019.

12. Zhao Z., Shi J., Zhong Q., Luo Y., Qian Z. Sediment erosion on the runner of a Pump turbine in turbine mode // Journal of Energy Storage. – 2026. – Vol. 141, Part A, Article 119273. https://doi.org/10.1016/j.est.2025.119273
13. Saparov A.B., Khidirov S.K., Khalimbetov A.B., Djumanazarova A.T., Tolepova Sh.B., Seitmuratov A.R. Methods of channel calculations to improve the operational mode of main canals // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 410, Article 05035. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341005035
14. Сапаров А.Б., Джумамуратов Д., Сапаров Б.Б. Анализ влияния физических свойств жидкостей на внешние силы (факторы) // Техасский журнал междисциплинарных исследований. – 2022.
15. Николаева М.А. Влияние температурно-временных режимов сварки полимерных труб при низких температурах на структуру и свойства матерналов (статья Ceberleninka)
16. TERRFA. Butt Fusion Jointing of Polyethylene Pressure Pipes. Руководство по технологии стыковой сварки полиэтиленовых труб под давлением.
17. ISO 12176-2:2021. Plastics pipes and fittings — Equipment for fusion jointing polyethylene systems – Part 2: Electrofusion. – International Organization for Standardization, 2021.

УДК 614.8
https://www.doi.org/10.47813/nto.6.2025.4008

EDN QXTJAU

Применение беспилотных летательных технологий при проведении поисково-спасательных и специальных работ в зонах чрезвычайных ситуаций

Ю.В. Мамонтова*, В.М. Пестов

Забайкальский государственный университет, ул. Александро-Заводская, 30, Чита, 672039, Россия

*E-mail: migra2008@mail.ru

Аннотация. В статье дана оценка значимости применения беспилотных летательных аппаратов в зонах ЧС поисково-спасательными подразделениями органов управления РСЧС на примере Забайкальского края и других регионов Российской Федерации, рассмотрена эффективность работы формирований и оперативных служб при проведении поисково-спасательных операций в зонах ЧС; в районах, где возникает необходимость ведения разведки очагов возгорания и выявления лиц, осуществляющих умышленные поджоги; поиска потерявшихся граждан в природной среде.

Ключевые слова: применение БПЛА; зоны чрезвычайных ситуаций; поисково-спасательные подразделения, органы управления РСЧС.

Establishment of search and rescue units for unmanned aerial vehicles in the structure of the russian emergency situations ministry

Y.V. Mamontova*, V.M. Pestov

Transbaikal State University, 30 Aleksandro-Zavodskaya St., Chita, 672039, Russia

*E-mail: migra2008@mail.ru

Abstract. The assessment of the significance of the creation of search and rescue units of unmanned aerial vehicles in the structure of the management bodies of the Russian Emergency Situations Ministry in the territory of the Trans-Baikal Territory is given, the effectiveness is considered on the example of other subjects of the work of aerial vehicles in the structure of the management bodies of the Russian Emergency Situations Ministry. More significant places are considered where it is possible to carry out operational work on conducting territorial reconnaissance in the territory of the Trans-Baikal Territory to identify persons who carry out deliberate arson, as well as to search for lost persons in the natural environment, to establish more vulnerable hotbeds of fire, where it is necessary to apply the use of quick operational and effective work.

Keywords: use of UAVs; emergency zones; search and rescue units, RSChS management bodies.

1. Введение

Развитие и совершенствование информационных технологий позволяет выйти на новый уровень их использования и выполнять труднорешаемые задачи в части проведения поисково-спасательных работ в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС). В связи с чем возникают новые требования к готовности органов РСЧС управлять применением подразделений беспилотных авиасредств, создаваемых в составе аэромобильных группировок в целях решения различных по сложности и специфике спасательных работ, особенно в условиях природных ЧС и на удалённых труднодоступных для наземных спасательных служб территориях.

Забайкальский край является ярким примером региона, где существует острая необходимость создания таких поисково-спасательных подразделений беспилотных летательных средств, поскольку его территории в высокой степени подвержены природным пожарам, наводнениям и другим опасным природным явлениям, приводящим к возникновению специфичных чрезвычайных ситуаций [1, 2].

2. Формирование инфраструктуры для применения беспилотной авиации в зонах ЧС

В целях обеспечения готовности органов управления РСЧС к использованию беспилотных авиасредств для повышения эффективности и результативности поисково-спасательных работ в зонах ЧС регионального, межмуниципального и муниципального уровней требуется создание соответствующей инфраструктуры, включающей в себя не только летательные аппараты, но и обслуживающие их работу технические подразделения, информационные службы, ремонтно-восстановительные структуры, производственные лаборатории, службы материального снабжения с учётом специфики этих формирований, а также наличие центров подготовки профессиональных кадров, совершенствования их квалификации и расширения компетенций в рассматриваемой сфере деятельности [3].

При внедрении повсеместного использования беспилотников потребуется немало усилий по развитию сетей связи, обучению и повышению квалификации операторов БЛПА, формирование специализированного подразделения со штатом сотрудником и также обеспечение их современным оборудованием. Беспилотные летательные аппараты могут

изменить подход к спасательным операциям, облегчить работу и сократить затраты на топливо для стандартной авиации: к примеру, во время наводнений службы МЧС ежедневно совершают облёты на служебных вертолетах, производится мониторинг уровня воды, но с использованием БЛПА полёты можно было бы сократить, заменив их на осмотр территории дронами, оснащенными камерами видимого спектра. Также в операциях по поиску пропавших людей, рационально было бы использовать дроны, оснащенные тепловизорами, менее шумные и более компактные для пролета по лесному массиву ниже, чем это может сделать вертолет.

3. Региональная специфика Забайкальского края как вызов для спасателей

Создание такой комплексной структуры особенно актуально для Забайкальского края, где географические и климатические особенности обуславливают необходимость применения специализированных подходов к организации поисково-спасательных работ. Большие территории, слабая транспортная инфраструктура и частые природные пожары требуют создания мобильных и технологически оснащенных подразделений БПЛА, способных оперативно реагировать на возникающие чрезвычайные ситуации [4].

Забайкальский край требует нововведений в работе в зонах ЧС, но внедрение и использование БЛПА в спасательных работах будет требовать большие затраты и доработки. Резко континентальный климат с сильными ветрами, которые будут создавать помехи в полетах дронов, а также экстремально низкие температуры, выводящие из строя аккумуляторы и жаркую погоду летом, а также в зонах лесных пожаров, что способствует перегреванию техники, создает большие проблемы. Необходимость адаптироваться или адаптировать летательные технологии также касается дорожных сетей и сетей связи: во многих отдаленных частях региона отсутствует стабильная и качественная связь для запуска и программирования дронов на специальные задачи, и во многие точки, к примеру, лесных возгораний или пропавших в тайге людей, нет доступа к близкому расположению к месту происшествия [5-6].

4. Оценка эффективности применения БЛПА: от столицы до периферии

Анализ ситуации, связанной с описанной выше готовностью органов управления РСЧС, на примере исследования деятельности региональной подсистемы РСЧС Забайкальского края и изученных структур группировок поисково-спасательных сил территориальных подсистем РСЧС Приморского и Хабаровского краёв, показал отсутствие таких и подобных центров.

Созданы действующие центры применения беспилотных летательных средств и технологии ведения специальных авиационных работ в зонах ЧС используются в настоящее время в центральном аппарате МЧС России, а также Главными управлениями МЧС России по г. Москве, Московской и Ленинградской областям.

В этих центрах отрабатываются технологии применения БПЛА в различных условиях местности, в частности, ведётся отработка взлёта беспилотников с песчаной, снежной поверхности, в степных областях и в лесном массиве; ведение разведки и обследования очагов природных и крупных промышленных пожаров, транспортных аварий, зон затопления, розлива АХОВ; оперативное информирование и управление действиями наземных и других видов экстренных служб, координация их работы в зонах специфичных ЧС с помощью ПБЛА, других действий на основе разрабатываемых технологических карт [7-8].

Проведенный анализ показывает существенное отставание большинства региональных подсистем РСЧС в вопросах организации применения БПЛА. В то время как в центральных регионах созданы и успешно функционируют специализированные центры, в Забайкальском крае и соседних регионах Дальнего Востока подобные структуры отсутствуют. Это приводит к неэффективному использованию имеющегося потенциала беспилотной авиации в условиях реальных чрезвычайных ситуаций. Парадокс заключается в высокой потребности данных технологий при низкой оснащенности. Ежегодные тысячи гектар леса, сгоревшие в пожарах, наводнения или пропавшие люди, которых почти невозможно найти в сотнях километров густой тайги, создает огромную необходимость создания центра компетенций в Забайкальском крае.

5. Международный опыт применения БЛПА в ликвидации последствий ЧС

Анализ зарубежной практики подтверждает высокую эффективность применения беспилотных авиационных систем в поисково-спасательных операциях и ликвидации последствий.

В Калифорнии и Британской Колумбии беспилотные системы стали неотъемлемым компонентом противопожарных операций. Аппараты типа DJI Matrice 350 и SenseFly eBee X осуществляют круглосуточный мониторинг периметра пожаров с использованием тепловизоров; идентизацию очагов возгорания сквозь плотное задымление; доставку средств первичного пожаротушения в труднодоступные районы.

В Швейцарских Альпах и Карпатском регионе Румынии развернуты системы оперативного реагирования с использованием БПЛА. Зафиксированы случаи успешного обнаружения пропавших туристов в условиях ограниченной видимости и сложного рельефа с применением алгоритмов компьютерного зрения для автоматического распознавания человеческих силуэтов.

После цунами 2023 года японские спасатели использовали беспилотные аппараты для: оценки масштабов затопления территорий; поиска пострадавших в зонах разрушений; мониторинга состояния критической инфраструктуры.

Анализ международного опыта демонстрирует, что создание специализированных центров применения БПЛА в структуре РСЧС является не инновацией, а необходимостью, соответствующей современным мировым стандартам организации спасательных работ.

6. Выводы

Сегодня созданные и действующие в штатах органов РСЧС (и только лишь органов РСЧС регионального уровня) подразделения в составе нескольких дроноводов, эксплуатирующих несколько аппаратов, пытаются решать перечисленные в статье задачи в составе аэромобильных группировок в условиях чрезвычайных ситуаций, возникающих на местах в результате масштабных опасных природных явлений и техногенных катастроф, как показывает практика, совершенно не эффективно. Их малочисленность и слабая

технологическая оснащённость не позволяет выполнять предписанные им задачи на уровне современных вызовов.

В складывающейся ситуации требуется создавать специфические комплексные высокотехнологические центры в структуре территориальных подсистем РСЧС по применению беспилотных авиасредств на основе современных информационных технологий, готовить инфраструктуру и профессиональные кадры, внедрять современные технологические решения и алгоритмы скоординированной деятельности органов управления и сил РСЧС в обозначенной в настоящей статье области.

Список литературы

1. Федеральный закон от 21 декабря 1994 года № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
2. Указ Президента РФ от 11 июля 2004 г. № 868 «Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».
3. Методические рекомендации по оборудованию и функционированию подвижных пунктов управления территориальных органов МЧС России (утв. МЧС России 14 июня 2013 г. N 2-4-87-7-14).
4. ГОСТ Р 56172-2014 «Радиостанции и ретрансляторы стандарта DMR. Основные параметры. Технические требования».
5. Вертолеты и беспилотные летательные аппараты России. – М.: Издательство «Студия Этника», 2020.
6. Корнеев В. М. Особенности конструкции и эксплуатации беспилотных летательных аппаратов самолетного типа. – М.: Издательские решения, 2018. – 38 с.
7. Минчёнок О.М. Правовые и организационные основы применения беспилотных летательных аппаратов. – СПб.: Профессия, 2020. – 168 с.
8. Кондратьев В.В., Сидоренко Е.Г. Беспилотные авиационные системы: применение в поисково-спасательных операциях. – М.: Академия Гражданской Защиты, 2022. – 215 с.

УДК 621.316.542.9

EDN BHJGSG

Совершенствование методики испытания вакуумных выключателей

Л.Р. Сотникова

ФГБОУ ВО Забайкальский государственный университет, ул. Александро-Заводская, 30, Чита, 672039, Россия

E-mail: lilia.sotnikova.1990@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены актуальные вопросы обеспечения безопасности персонала при проведении электрических испытаний вакуумных выключателей. Проанализированы основные опасные и вредные производственные факторы, характерные для процессов высоковольтных испытаний. На основе оценки профессиональных рисков разработана типовая структура и содержание методики для электротехнического персонала. Особое внимание уделено идентификации потенциально опасных операций, подключение испытуемого оборудования, проведение измерений и испытаний высоким напряжением. Предложенный в статье алгоритм разработки методики позволяет систематизировать требования безопасности, минимизировать вероятность ошибок персонала и снизить уровень производственного травматизма. Доказана эффективность включения в методику не только запретительных норм, но и четкого пооперационного описания безопасных методов труда. Результаты работы могут быть использованы на предприятиях электроэнергетики, в электротехнических лабораториях.

Ключевые слова: охрана труда, вакуумный выключатель, высоковольтные испытания, методика высоковольтных испытаний, профессиональные риски, электробезопасность.

Improvement of the test procedure for vacuum circuit breakers

L.R. Sotnikova

Zabaykalsky State University, 30 Alexandro-Zavodskaya St., Chita, 672039, Russia

*E-mail: lilia.sotnikova.1990@gmail.com

Abstract. The article discusses current issues of personnel safety during electrical testing of vacuum circuit breakers. The main dangerous and harmful production factors characteristic of high-voltage testing processes are analyzed. Based on the methodology of occupational risk assessment, a standard structure and content of occupational safety instructions for electrical engineering personnel have been developed. Special attention is paid to the identification of potentially dangerous operations, the connection of test equipment, measurements and high-voltage tests. The algorithm proposed in the article for developing the methodology makes it possible to systematize safety requirements, minimize the likelihood of personnel errors and reduce the level of occupational injuries. The effectiveness of including not only prohibitive norms in the methodology, but also a clear operational description of safe working methods has been proven. The results of the work can be used at electric power enterprises and in electrical engineering laboratories.

Keywords: labor protection, vacuum circuit breaker, high-voltage tests, high-voltage test procedure, occupational risks, electrical safety.

1. Введение

Вакуумные выключатели (ВВ) являются ключевым коммутационным оборудованием в распределительных электрических сетях среднего и высокого напряжения. Их надежность напрямую влияет на бесперебойность электроснабжения и устойчивость энергосистем [1]. В связи с этим, регулярные приемо-сдаточные и эксплуатационные испытания ВВ являются обязательной процедурой [2]. Однако процессы проведения таких испытаний сопряжены с наличием ряда опасных и вредных производственных факторов, главным из которых является риск поражения электрическим током при работе с высоким напряжением.

Несмотря на существующую нормативную базу по охране труда (Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок, типовые инструкции по испытаниям), существует необходимость в разработке локальной методики, максимально адаптированной к конкретным условиям труда, типам испытательного оборудования и видам выполняемых работ. Методика является документом, регламентирующим безопасные методы и приемы труда для инженерно-технического персонала электротехнических лабораторий.

2. Цель исследования

Целью данного исследования является совершенствование методики для персонала, занятого испытаниями вакуумных выключателей, с комплексной идентификацией и оценкой профессиональных рисков, с применением конкретного вида оборудования.

3. Методы и материалы исследования

В основу исследования положен системный анализ опасностей и управления профессиональными рисками в соответствии [3]. Проведен анализ технологического процесса измерений и высоковольтных испытаний ВВ в разных условиях труда, включающем: источник испытательного напряжения, измерительные делители, комплект контрольного и измерительного оборудования.

Были идентифицированы следующие основные опасные и вредные факторы:

1. Опасность поражения электрическим током: при подаче высокого напряжения на испытуемый объект, при наличии наведенного напряжения, при разряде емкостных элементов схемы.
2. Физические факторы: повышенный уровень шума и электромагнитных полей от работающего оборудования.

3. Опасность механического травмирования: при работе с тяжелыми элементами выключателя, высоковольтного оборудования.
4. Психофизиологические факторы: повышенное нервно-эмоциональное напряжение, связанное с ответственностью и необходимостью концентрации внимания.

4. Полученные результаты

На основе проведенного анализа была разработана типовая структура методики по охране труда при испытаниях вакуумных выключателей.

1. Общие требования охраны труда. В данном разделе регламентируется: Допуск к работе: персонал не моложе 18 лет, прошедший медицинский осмотр, обучение, инструктажи и проверку знаний с присвоением соответствующей группы по электробезопасности (не ниже IV) [4].

Перечень средств индивидуальной защиты (СИЗ): диэлектрические перчатки, боты, ковры, защитный щиток для глаз, каска [5].

Требования к организации рабочего места: ограждение зоны испытаний, предупреждающие плакаты ("Испытания. Опасно для жизни!"), обеспечение достаточной освещенности.

2. Требования охраны труда перед началом работы Раздел содержит пооперационный план подготовки: Проверить исправность СИЗ, инструмента, испытательного оборудования. Убедиться в отсутствии посторонних лиц в зоне работ. Оградить рабочую зону и вывесить плакаты. Проверить заземление корпусов испытательной установки и испытуемого выключателя. Убедиться в исправности блокировок и сигнализации высоковольтного оборудования.

3. Требования охраны труда во время работы Это ключевой раздел инструкции, детализирующий безопасное выполнение каждой технологической операции:

Подключение: Работы производить только после отключения питания стенда и проверки отсутствия напряжения индикатором. На время подключения подать заземление на выводы ВВ.

Подача высокого напряжения: Перед подачей напряжения подать команду "Подаю напряжение!" и убедиться, что все лица удалены за ограждение. Подача напряжения должна производиться плавно.

Наблюдение за показаниями: Производить с безопасного расстояния. Запрещается прикасаться к токоведущим частям и элементам измерительной цепи во время проведения испытаний.

После окончания испытаний: Отключить напряжение, разрядить все емкостные элементы схемы (делители, выводы ВВ) с помощью переносного заземления с изолирующей штангой, подать команду "Напряжение снято!". Только после этого разрешается производить пересоединения или демонтаж.

4. Требования охраны труда в аварийных ситуациях.

Инструкция предписывает:

Немедленно отключить установку при появлении дыма, искрении, нарушении целостности изоляции.

При поражении человека током – немедленно отключить напряжение, вызвать медицинскую службу, оказать доврачебную медицинскую помощь.

Сообщить непосредственному руководителю о любой аварийной ситуации.

5. Требования охраны труда по окончании работ.

Отключить питание. Привести в порядок рабочее место, убрать инструмент и СИЗ. Снять временные ограждения и плакаты (после полного окончания работ).

Сообщить руководителю о всех замечаниях, выявленных в процессе работы.

5. Выводы

Усовершенствована научно-обоснованная методика по охране труда для персонала, проводящего испытания вакуумных выключателей, базирующаяся на принципах управления профессиональными рисками.

Предложенная структура методики является комплексной и охватывает все этапы работ: подготовительный, основной и заключительный, что обеспечивает непрерывный контроль за соблюдением мер безопасности.

Включение в методику не только общих запретов, но и детального, пооперационного описания безопасных методов выполнения работ, а также конкретного вида оборудования

позволяет существенно снизить влияние человеческого фактора и предотвратить потенциальные ошибки персонала.

Внедрение методики, разработанных по предложенному алгоритму, на предприятиях энергетического профиля будет способствовать стандартизации безопасных практик, снижению уровня электротравматизма и повышению культуры производства.

Список литературы

1. Сибикин Ю.Д. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования / Ю.Д. Сибикин. – М.: Академия, 2018. – 432 с.
2. РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний высоковольтного оборудования. – М.: СПО ОРГРЭС, 1997.
3. ГОСТ Р 12.0.010-2017. Системы управления охраной труда. Оценка профессиональных рисков.
4. Приказ Минтруда России от 15.12.2020 № 903н. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. – М., 2020.
5. СО 153-34.03.603-2003. Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках. – М., 2003.
6. ГОСТ Р МЭК 62271-100-2011. Выключатели переменного тока на номинальное напряжение от 1 кВ до 52 кВ.
7. Приказ Минздрава РФ от 03.05.2024 N 220Н «Мероприятия по оказанию первой помощи».
8. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – 7-е изд., 2003 (актуально на 2024 год).
9. Расчетные режимы, разработка и испытания выключателей. Часть 3. Испытания выключателей. Проблемы испытаний выключателей; применение вакуумных дугогасительных камер и синтетических схем испытаний для аппаратов разной мощности «Energetik.energy-journals.ru».
10. Измайлов С.В. Новые подходы к созданию энергоинформационных распределительных систем / С.В. Измайлов, А.Р. Шульга, Р.Н. Шульга // «Электротехника». – 2014. – № 2. – С. 39–44.
11. Перенапряжения при коммутации вакуумными выключателями. Анализ перенапряжений при коммутации индуктивных нагрузок; требования к испытаниям и нормированию параметров ВВ. // «Новости ЭлектроТехники». – 2012. – № 6 (78).

Красноярский краевой Дом науки и техники

Российского Союза научных и инженерных общественных объединений

VI Всероссийская (национальная) научная конференция

«Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий» (НТО-VI-2025)

06-07 ноября 2025 года | Красноярск, Россия

Выпуск 17 (2025)

ISBN 978-5-6053235-3-2

Организатор конференции:
Красноярский краевой Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных объединений

© Красноярский краевой Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных объединений, 2025
© Сибирский научный центр ДНИТ, 2025
© Коллектив авторов, 2025

Красноярск, 2025