ISSN 2367-8658

Παράδειγμα

Парадигма

Paradigma

Електронно
научно
списание

№2 2026
Часть 2
Технологии

Парадигма
Електронно
научно списание

БРОЙ 2/2026
Часть 2

Издател:
"ЦЕНТЪР ЗА НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ИНФОРМАЦИЯ "ПАРАДИГМА"" ЕООД БЪЛГАРИЯ, гр. Варна 9002,
р-н Одесос, ул. Опълченска No 27
E-mail:
niiparadigma@gmail.com

www.paradigma.science

ISSN 2367-8658

Договоры на размещение:

Публикационная политика:

Редакционен съвет

Абакаров Д. К., к.с.н. (г. Брянск, Россия); **Анжиганова Л. В.,** д.ф.н., профессор (г. Абакан, Россия); **Антамошкин А. Н.**, д.т.н., профессор (г. Красноярск, Россия); **Арпентьева М. Р.,** д. психол. наук, доцент, член-корреспондент РАЕ академик МАЕ (г. Калуга, Россия); **Багоцкий С. В.**, к.б.н., доцент МИОО, ученый секретарь Московского общества испытателей природы (г. Москва, Россия); **Белобрыкина О. А.**, к.психол.н., доцент, академик Академии полярной медицины и экстремальной экологии человека (г. Новосибирск, Россия); **Блюмин С. Л.**, д.ф.-м.н., профессор (г. Липецк, Россия); **Бобкова Е. Ю.,** к.пед.н., доцент (г. Самара, Россия); **Валитова И. Е.**, к.пс.н., (г. Брест, Республика Беларусь); **Галкина А. И.,** с.н.с., начальник отдела ФГБНУ "ИУО РАО", руководитель Объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование», почетный работник науки и техники РФ (г. Москва, Россия); **Галчева К. Б.**, доцент, доктор по педагогика Пловдивски университет „П.Хилендарски" (г. Пловдив, Республика Болгария); **Заславский А. А.,** к. пед. наук, доцент, (г. Москва, Россия); **Заславская О. Ю.,** д.пед.н., профессор; **Землянухина Н. С.,** д.э.н., профессор (г. Саратов, Россия); **Землянухина С. Г.**, д.э.н., профессор (г. Саратов, Россия); **Ищанова Г. Т**., к.э.н., (г. Алматы, Казахстан); **Капрусова М. Н.**, к.ф.н., доцент (г. Борисоглебск, Россия); **Костригин А. А** (г. Нижний Новгород, Россия); **Кошенова М. И.**, к.пс.н., доцент, зав.каф. социальной психологии и виктимологии (г. Новосибирск, Россия); **Кравец О. Я.,** д.т.н., профессор (г. Воронеж, Россия); **Магсумов Т. А.**, к.и.н., доцент (г. Набережные Челны, Россия); **Няголова М. Д.**, канд. психол. наук, доцент истории психологии Великотърновского университета имени Святых Кирилла и Мефодия (г. Велико Търново, Республика Болгария); **Останков А. В.,** д.т.н., профессор (г. Воронеж, Россия); **Перова М. Б.**, д.э.н., профессор (г. Вологда, Россия); **Поляков Ю. А.**, к.т.н., доцент, (г. Москва, Россия); **Садчиков А. П.,** д.б.н., профессор Международного биотехнологического центра МГУ имени М.В.Ломоносова, вице-президент Московского общества испытателей природы (г. Москва, Россия); **Саенко Л. В.**, к.ю.н., доцент (г. Саратов, Россия); **Седов В. А.**, к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой теоретических основ электротехники (г. Владивосток, Россия); **Седова Н. А.**, к.т.н., доцент (г. Владивосток, Россия); **Семенютина А. В.,** д.с.-х.н., зав. отделом биологии древесных растений ВНИАЛМИ (г. Волгоград, Россия); **Сидоровнин Г. П.,** директор Европейского Столыпинского инфоцентра (г. Майнц, Германия); **Соловьева А. Г.,** к.б.н., профессор РАЕ, с.н.с. (г. Нижний Новгород, Россия); **Суркова И. Ю.,** д. социол. н., доцент (г. Саратов, Россия); **Терехова А. А.** к.пед.н. (г. Самара, Россия), **Трендафилова А. Т.**, ассистент Факултета общественного здоровья Медицинский университет-София (г. София, республика Болгария); **Фурсов А. Л.,** к.э.н., директор научно-исследовательского института «Парадигма» (г. Саратов, Россия); **Хусяинов Т. М** (г. Нижний Новгород, Россия)

Главен редактор
Андрей Фурсов

ТЕХНОЛОГИИ

УДК 699.82

Кириченко И. Г.
Научный руководитель: Преснов О. М., к.т.н., доцент
Красноярский институт железнодорожного транспорта, Красноярск, Россия

АНКЕРНЫЕ СИСТЕМЫ КРЕПЛЕНИЯ ПОДПОРНЫХ СТЕН В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Аннотация: В статье рассмотрены особенности применения анкерных систем крепления подпорных стен в сложных инженерно-геологических условиях. Проанализированы основные природные и техногенные факторы, влияющие на устойчивость подпорных сооружений, а также современные конструктивные решения анкерных систем, направленные на повышение надежности, устойчивости и долговечности подпорных стен. Приведен обзор патентных разработок, отражающих современные подходы к инженерной защите территорий при строительстве и реконструкции объектов транспортной инфраструктуры. Показаны преимущества применения анкерных систем в условиях слабых, водонасыщенных и неустойчивых грунтов.

Ключевые слова: подпорная стена, анкерные системы, основания и фундаменты, сложные грунтовые условия, устойчивость сооружений, инженерная защита территорий, транспортная инфраструктура.

Современное строительство все чаще осуществляется в условиях сложного рельефа и неблагоприятных инженерно-геологических условий [1]. Освоение склоновых территорий, уплотнение городской застройки, а также интенсивное развитие транспортной инфраструктуры требуют применения эффективных инженерных решений, обеспечивающих устойчивость грунтовых массивов и надежность сооружений. В данных условиях особое значение приобретают подпорные стены, предназначенные для удержания грунта и предотвращения его смещения.

В то же время эксплуатация подпорных сооружений в сложных грунтовых условиях сопровождается повышенными нагрузками, неравномерными деформациями основания и воздействием природных факторов. Традиционные гравитационные и массивные конструкции подпорных стен не всегда обеспечивают требуемый уровень устойчивости и экономической эффективности. В связи с этим возрастает роль анкерных систем крепления, позволяющих существенно повысить несущую способность и устойчивость подпорных сооружений.

Сложные инженерно-геологические условия характеризуются совокупностью факторов, негативно влияющих на устойчивость подпорных сооружений [2]. К основным из них относятся слабые, просадочные и

макропористые грунты, высокая степень обводненности, сложный склоновый рельеф, а также наличие техногенных воздействий.

Повышенный уровень грунтовых вод и фильтрационные потоки приводят к снижению прочностных характеристик грунта и увеличению активного давления на подпорные стены. Существенное влияние оказывают сезонные температурные колебания, вызывающие процессы морозного пучения и последующего оттаивания грунта. Дополнительным фактором риска являются динамические нагрузки и вибрационные воздействия, характерные для объектов транспортной инфраструктуры.

Учет указанных факторов является необходимым условием при проектировании и эксплуатации подпорных стен, что обуславливает целесообразность применения анкерных систем крепления в качестве элементов инженерной защиты территорий.

Анкерные системы крепления подпорных стен предназначены для восприятия горизонтальных нагрузок от грунтового массива и передачи их в более устойчивые слои основания [3]. Принцип работы анкерных систем основан на создании удерживающего усилия, направленного против давления грунта на подпорную стену.

Применение анкерных элементов обеспечивает совместную работу подпорной стены и грунтового массива, снижает величину деформаций и повышает устойчивость сооружения. Анкерные системы находят широкое применение как при новом строительстве, так и при усилении и реконструкции существующих подпорных стен, особенно в условиях ограниченного пространства и плотной застройки.

Современные конструктивные решения анкерных систем направлены на повышение эффективности взаимодействия подпорной стены с грунтовым массивом и снижение эксплуатационных рисков. В патентных разработках предлагаются усовершенствованные конструкции анкерных креплений, обеспечивающие равномерное распределение нагрузок и повышение устойчивости подпорных сооружений [4–6].

Так, в патентах РФ №2649356 C1 и №2649347 C1 представлены конструкции анкерных систем, позволяющие эффективно воспринимать горизонтальные нагрузки и использовать их при строительстве подпорных стен в сложных грунтовых условиях. Патент РФ №2676351 C1 предлагает решение, ориентированное на повышение надежности анкерного крепления за счет конструктивных особенностей анкеров и узлов их сопряжения с подпорной стеной.

Особое внимание уделяется усиленным конструкциям подпорных стен с анкерными элементами, что отражено в патенте РФ №188967 U1. Такие решения позволяют повысить устойчивость сооружений без существенного увеличения их габаритов и массы. Это особенно важно при строительстве и реконструкции в условиях плотной городской застройки.

Дополнительным направлением совершенствования анкерных систем является повышение долговечности за счет защиты элементов от коррозии и агрессивного воздействия грунтовой среды, а также применение модульных конструкций, упрощающих монтаж и последующую эксплуатацию.

Применение анкерных систем крепления подпорных стен обеспечивает значительное повышение устойчивости сооружений за счет перераспределения нагрузок и снижения давления грунта на тело подпорной стены. Анкерные системы позволяют уменьшить материалоемкость конструкций и расширить область их применения.

Особенно эффективно использование анкерных систем в условиях слабых, водонасыщенных и неустойчивых грунтов, где традиционные конструктивные решения не обеспечивают требуемый уровень надежности. Кроме того, анкерные системы являются рациональным решением при реконструкции существующих подпорных сооружений, когда применение массивных конструкций ограничено техническими и экономическими факторами.

Реконструкция подпорных стен является актуальной задачей при эксплуатации объектов транспортной и гражданской инфраструктуры. Значительная часть таких сооружений была возведена по ранее действовавшим нормативным требованиям и эксплуатируется в условиях возросших нагрузок и ухудшения инженерно-геологических условий.

Анкерные системы позволяют повысить устойчивость существующих подпорных стен без значительного увеличения массы и объема конструкций. Патентные решения в данной области ориентированы на минимальное вмешательство в существующие сооружения и грунтовый массив, что особенно важно при реконструкции объектов транспортной инфраструктуры и инженерной защите территорий.

Подпорные стены широко применяются при строительстве и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры, включая железные и автомобильные дороги. В условиях воздействия динамических нагрузок от подвижного состава требования к устойчивости подпорных сооружений существенно возрастают.

Анкерные системы крепления подпорных стен обеспечивают надежную защиту откосов выемок и насыпей, предотвращают деформации земляного полотна и способствуют повышению безопасности эксплуатации транспортных сооружений [7]. В сочетании с противооползневыми конструкциями, представленными в патенте РФ №2654106 C1, анкерные системы являются эффективным элементом инженерной защиты склоновых территорий.

Современные исследования и практический опыт эксплуатации подпорных сооружений показывают, что эффективность анкерных систем во многом зависит от комплексного подхода к проектированию и учёта

специфики инженерно-геологических условий. Наиболее рациональным является сочетание анкерных элементов с другими методами укрепления грунта, такими как армирование, дренажные устройства и противооползневые конструкции. Такой подход позволяет снизить концентрацию напряжений в грунтовом массиве, уменьшить деформации стен и повысить долговечность сооружений.

Особое внимание следует уделять выбору материала анкеров, способам их защиты от коррозии, а также правильной организации монтажных работ. Применение современных коррозионностойких материалов и защитных покрытий продлевает срок службы анкерной системы, минимизируя необходимость капитального ремонта в течение эксплуатации.

При проектировании новых и реконструкции существующих подпорных стен рекомендуется использовать моделирование напряжённо-деформированного состояния грунтового массива и конструкции стены с анкерной системой. Применение программных комплексов позволяет оптимизировать количество и расположение анкеров, снизить материалоёмкость сооружений и повысить экономическую эффективность проектов.

Также перспективным направлением является внедрение модульных и адаптивных конструкций анкерных систем, обеспечивающих возможность оперативного изменения параметров крепления в зависимости от изменений в условиях эксплуатации. Такие решения особенно актуальны для объектов транспортной инфраструктуры, где динамические нагрузки, вибрации и сезонные изменения грунтовых свойств оказывают значительное влияние на устойчивость подпорных стен.

В рамках долгосрочной эксплуатации транспортных и инженерных объектов применение анкерных систем в сочетании с мониторинговыми системами позволяет своевременно выявлять очаги напряжений и деформаций, проводить профилактические мероприятия и предотвращать аварийные ситуации. Комплексная интеграция конструктивных и технологических решений обеспечивает повышение надёжности и безопасности транспортной инфраструктуры в условиях сложных и изменяющихся инженерно-геологических условий.

Механизм работы анкерных систем во многом определяется характером взаимодействия анкерного элемента с грунтовым массивом и конструкцией подпорной стены. Эффективность анкерного крепления зависит от глубины заложения анкеров, их пространственного расположения, угла наклона, а также прочностных и деформационных характеристик грунтов основания. При правильном подборе параметров анкерные элементы позволяют формировать устойчивую зону закрепления в массиве грунта, перераспределяя напряжения и снижая активное давление на подпорную стену.

В сложных инженерно-геологических условиях особое значение приобретает учет неоднородности грунтового массива. Наличие слабых прослоек, водонасыщенных зон и линз сниженной прочности требует дифференцированного подхода к проектированию анкерных систем. В таких случаях целесообразно применение многоуровневых анкерных креплений, обеспечивающих равномерное восприятие нагрузок по высоте подпорной стены и повышение общей устойчивости сооружения.

Важным фактором надежной работы анкерных систем является правильная организация водоотведения. Повышенное поровое давление грунтовых вод существенно снижает эффективность анкерного крепления и может привести к развитию деформаций подпорной стены. Применение дренажных устройств в сочетании с анкерными системами позволяет снизить уровень грунтовых вод, уменьшить гидростатическое давление и повысить устойчивость грунтового массива в зоне влияния подпорного сооружения.

Особое внимание при проектировании анкерных систем уделяется вопросам долговечности и надежности эксплуатации. Агрессивная грунтовая среда, воздействие влаги и химических компонентов могут приводить к коррозии металлических элементов анкеров и снижению их несущей способности. В связи с этим в практике строительства широко применяются анкерные элементы с антикоррозионными покрытиями, а также защитные оболочки, обеспечивающие изоляцию анкеров от внешнего воздействия.

Современные тенденции в области проектирования подпорных сооружений предполагают использование численных методов расчета и моделирования напряженно-деформированного состояния системы «грунт — подпорная стена — анкер». Применение специализированных программных комплексов позволяет оценить работу анкерных систем в различных эксплуатационных режимах, спрогнозировать возможные деформации и оптимизировать конструктивные параметры с учетом реальных инженерно-геологических условий.

Кроме проектирования и монтажа анкерных систем, важным аспектом является мониторинг состояния подпорных стен во время эксплуатации. С помощью датчиков деформации, измерителей давления грунта и контроля уровня грунтовых вод можно своевременно выявлять участки с повышенными нагрузками или начинающимися деформациями. Это позволяет проводить профилактические мероприятия, предотвращать аварийные ситуации и продлевать срок службы конструкции.

На практике эффективным оказывается комбинированный подход, когда анкерные системы работают вместе с дренажными устройствами, армированием откосов и противооползневыми конструкциями. Например, на участках железных дорог и автомагистралей, где встречаются слабые и водонасыщенные грунты, применение таких комплексных решений снижает риск просадок, деформаций и разрушений подпорных стен.

Также опыт эксплуатации показывает, что регулярное техническое обслуживание анкерных систем, включая проверку состояния анкеров, натяжения стержней и защитных покрытий, существенно повышает надежность сооружений. В условиях плотной городской застройки или ограниченного пространства особое значение имеет правильная организация ремонтных и профилактических работ, чтобы минимизировать влияние на эксплуатацию транспортной инфраструктуры.

Проведенный анализ показывает, что анкерные системы крепления подпорных стен являются эффективным инженерным решением при строительстве, реконструкции и эксплуатации сооружений в сложных инженерно-геологических условиях. Современные конструктивные решения, отраженные в патентных разработках, направлены на повышение устойчивости, надежности и долговечности подпорных сооружений.

Применение анкерных систем особенно актуально на объектах транспортной инфраструктуры, где требуется обеспечение устойчивости земляного полотна и безопасности эксплуатации в условиях динамических и вибрационных нагрузок.

Список литературы:

1. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Нормы проектирования.
2. Чижов А.А. Особенности применения анкерных устройств при строительстве подпорных стен // Актуальные исследования. — 2024. — №2 (184). — С. 35–42.
3. Каменчуков А.В., Собчук С.А. Применение грунтовых анкеров при укреплении оснований и подпорных сооружений // Международный научно-исследовательский журнал. — 2025. — №6
4. Преснов О.М., Желонкина И.И. Патент РФ №2649356 C1. Анкерное крепление подпорной стены.
5. Преснов О.М., Желонкина И.И. Патент РФ №2649347 C1. Анкерная система крепления подпорной стенки.
6. Преснов О.М., Шошина В.А., Рыжкова И.А. Патент РФ №2676351 C1. Анкерное крепление подпорной стенки.
7. Орлов В.И., Григорьева Т.Н. Патент РФ №2654106 C1. Противооползневое сооружение.

УДК 004.4

Пушкина Е. А., Кесельман Б. М.
Российский технологический университет (МИРЭА), Москва, Россия

ОРГАНИЗАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МАРШРУТИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ БАНКОВСКИХ ПЕРЕВОДОВ (НА ПРИМЕРЕ ООО «ОЗОН БАНК»)

Аннотация. В статье рассматриваются организационные, архитектурные и технологические аспекты создания интеллектуальной системы маршрутизации и контроля банковских переводов на примере инфраструктуры ООО «Озон Банк». Анализируется формирование высоконагруженной, масштабируемой и безопасной платформы, соответствующей требованиям регуляторов, включая СТО БР ИББС. Описываются современные методы интеллектуальной маршрутизации, такие как Multi-Armed Bandit и глубокое обучение с подкреплением, а также подходы к построению модели угроз, внедрению криптографической защиты, проектированию микросервисной архитектуры и интеграции с внешними платёжными системами. Приводятся ожидаемые результаты внедрения — повышение успешности операций, снижение затрат, рост безопасности и управляемости. В заключение обозначаются перспективы развития подобных систем и основные вызовы, связанные с усложнением финансовых экосистем и усилением требований регуляторов.

Ключевые слова: информационная система; маршрутизация платежей; банковские переводы; интеллектуальная маршрутизация; безопасность банковских систем; микросервисная архитектура; криптографическая защита; Multi-Armed Bandit; глубокое обучение с подкреплением; финтех; Ozon Bank.

Современные банки функционируют в условиях высокой динамики технологического развития, требуют постоянного расширения функциональности платёжных систем и повышения качества сервиса. Особенно это актуально для банков, входящих в крупные экосистемы. В случае Ozon Bank платёжная инфраструктура выступает фундаментом для обеспечения непрерывной работы маркетплейса, логистических сервисов, кредитных продуктов, программ лояльности и P2P-платежей между пользователями платформы. История формирования Ozon Bank — от приобретения Oney Bank в 2021 году [1] до последующей реорганизации, присвоения универсальной банковской лицензии и планирования расширения продуктовой линейки к 2025 году — показывает, что ozon bank стремится не просто выполнять роль инструмента внутри маркетплейса, а стать полноценным финансовым институтом. Разработка цифровой инфраструктуры для банковских переводов в таких условиях становится стратегической задачей, требующей сочетания организационной зрелости, передовых технологий и соответствия нормативной базе. Особое значение

приобретает необходимость адаптироваться к санкционным ограничениям, которые могут влиять на трансграничные платежи и взаимодействие с международными контрагентами. Все эти факторы создают контекст, в котором проектирование системы маршрутизации и контроля переводов становится важнейшим направлением цифровой трансформации [2]. На Рисунке 1 показана линейная диаграмма роста безналичных платежей в РФ на момент 2024 года.

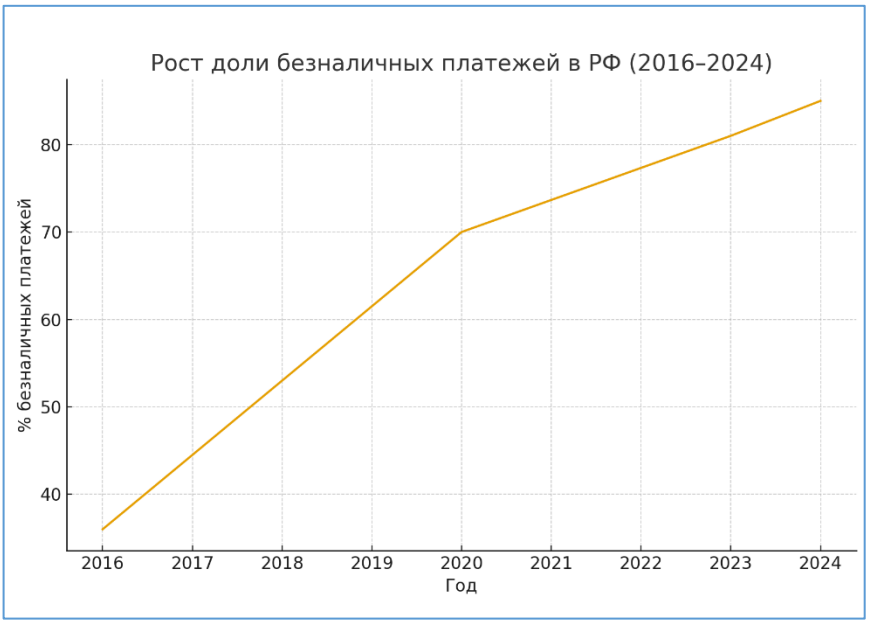


Рисунок 1 – процентное соотношение роста безналичных расчетов в России

Любая банковская информационная система должна формироваться в строгом соответствии с действующим законодательством, регулирующим деятельность кредитных организаций в Российской Федерации. Для Ozon Bank это означает необходимость соблюдения закона «О банках и банковской деятельности», регуляторных актов Центрального банка России, требований к отчётности и поддержанию достаточности капитала. Помимо фундаментальных регуляций, особое место занимают стандарты в области информационной безопасности. Система, предназначенная для обработки значительных объёмов финансовых транзакций, должна учитывать требования СТО БР ИББС и быть способной обеспечить комплексную защиту передаваемых и хранимых данных. Базовые элементы безопасности включают сквозное шифрование всех каналов передачи, строгую систему ролевого доступа, обязательное использование многофакторной аутентификации, защищённое управление криптографическими ключами, предпочтительно на базе аппаратных модулей безопасности (HSM), а также централизованное логирование и систему аудита. Важной особенностью современной финансовой инфраструктуры является необходимость регулярного обновления моделей угроз и проведения оценки рисков. Новый ландшафт цифровых угроз требует постоянной адаптации механизмов защиты.

Современная система маршрутизации переводов должна обеспечивать адаптивное распределение транзакционных потоков между платёжными каналами. В её основу ложится управленческая модель, предполагающая непрерывный сбор метрик об успешности транзакций, задержках, вероятности ошибок и стоимости конкретных маршрутов. На основе этих данных система принимает решения в реальном времени, подстраиваясь под изменения внешних условий. Одним из наиболее эффективных подходов являются алгоритмы Multi-Armed Bandit, позволяющие находить баланс между выбором наиболее надёжного и предсказуемого платёжного канала и исследованием альтернативных маршрутов, которые могут оказаться более выгодными или производительными. В более сложных сценариях применяются методы глубокого обучения с подкреплением, когда обучающийся агент формирует оптимальную стратегию маршрутизации в условиях многомерных параметров среды и высокой неопределённости. Такой подход особенно эффективен для банков, работающих в условиях сезонных колебаний нагрузки, неоднородной клиентской базы, географической распределённой системы и наличия множества внешних шлюзов. На практике наибольший эффект достигается от гибридных систем, объединяющих динамические алгоритмы с заранее сформулированными бизнес-правилами, включающими ограничения по рискам, регуляторные требования и экономические приоритеты [4]. Формирование надёжной системы маршрутизации неизбежно связано с построением комплексной модели угроз. Она должна учитывать внутренние риски, связанные с ошибками персонала или нарушениями регламентов, а также внешние атаки: от сетевых вторжений и перехвата данных до DDoS-атак, направленных на вывод из строя ключевых сервисов. Реализация строгой системы контроля доступа предполагает использование RBAC, MFA и регламентированных процедур выдачи и отзыва прав. Все операции должны фиксироваться в защищённом журнале аудита, обеспечивающем возможность последующего анализа инцидентов. Криптографическая защита реализуется на основе алгоритмов TLS 1.3, шифрования данных в хранилищах и управляемых процедур генерации и ротации ключей. Отдельное внимание уделяется отказоустойчивости: географически распределённая инфраструктура, резервирование каналов связи и автоматическое переключение сервисов позволяют обеспечить непрерывность обработки платежей. Репликация данных в режиме реального времени и сегментация сети формируют дополнительный уровень защищённости. В Таблице 1 представлено сравнение применимых алгоритмов маршрутизации платежей

.

Таблица 1. Сравнение алгоритмов маршрутизации платежей

Метод	Принцип работы	Преимущества	Ограничения
Статические правила	Фиксированные условия выбора канала	Простота, предсказуемость	Плохо адаптируется к изменениям
Multi-Armed Bandit	Баланс исследования/эксплуатации	+10-15 % успешности, быстрая адаптация	Не учитывает долгосрочный риск
UCB / Thompson Sampling	Вероятностная оценка успеха каналов	Оптимизация под неопределённость	Чувствительность к качеству метрик
Deep Reinforcement Learning	Обучение стратегии в среде	Лучшая адаптивность, максимум эффективности	Сложность, ресурсные затраты
Гибридный подход	MAB + бизнес-правила	Высокая стабильность	Требует продвинутой инфраструктуры

В основе проектируемой системы целесообразно использовать микросервисную архитектуру, которая обеспечивает масштабируемость, гибкость и независимое развитие функциональных модулей. Ключевые компоненты включают сервис приёма платежей, который служит единой точкой входа для всех операций; интеллектуальный маршрутизатор, отвечающий за выбор оптимального пути обработки транзакции, **а также модули интеграции с внешними платёжными системами — сервис для работы с Платёжной системой Банка России (ПС БР) и сервис для проведения переводов через Систему передачи финансовых сообщений (СПФС). При подключении новых каналов переводов архитектура позволяет легко добавлять соответствующие сервисы-интеграторы.** А также ключевые компоненты включают инструменты мониторинга, аналитики и логирования. Такое разбиение системы позволяет изолировать критичные службы, гибко управлять масштабированием и обеспечивать высокую степень отказоустойчивости. Каждый элемент архитектуры должен соответствовать нормативам и стандартам, описанным ранее. Инфраструктура должна быть готова к внешним и внутренним аудитам, поддерживать безопасное хранение логов, обеспечивать криптографическую защиту всех каналов и применяться в соответствии с регламентами СТО БР ИББС. Применение HSM, шифрование данных при передаче и хранении, а также наличие резервных контуров обработки являются обязательными для критичных сегментов платёжного процесса. Перед запуском необходимо провести комплексное нагрузочное тестирование, моделирующее пиковые нагрузки, превышающие ожидаемые в среднем в два-три раза. Дополнительно применяется A/B-тестирование алгоритмов маршрутизации, позволяющее определить, какой из вариантов — MAB, RL или гибридный подход

— обеспечивает наиболее стабильный результат в реальной среде. Пилотный этап внедрения предусматривает ограниченный запуск на части трафика и анализ поведения системы в динамике. В случае появления отклонений маршрутизатор должен автоматически переключать потоки на альтернативные каналы.

Адаптивная маршрутизация позволяет увеличить процент успешных транзакций за счёт гибкого выбора оптимального канала в реальном времени. Ожидаемое повышение может составлять 15-25 %, что достигается благодаря использованию интеллектуальных алгоритмов, проактивному выявлению деградирующих каналов и автоматизации повторных попыток. Централизованный аудит, структурированная логика маршрутизации и защищённая архитектура снижают вероятность мошеннических операций и внутренних нарушений на 60-70 %. Регламентированная система логирования позволяет эффективно расследовать инциденты, а соблюдение стандартов обеспечивает соответствие требованиям регуляторов. Использование централизованного мониторинга и автоматических механизмов переключения существенно сокращает время реакции на сбои. Система становится способной выдерживать нагрузку, превышающую средние значения в пять-семь раз, что обеспечивает её устойчивость в период сезонных всплесков активности. Аналитика логов и собранных метрик позволяет прогнозировать загрузку, корректировать параметры инфраструктуры и выявлять резервы для дальнейшей оптимизации. Динамическое распределение платежей между каналами с учётом их стоимости приводит к снижению расходов на обработку операций. По предварительным оценкам, экономия может достигать 20-30 %. Дополнительное сокращение трудозатрат обеспечивается за счёт автоматизации процедур аудита, мониторинга и контроля, что снижает нагрузку на персонал примерно на 40-50 % (см. рис. 2).

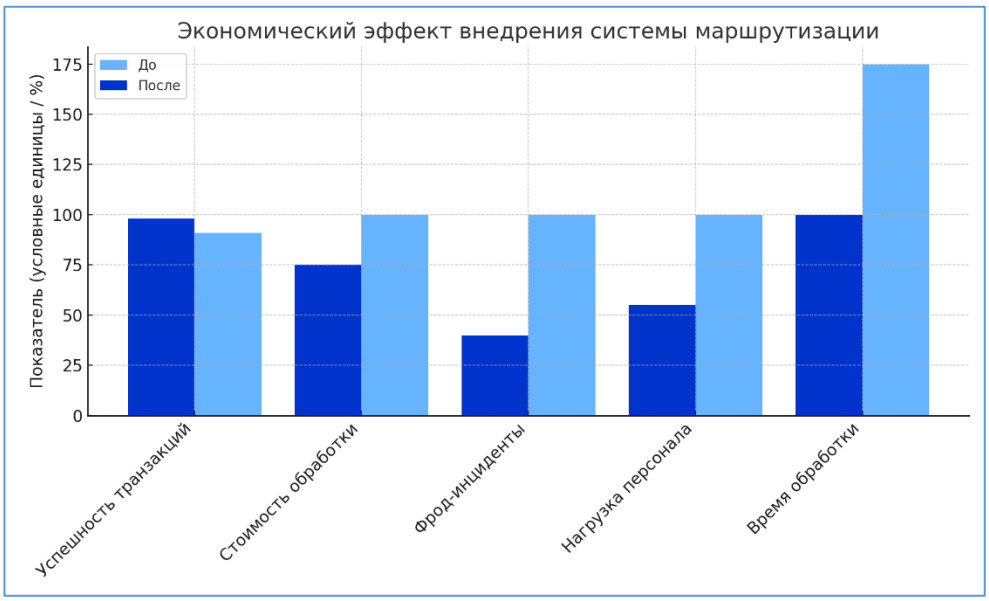


Рисунок 2 – основные изменения показателей после внедрения системы маршрутизации

Реализация подобной системы требует высокой квалификации персонала, работающего на стыке Data Science, разработки, DevOps и информационной безопасности. Одним из ключевых вызовов является формирование качественного набора данных для обучающих алгоритмов. Сложность архитектуры и жёсткие требования к безопасности формируют дополнительные риски, а динамичность регуляторной среды. Будущее подобных систем связано с применением прогностических моделей машинного обучения, позволяющих предсказывать поведение платёжных каналов и заранее перераспределять потоки. Использование усовершенствованных методов глубокого обучения с подкреплением позволит достигать ещё более высокой адаптивности маршрутизатора. По мере развития инфраструктуры Ozon Bank может предоставлять сервис маршрутизации сторонним финтех-организациям, расширяя свою роль на рынке платёжных технологий. Создание интеллектуальной информационной системы маршрутизации и контроля банковских переводов является ключевым этапом цифровой трансформации. В условиях активного расширения продуктовой линейки, развития кредитных сервисов и работа под воздействием внешних ограничений подобная система становится фундаментальным элементом финансовой инфраструктуры. Использование современных архитектурных решений, алгоритмов адаптивного управления и высоких стандартов безопасности позволяет добиться высокой эффективности, надёжности и устойчивости системы. Внедрение такого решения не только повышает конкурентоспособность банка, но и формирует основу для дальнейшего расширения его услуг и укрепления позиций в российской банковской экосистеме.

Список литературы:

1. Ozon signs agreement to acquire Oney Bank LLC to expand its financial services operations [Электронный ресурс] URL: https://ir.ozon.com/en/sth/6259eb71 (Дата обращения 20.11.2025)
2. Ozon Банк начнет выпускать кредитные карты для физлиц [Электронный ресурс URL: https://rb.ru/news/ozon-bank-anonsiroval-zapusk-kreditnyh-kart/ (Дата обращения 21.11.2025)
3. Глобализация платёжных решений: как российский финтех конкурирует на международном уровне [Электронный ресурс] URL: https://bdm.ru/publicacii/globalizatsiya-platezhnykh-reshenii-kak-rossiiskii-fintekh-konkuriruet-na-mezhdunarodnom-urovne (Дата обращения 20.11.2025)
4. Контекст, награда, много рук. Многорукие бандиты как метод принятия решений [Электронный ресурс] URL: https://habr.com/ru/companies/ozontech/articles/738318/ (Дата обращения 21.11.2025)
5. Стандартная маршрутизация платежей vs интеллектуальной маршрутизации платежей [Электронный ресурс] URL: https://ecomcharge.kz/guides/marshrutizaciya-platezhej/ (Дата обращения 22.11.2025)
6. Ozon ищет разработчиков, которые подготовят его к цифровому рублю [Электронный ресурс] URL: https://www.cnews.ru/news/top/2025-10-28_ozon_nachal_podgotovku_k_vnedreniyu (Дата обращения 22.11.2025)

УДК 004.738.5:005.336

Пушкина Е. А., Кесельман Б. М.
Российский технологический университет (МИРЭА), Москва, Россия

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ И ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ КОММУНИКАЦИЙ В УПРАВЛЕНИИ БИЗНЕС ПРОЦЕССАМИ КРУПНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Аннотация. Статья посвящена сравнительному анализу централизованных и децентрализованных моделей коммуникаций в контексте управления бизнес-процессами крупной организации. В условиях цифровой трансформации и глобализации выбор архитектуры коммуникационных потоков является стратегическим решением, напрямую влияющим на операционную эффективность и адаптивность компании. В работе подробно рассмотрены сущностные характеристики, практические примеры применения, а также систематизированы ключевые преимущества и риски каждой модели. На основе проведенного анализа сделан вывод о невозможности и неэффективности бинарного выбора в пользу одной из парадигм. Основным результатом исследования является тезис о необходимости ситуационной и процессной дифференциации, предполагающей формирование гибридной коммуникационной среды. В такой среде централизованные, формализованные потоки для финансов, контроля, кризисного управления сосуществуют с децентрализованными, сетевыми взаимодействиями в R&D, маркетинге, клиентском сервисе для достижения баланса между стабильностью и гибкостью.
Ключевые слова: бизнес-процессы, управление коммуникациями, централизация, децентрализация, организационная структура, коммуникационные модели, гибкость управления, операционная эффективность, гибридная модель, принятие решений, корпоративная архитектура.

В условиях цифровой трансформации, глобализации рынков и возрастания турбулентности внешней среды, эффективность управления крупной организацией все в большей степени детерминируется не столько формальной структурой [1], сколько качеством и архитектурой ее коммуникационных потоков. Коммуникации выступают фундаментальным процессом, обеспечивающим интеграцию разрозненных функций, трансляцию стратегии, координацию операционной деятельности и генерацию инноваций. В крупных, географически распределенных компаниях с множеством бизнес-единиц выбор модели организации этих потоков становится стратегическим решением, напрямую влияющим на ключевые показатели: от скорости вывода продукта на рынок до уровня операционных рисков.

Исторически управленческая мысль между парадигмами жесткой централизации, обеспечивающей порядок и контроль, и децентрализации, поощряющей адаптивность и предпринимательский дух, всегда существовала

примерно в одинаковом соотношении. Однако сегодня этот выбор не может быть всегда бинарным. Сложность и взаимозависимость современных бизнес-процессов требуют от исследователей и практиков перехода от противопоставления к синтезу [2]. Сравнительный анализ централизованных и децентрализованных моделей коммуникаций позволяет выявить их качественные свойства, синергетические возможности и области оптимального применения в контексте конкретных бизнес-процессов. Такой анализ приобретает особую актуальность для российских компаний, которые часто совмещают унаследованные иерархические структуры с необходимостью внедрения agile-подходов для сохранения конкурентоспособности.

Централизованная модель предполагает концентрацию потоков информации и принятия решений в едином узле (или ограниченной группе узлов), которым, как правило, выступает высшее руководство или головной офис. Основными характеристиками данной модели являются иерархичность, при которой информация движется по строго определенным вертикальным каналам: сверху вниз — приказы, инструкции; снизу вверх — отчеты (см. рис. 1). Единоначалие обеспечивает принятие ключевых решений централизованно, что гарантирует единую политику. Коммуникации сильно формализованы и регламентированы через отчетные формы, служебные записки и официальные приказы [3]. Важнейшей чертой является высокий уровень контроля за содержанием и направлением всех информационных потоков.

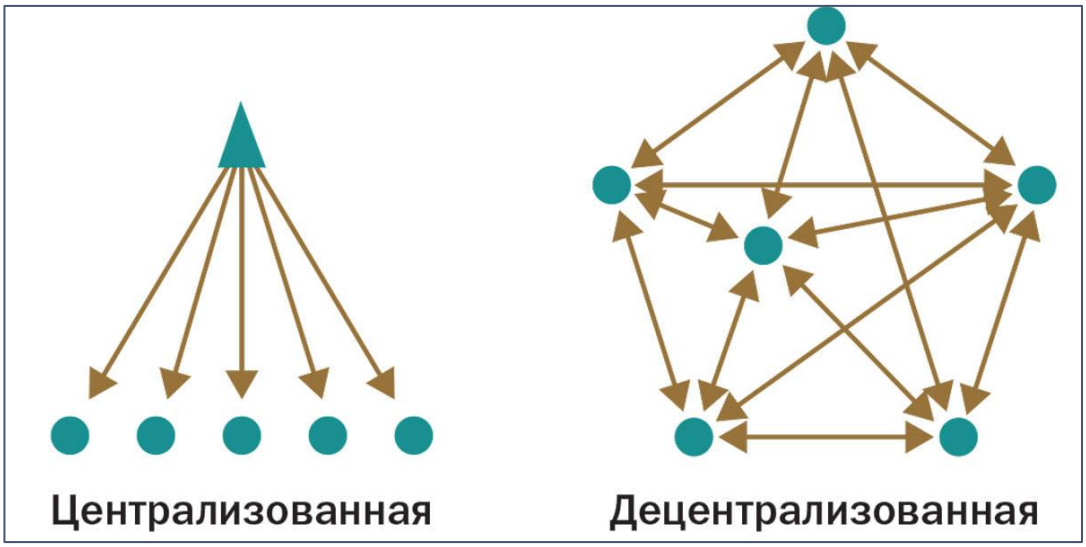


Рисунок 1 – централизованная и децентрализованная системы

Примерами применения централизованной модели в бизнес-процессах выступают финансовое планирование и отчетность, когда все бюджетные заявки от филиалов стекаются в центральный финансовый департамент для

консолидации, формирования общего бюджета и спуска утвержденных лимитов обратно. В управлении закупками центральный отдел снабжения определяет поставщиков и типовые контракты для всех подразделений, что позволяет получать объемные скидки. В кризисных ситуациях, таких как техногенная авария или PR-скандал, все заявления для внешней среды и инструкции для сотрудников готовятся и рассылаются исключительно пресс-службой или правлением, обеспечивая единый и контролируемый нарратив.

Преимущества этой модели включают согласованность действий, единую стратегическую линию, предотвращение дублирования функций, четкий контроль и экономию за счет масштаба в определенных процессах. Однако ей присущи существенные риски: замедление реакции на изменения, перегруженность центрального узла, бюрократизация, подавление инициативы на местах и потеря или искажение оперативной информации при ее движении по длинной иерархической цепи «вверх» [4].

Децентрализованная модель основана на распределении информационных потоков и полномочий по принятию решений между автономными или полуавтомными подразделениями, проектными командами или региональными центрами. Ее основными характеристиками являются сетевая структура, где преобладают горизонтальные и диагональные связи между подразделениями (см. рис. 1). Бизнес-единицы обладают значительной автономией в принятии оперативных решений. Коммуникации носят более неформальный и адаптивный характер, часто осуществляясь через чаты и совещания команд. Акцент смещен на быструю реакцию и фокус на результат, особенно в ответ на запросы клиентов или изменения на локальном рынке.

Яркими примерами децентрализации в бизнес-процессах является разработка продуктов по методологии agile, где кросс-функциональные команды - маркетинг, разработка, дизайн - напрямую общаются между собой и с фокус-группами, минуя постоянное согласование каждого шага с топ-менеджментом [5]. В региональных продажах и маркетинге локальный офис самостоятельно адаптирует глобальную стратегию под местные особенности, выбирая каналы продвижения и партнеров. Еще одним примером служит федеральная модель IT-поддержки, где наряду с центральным сервисом существуют бизнес-аналитики и разработчики, встроенные в конкретные департаменты для оперативного решения их задач.

Преимуществами такой модели являются высокая скорость реакции и адаптивность, развитие инноваций и ответственности на местах, повышение мотивации сотрудников и разгрузка центрального аппарата управления. К сопутствующим рискам относятся возможность потери стратегического единства компании, дублирование функций и усилий в разных подразделениях, сложности с унификацией данных и корпоративных стандартов, а также потенциальный «сепаратизм» бизнес-единиц [6].

Выделим основные параметры в единую таблицу (см. табл. 1):

Таблица 1. Сравнительный анализ

Критерий	Централизованная модель	Децентрализованная модель
Сущность	Концентрация информации и решений в центре (руководство/головной офис).	Распределение информации и полномочий между автономными подразделениями.
Структура	Жесткая иерархия.	Сетевая структура.
Коммуникации	Вертикальные, формальные (приказы, отчеты).	Горизонтальные, неформальные (чаты, совещания).
Решения	Принимаются централизованно.	Принимаются на местах, оперативно.
Принцип	Контроль и единообразие.	Скорость и адаптивность.
Примеры	• Финансы и бюджет • Центральные закупки • Кризисный PR	• Agile-разработка • Региональный маркетинг • Встроенная IT-поддержка
Плюсы	• Согласованность • Контроль • Экономия масштаба • Единая стратегия	• Быстрая реакция • Гибкость • Мотивация и инициатива • Инновации
Минусы	• Медленная реакция • Бюрократия • Перегруз центра • Подавление инициативы	• Риск разобщенности • Дублирование функций • Сложность унификаций • "Сепаратизм" подразделений

Таким образом, вывод исследования заключается в том, что эффективность коммуникаций в бизнес-процессах определяется не выбором одной модели, а способностью руководства к их ситуационной и процессной дифференциации. Это означает, что в рамках одной организации должны сосуществовать разные коммуникационные режимы. Финансово-отчетные процессы, управление корпоративными стандартами качества и безопасности, юридическое сопровождение закономерно требуют централизованных, формализованных потоков информации [7]. В то же время процессы разработки новых продуктов, маркетинговые кампании, сервисная поддержка клиентов нуждаются в децентрализованных, сетевых формах взаимодействия, обеспечивающих прямую связь между исполнителями и быструю обратную связь от рынка. Как итог управление коммуникациями перестает быть вспомогательной функцией и становится ядром организационного дизайна. Способность компании создавать архитектуру своих коммуникационных потоков, осознанно комбинируя централизацию там, где нужна стабильность, и децентрализацию там, где необходима гибкость, становится ключевым конкурентным преимуществом, определяющим ее устойчивость и способность к эволюции в перманентно меняющейся бизнес-среде.

Список литературы:

1. Репин, В.В. Бизнес-процессы. Моделирование, внедрение, управление / В.В. Репин, В.Г. Елиферов. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 512 с. (Дата обращения 10.01.2026)

2. Минцберг, Г. Структура в кулаке: создание эффективной организации / Г. Минцберг. – СПб.: Питер, 2004. – 512 с. – (Классика MBA). (Дата обращения 11.01.2026)

3. Авдеенко, И. В. Гибридные формы организации: возможности и перспективы применения / И. В. Авдеенко // Российский журнал менеджмента. – 2019. – Т. 17, № 1. – С. 5-28. (11.01.2026)

4. Задоенко, В. И. Исследование централизованных и децентрализованных структур управления / В. И. Задоенко // Актуальные проблемы развития экономики: менеджмент и маркетинг : Сборник статей V Межвузовской научно-практической конференции, Краснодар, 31 мая 2024 года. – Краснодар: ФГБУ "Российское энергетическое агентство" Минэнерго России, 2024. – С. 17-23. – EDN BDGLGN.

5. Сагателян, А. С. Централизованная и децентрализованная система управления / А. С. Сагателян // Дни студенческой науки : Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов Института экономики, управления информационных систем в строительстве и недвижимости НИУ МГСУ за 2017-2018 учебный год, Москва, 12–16 марта 2018 года / Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет; Редколлегия: Волков, А.В. Гинзбург, Верстина, А.Д. Ишков, О.Н. Кузина, Д.Н. Силка, П.Г. Грабовый. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2018. – С. 92-95. – EDN XSYJVZ.

6. Иванова, А. Н. Организационно-экономическое обеспечение инновационного развития гостиничных предприятий города Москвы : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук : 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика / А. Н. Иванова. – Москва, 2024. – 24 с. – Текст : электронный. – URL: https://rea.ru/~file/193302/Ivanova-avt..pdf

7. Гапоненко, Александр Лукич. Управление знаниями : как превратить знания в капитал / А. Л. Гапоненко, Т. М. Орлова. — Москва : Эксмо, 2008. — 394, [1] с. : портр., табл. : 23 см — (Полный курс MBA =, Master of business administration).; ISBN 978-5-699-26534-3 (В пер.).

УДК 004.4

Калугин Н. А.
Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, Москва, Россия

ВОПРОСЫ БАЛАНСИРОВКИ НАГРУЗКИ ZVIRT

Аннотация. В статье рассмотрен процесс балансировки нагрузки в отечественной платформе виртуализации zVirt. Подробно рассмотрены и описаны ключевые параметры балансировки нагрузки и их параметры на хостах. На тестовой среде проведены эксперименты по миграции виртуальных машин при перегрузке и недозагрузке, перемещению SPM и автоматическому отключению хостов с анализом реагирования системы. Приведены практические рекомендации по настройке политик балансировки.
Ключевые слова: zVirt, балансировка нагрузки, миграция ВМ, политика балансировки, распределение.

Сегодня одной из актуальных задач в области виртуализации и управления инфраструктурой является оптимизация распределения нагрузки между узлами кластера [1 с. 23]. Этот процесс заключается в автоматической миграции виртуальных машин (ВМ) для предотвращения перегрузки хостов, обеспечения высокой доступности и эффективного использования ресурсов CPU и RAM. Политики балансировки нагрузки становятся особенно значимыми в контексте отечественных платформ виртуализации, таких как zVirt, широко используемая в государственных и корпоративных дата-центрах. Простота развертывания и гибкость настройки политик делают их ключевым инструментом для системных администраторов, работающих с KVM-гипервизором.

Объектом исследования выступает платформа zVirt как отечественная система виртуализации на базе KVM, а предметом — политики балансировки нагрузки EvenlyDistributed, VMEvenlyDistributed и PowerSaving [2 с. 35]. Целью работы является оценка эффективности этих политик для оптимизации распределения нагрузки и энергопотребления в zVirt. Для минимизации рисков и повышения эффективности используется конфигурирование специализированных политик, среди которых EvenlyDistributed занимает лидирующие позиции по равномерности CPU/RAM, VMEvenlyDistributed — по контролю количества ВМ и SPM, а PowerSaving — по энергосбережению. Эти политики предоставляют возможность выявлять перегруженные и недогруженные хосты, автоматически мигрируя ВМ с учетом ресурсов, их количества или низкой утилизации, и интегрируются с системными параметрами.

Фундаментальным источником по политикам балансировки нагрузки в отечественной платформе виртуализации zVirt является техническая документация Orion soft, где алгоритмы описаны как основные механизмы равномерн

ого распределения виртуальных машин по хостам кластера на основе метрик CPU и RAM с использованием параметров HighUtilization, HighVmCount, LowUtilization и других. Однако отсутствие публикаций по тонкой настройке политик EvenlyDistributed, VMEvenlyDistributed и PowerSaving в zVirt определяет новизну и актуальность проведённого эксперимента [3].

Для мониторинга результатов и фиксации миграций планируется использовать встроенные средства zVirt: журнал событий, в котором отображаются операции переноса виртуальных машин между хостами, а также веб-интерфейс управления, где можно просматривать текущее состояние хостов и количество запущенных на каждом из них виртуальных машин.

Для проведения данного эксперимента были использована следующая инфраструктура (приведена в таблице 1).

Таблица 1. Инфраструктура экспериментального кластера zVirt

FDQN	IP	vCPU	ОС	RAM	Примечание
cli.testing.local	10.255.1.200	2	ОС Альт 10.2	2048МБ	Клиент
nfs.testing.local	10.255.1.3	2	zVirt Node 4.2	4096МБ	NFS-хранилище
srv1.testing.local	10.255.1.1	1	zVirt Node 4.2	8192МБ	Хост 1
srv2.testing.local	10.255.1.2	2	zVirt Node 4.2	8192МБ	Хост 2

Перейдем к проверке работоспособности политики балансировки нагрузки «EvenlyDistributed» с ее параметрами HighUtilization, CpuOverCommitDurationMinutes, MaxFreeMemoryForOverUtilize и MinFreeMemoryForUnderUtilized.

Для начала зададим значения: HighUtilization = 80%, CpuOverCommitDurationMinutes = 5.

HighUtilization - Определяет пороговую загрузку CPU, при которой хост считается перегруженным по процессору. Если загрузка CPU на хосте достигает или превышает 80%, он становится кандидатом на разгрузку через миграцию виртуальных машин.

CpuOverCommitDurationMinutes – Определяет минимальную продолжительность превышения порога HighUtilization, необходимую для активации балансировки по CPU. Хост считается перегруженным по CPU только если загрузка выше 80% держится непрерывно в течение 5 минут [5].

Настроим политику, рисунок 1.

Рисунок 1. Настройка параметров политики

Для проверки влияния параметров планировщика виртуальные машины распределяются по хостам неравномерно: на первом хосте размещаются 4 ви ртуальные машины, на втором — 2 виртуальные машины, после чего фиксир уются значения загрузки ресурсов каждого узла, рисунок 2 и рисунок 3.

		Имя	Комментар	Хост
		vm1		srv2.testing.local
		vm2		srv2.testing.local
		vm3		srv1.testing.local
		vm4		srv1.testing.local
		vm5		srv1.testing.local
		vm6		srv1.testing.local

Рисунок 2. Расположение ВМ на хостах

		Имя	Комментар	FQDN/IP	Кластер	Центр данных	Состояние	Количество ВМ	Память	ЦП
		srv1.testing.local		srv1.testing.local	Default	Default	Up	4	95%	97%
		srv2.testing.local		srv2.testing.local	Default	Default	Up	2	41%	29%

Рисунок 3. Нагрузка хостов

Видим, что нагрузка на 1м хосте составляет 95%, что выше заданных 8 0% пороговых. По истечении 5 минут заметим, что виртуальная машина vm3 была перенесена на хост srv2, разгрузив тем самым хост srv1 и уменьшив заг рузку ЦП на нём, рисунок 4.

		Имя	Комментар	FQDN/IP	Кластер	Центр данных	Состояние	Количество ВМ	Память	ЦП
		srv1.testing.local		srv1.testing.local	Default	Default	Up	3	67%	63%
		srv2.testing.local		srv2.testing.local	Default	Default	Up	3	59%	86%

Рисунок 4. Загрузка хостов после работы балансировки

Теперь параметр CpuOverCommitDurationMinutes установим равным 60 и зададим следующие: MaxFreeMemoryForOverUtilized = 2048 МБ, MinFree MemoryForUnderUtilized = 4096 МБ.

MaxFreeMemoryForOverUtilized = 2048 МБ - Определяет максимальное количество свободной памяти, при котором хост считается перегруженным п о памяти. Если на хосте свободной памяти становится меньше 2048 МБ, он п омечается как overutilized и становится кандидатом на миграцию виртуальны х машин [6, с. 127].

MinFreeMemoryForUnderUtilized = 4096 МБ - Определяет минимальное количество свободной памяти, при котором хост считается недогруженным. Если на хосте свободной памяти становится 4096 МБ или больше, он помечае тся как underutilized и становится предпочтительным кандидатом для приема мигрирующих виртуальных машин, рисунок 5.

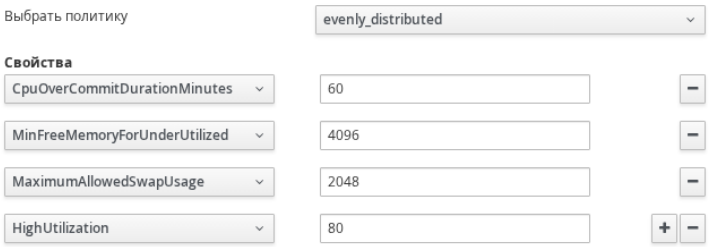


Рисунок 5. Настройка других параметров политики

Аналогично предыдущему сценарию на хосте srv1 запускаются виртуа льные машины, после чего фиксируется объём свободной оперативной памят и на данном узле, рисунок 6.

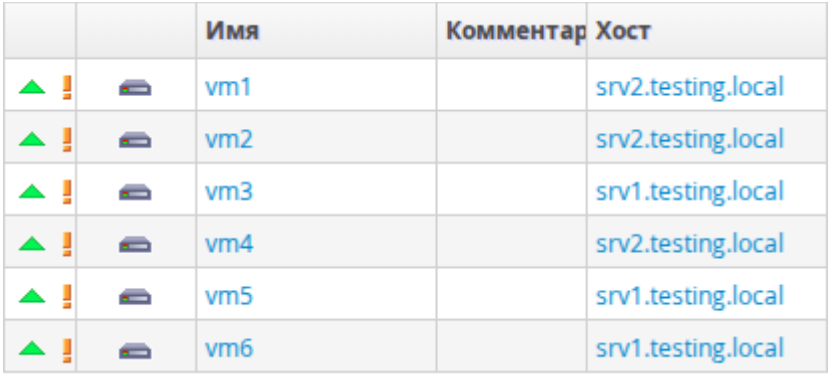
Рисунок 6. Объем свободной оперативной памяти на хосте 1

Видим, что хост 1 перегружен (свободной памяти 385мб). Проверим си туацию на хосте 2, рисунок 7.

Рисунок 7. Объем свободной оперативной памяти на хосте 2

При этом хост 2 недогружен (свободной памяти 4542мб > 4096мб). Ме неджер должен разгрузить хост 1.

Спустя пару минут увидим, что виртуальная машина vm4 была перенес ена с хоста 1 на хост2. Результат представлен на рисунке 8.



		Имя	Комментар	Хост
		vm1		srv2.testing.local
		vm2		srv2.testing.local
		vm3		srv1.testing.local
		vm4		srv2.testing.local
		vm5		srv1.testing.local
		vm6		srv1.testing.local

Рисунок 8. Распределение вм на хостах после балансировки

Проверим свободную память на каждом из хостов. Свободная память н а хосте 1. Результат представлен на рисунке 9.

Физическая память: 7697 MB всего, 5651 MB используется, 2046 MB свободно

Рисунок 9. Количество свободной памяти на хосте 1 после балансировки

Проверим свободную память на хосте 2. Результат представлен на рисунке 10.

Физическая память: 7697 MB всего, 5672 MB используется, 2052 MB свободно

Рисунок 10. Количество свободной памяти на хосте 2 после балансировки

Таким образом, ни один из хостов кластера не был классифицирован как перегруженный или недогруженный, что свидетельствует о корректной и эффективной работе настроенной политики балансировки EvenlyDistributed. Достигнуто равномерное распределение ресурсов CPU и RAM между всеми узлами, обеспечивая стабильную эксплуатацию виртуальных машин без необходимости дополнительных миграций.

Следующей проверим политику VM_Evenly_Distributed с её параметрами HighVmCount, MigrationThreshold и SpmVmGrace. Зададим следующие значения: HighVmCount = 3, MigrationThreshold = 1, SpmVmGrace = 1.

HighVmCount - Определяет максимальное «нормальное» количество виртуальных машин на одном хосте. Если на узле запускается больше 3 ВМ, он считается перегруженным по числу виртуальных машин и становится кандидатом на разгрузку [4].

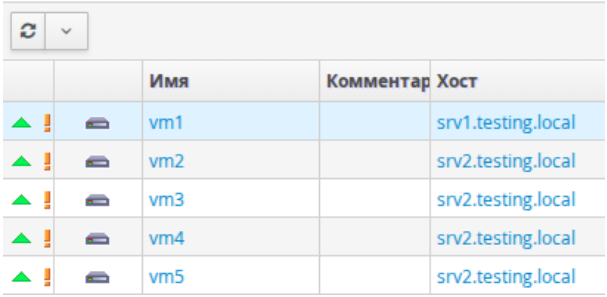
MigrationThreshold - Задаёт допустимую разницу в количестве ВМ между самым загруженным и наименее загруженным хостами. Пока разница не превышает 1 ВМ, кластер считается сбалансированным и миграции по этой политике не нужны; если разница больше 1, планировщик начинает переносить ВМ.

SpmVmGrace — параметр, определяющий на сколько виртуальных машин, меньше допускается запускать на хосте с ролью SPM по сравнению с обычными хостами. Например, если SpmVmGrace = 1, то на SPM-хосте допустимо разместить на одну ВМ меньше, чем на остальных хостах кластера. Это нужно для того, чтобы на SPM оставался резерв ресурсов для служебных задач управления хранилищем и обеспечения стабильной работы всей инфраструктуры [7].

Настройки представлены на рисунке 11.

Рисунок 11. Настройка параметров политики VMEvenlyDistributed: HighVmCount, MigrationThreshold, SpmVmGrace

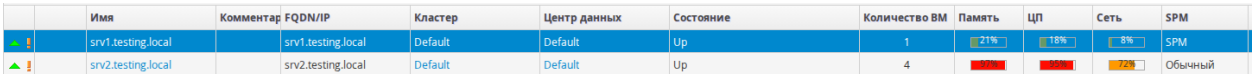
Для проверки реакции политики VM_Evenly_Distributed на хосте srv1 запускается одна виртуальная машина, а на хосте srv2 — четыре виртуальные машины, что создаёт превышение порога HighVmCount и разницы в количестве ВМ, заданной параметром MigrationThreshold, рисунок 12.



Имя	Комментар	Хост
vm1		srv1.testing.local
vm2		srv2.testing.local
vm3		srv2.testing.local
vm4		srv2.testing.local
vm5		srv2.testing.local

Рисунок 12. Расположение ВМ на хостах для проверки работы политики VMEvenlyDistributed

После запуска видим, что на хосте srv2.testing.local использование памяти и процессора на этом узле переходит в красную зону, тогда как на SPM-хосте srv1.testing.local работает только одна ВМ с минимальной нагрузкой. В таких условиях при заданных параметрах политики кластер рассматривает srv2.testing.local как перегруженный по количеству ВМ и в дальнейшем должен инициировать миграцию одной виртуальной машины на srv1.testing.local, чтобы выровнять распределение нагрузки с учётом того, что на SPM-хосте должно оставаться на одну ВМ меньше, чем на обычном. Результат представлен на рисунке 13.

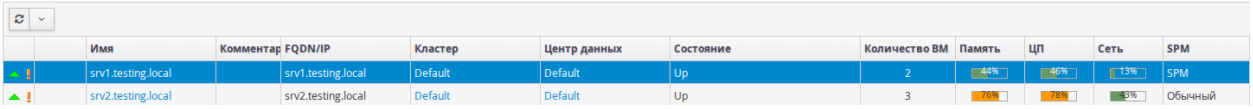


Имя	Комментар	FQDN/IP	Кластер	Центр данных	Состояние	Количество ВМ	Память	ЦП	Сеть	SPM
srv1.testing.local		srv1.testing.local	Default	Default	Up	1	21%	18%	8%	SPM
srv2.testing.local		srv2.testing.local	Default	Default	Up	4	93%	99%	72%	Обычный

Рисунок 13. Нагрузка на хостах после запуска ВМ

Подождем некоторое время.
В течение некоторого времени кластер оставался в таком состоянии, после чего политика VM_Evenly_Distributed инициировала автоматическую миграцию одной виртуальной машины с перегруженного хоста srv2 на srv1. На следующем этапе видно, что на srv1 теперь работают две ВМ, на srv2 — три, а загр

узка ресурсов обоих хост-
ов находится в допустимом диапазоне, что подтверждает корректную работу механизма балансировки, рисунок 14.



Имя	Комментар	FQDN/IP	Кластер	Центр данных	Состояние	Количество ВМ	Память	ЦП	Сеть	SPM
srv1.testing.local		srv1.testing.local	Default	Default	Up	2	44%	46%	13%	SPM
srv2.testing.local		srv2.testing.local	Default	Default	Up	3	76%	78%	8%	Обычный

Рисунок 14. Нагрузка на хостах после работы планировщика

Теперь установим политику планирования PowerSaving и проверим раб отоспособность специфичных для нее параметров.

Установим HostsInReserve = 1, EnableAutomaticHostPowerManagement = true, LowUtilization = 20%.

HostsInReserve = 1 — параметр, определяющий минимальное количест во хостов, которые должны всегда оставаться включёнными в резерве. Если а ктивных хостов становится меньше 1, система автоматически включает резер вные хосты [8, с. 23].

EnableAutomaticHostPowerManagement = true — параметр, включающи й автоматическое управление питанием хостов по политике PowerSaving. Ког да хост становится пустым (CPU ниже LowUtilization дольше 10 минут), все ВМ мигрируют на другие хосты, и хост автоматически выключается для энер госбережения [9, с. 12].

LowUtilization = 25% — параметр, определяющий пороговую низкую за грузку CPU, при которой хост считается недогруженным и кандидатом на вы ключение. Если загрузка CPU на хосте падает ниже 25%
[10] и держится 10 минут, все ВМ мигрируют на другие хосты, и хост выклю чается.

Зададим эти параметры и активируем политику power_saving, рисунок 15.

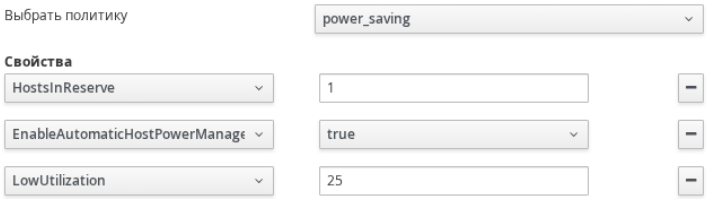


Рисунок 15. Настройка параметров политики PowerSaving

Для оценки работы политики PowerSaving на каждом хосте запустим п о две виртуальные машины, после чего зафиксируем текущую загрузку ресур сов на обоих узлах, рисунок 16.

	Имя	Комментар	FQDN/IP	Кластер	Центр данных	Состояние	Количество ВМ	Память	ЦП
	srv1.testing.local		srv1.testing.local	Default	Default	Up	1	23%	21%
	srv2.testing.local		srv2.testing.local	Default	Default	Up	2	43%	39%

Рисунок 16. Расположение ВМ на хостах

Видим, что загрузка хоста 1 составляет 21%, что меньше указанных 25 %. Подождем 10 минут и обнаружим, что произошла миграция виртуальной машины vm3 с хоста srv1 на хост srv2, при этом хост srv1 стал выключен, рис унок 17.

	Имя	Комментар	Хост	IP-адрес	FQDN	Кластер	Центр данных
	vm1		srv2.testing.local			Default	Default
	vm2		srv2.testing.local			Default	Default
	vm3		srv2.testing.local			Default	Default

Рисунок 17. Расположение ВМ на хостах после отработки политики

Проверим статус хостов. Результат представлен на рисунке 18.

Имя	Комментар	FQDN/IP	Кластер	Центр данных	Состояние	Количество ВМ	Память	ЦП	Сеть	SPM
srv1.testing.local		srv1.testing.local	Default	Default	Up	3	68%	67%	0%	Обычный
srv2.testing.local		srv2.testing.local	Default	Default	Down	0	0%	0%	0%	SPM

Рисунок 18. Статус хостов после отработки политики

Благодаря параметру LowUtilization = 25% и включённому автоматичес кому управлению питанием политика Power_Saving определяет, что хост srv1 недогружен, инициирует перенос его единственной ВМ на srv2, после чего sr v1 автоматически переводится в состояние Down, а все три виртуальные маш ины продолжают работу на хосте srv2, что подтверждает корректную работу механизма энергосберегающей балансировки.

На основе результатов проведенных экспериментов по тестированию п олитик балансировки составим сравнительную таблицу (таблица 2), отражаю щую ожидаемые и фактические результаты работы кластера. Это позволит на глядно оценить эффективность автоматических миграций ВМ, соответствие пороговым значениям и влияние на стабильность инфраструктуры. Сравнени е выявит расхождения и подтвердит достижение целей по равномерному расп ределению ресурсов CPU/RAM и энергосбережению.

Таблица 2. Сравнительная таблица результатов экспериментов

Сце нари й	Политика	Ожидаемый результат	Фактический результат	Соответствие
2	HighUtiliz ation	Миграция при CPU>80% (5 мин), RAM>2048 MB	vm3 мигрировала с srv 2 на srv1 при 95% CPU	Соответствует документации
3	HighUtiliz ation	Баланс RAM при CpuOve rCommit=60 мин	vm4 перенесена, srv1 п од нагрузкой 385 MB	Соответствует документации

4	VMEvenly Distributed	HighVmCount=3, SPM srv 1 после grace=1	SPM srv2→srv1, миграция при threshold=1	Соответствует документации
5	PowerSaving	LowUtilization=25% (10 мин), 1 хост в reserve	vm3 srv1→srv2, srv1 down при 21% CPU	Соответствует документации

Анализ представленной таблицы подтверждает высокую эффективность политик балансировки во всех сценариях. Фактические результаты полностью соответствовали ожидаемым, с точным срабатыванием миграций по порогам CPU/RAM, количеству ВМ и утилизации.

Далее приведем практические рекомендации по настройке политик балансировки нагрузки EvenlyDistributed, VMEvenlyDistributed и PowerSaving в zVirt, основанные на анализе типичных сценариев эксплуатации, параметров и тестов кластера.

Перед активацией политик рекомендуется заранее рассчитать резерв ресурсов (CPU и RAM) на каждом хосте, чтобы миграции ВМ запускались только при реальных дисбалансах, а не из-за кратковременных всплесков. Необходимо группировать ВМ по характеру нагрузки (например, БД отдельно от веб-серверов) и распределять тяжелые машины по хостам равномерно, минимизируя локальные пики даже при работе балансировки. HighUtilization стоит устанавливать на уровне 75-80% от типичной пиковой нагрузки (с CpuOverCommitDurationMinutes=5-60 мин), VMEvenlyDistributed — с HighVmCount=3 и MigrationThreshold=1 для контроля SPM, PowerSaving — с LowUtilization=20-25% и HostsInReserve=1 для энергосбережения (например, если CPU обычно 60-70%). В первые дни после настройки нужно отслеживать логи миграций и метрики хостов: частые перемещения ВМ сигнализируют о слишком жестких порогах, отсутствие миграций при перегрузках или простое — о мягких.

В ходе эксперимента были рассмотрены ключевые аспекты настройки и тестирования политик балансировки нагрузки EvenlyDistributed, VMEvenlyDistributed и PowerSaving в отечественной платформе виртуализации zVirt. Проведённые тесты продемонстрировали высокую эффективность данных политик в равномерном распределении ресурсов CPU и RAM между хостами кластера, предотвращая перегрузки, оптимизируя энергопотребление и обеспечивая стабильную работу виртуальных машин.

Корректная конфигурация параметров позволяет оптимизировать миграции ВМ и минимизировать простои даже при неравномерных нагрузках. Были предложены практические рекомендации по настройке, мониторингу и эксплуатации политик балансировки в zVirt.

Это подчёркивает важность и новизну проведённой работы, а также актуальность дальнейшего изучения политик балансировки для обеспечения эффективности отечественных виртуализационных инфраструктур.

Список литературы:

1. "КЛАССИФИКАЦИЯ КОРПОРАТИВНОГО ТРАФИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ Уймин А.Г. Автоматизация и информатизация ТЭК. 2023. № 7 (600). С. 22-29."
2. Load Balancing Policy: VM_Evenly_Distributed // oVirt Technical Reference. URL: https://ovirt.massopen.cloud/ovirt-engine/docs/Technical_Reference/Load_Balancing_Policy_VM_Even_Distribution.html (дата обращения: 17.11.2025).
3. Балансировка нагрузки, планирование и миграция в zVirt // Orion soft Wiki. URL: https://wiki.orionsoft.ru/zvirt/latest/tech-ref/scheduling/ (дата обращения: 05.12.2025).
4. Тестируем отечественную систему виртуализации: zVirt // Хабр. 2023. URL: https://habr.com/ru/articles/769360/ (дата обращения: 22.11.2025).
5. zVirt и oVirt: сравнительный анализ // Тюменский индустриальный университет. 2023. URL: https://elib.utmn.ru/jspui/bitstream/ru-tsu/28953/1/miim_2023_215_220.pdf (дата обращения: 09.12.2025).
6. Политики планирования и балансировки нагрузки в кластерах oVirt [Электронный ресурс] // oVirt Administration Guide. 2025. Разд. Scheduling Policies. URL: https://www.ovirt.org/documentation/administration_guide/ (дата обращения: 8.11.2025).
7. Бонев И.С. zVirt Hosted Engine: практика развертывания в картинках [Электронный ресурс] // Хабр. 2025. 11 мая. URL: https://habr.com/ru/companies/orion_soft/articles/806421/ (дата обращения: 12.11.2025).
8. zVirt. Документация по продукту zVirt 4.2 [Электронный ресурс]. URL: https://wiki.orionsoft.ru/zvirt/4.2/admin-guide/ (дата обращения: 16.11.2025).
9. Руководство по установке системы безопасного управления виртуализацией zVirt // Orion soft. URL: https://docs.orionsoft.ru/zvirt/zVirt-rukovodstvo-po-ustanovke.pdf (дата обращения: 19.11.2025).
10. Уймин, А. Г. Обзор систем моделирования: анализ эффективности на примере чемпионата AtomSkills-2023 / А. Г. Уймин, В. С. Греков // Автоматизация и информатизация ТЭК. – 2023. – № 11(604). – С. 25-34. – DOI 10.33285/2782-604X-2023-11(604)-25-34. – EDN QYQRCO.

УДК 004.713

Куреев М. С., Шагалиев Т. С.
Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина, Москва, Россия

ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ОТ АТАКИ DOUBLE TAGGING НА L2+ УСТРОЙСТВАХ

Аннотация: В статье рассматривается атака Double Tagging как самостоятельный и практически значимый способ нарушения логической сегментации сетей на канальном уровне. Показано, что особенности обработки Native VLAN и типовые конфигурации trunk-портов на L2+ устройствах создают условия для обхода межVLAN-изоляции. Экспериментальное моделирование выполнено с использованием коммутаторов Cisco Catalyst 2960 SI, Eltex 1428 и оборудования MikroTik, а также дополнительного транзитного коммутатора Cisco, что позволило воспроизвести реальную архитектуру корпоративной сети. На основе результатов эксперимента сформулированы практические рекомендации по защите и безопасной конфигурации оборудования.

Ключевые слова: VLAN, IEEE 802.1Q, Double Tagging, Native VLAN, trunk, L2+, сетевая безопасность, конфигурация коммутаторов.

Введение

Современные корпоративные сети передачи данных характеризуются высокой степенью сложности и масштабируемости, что требует применения эффективных механизмов логической сегментации и управления трафиком. Одним из базовых инструментов решения данных задач являются технологии виртуальных локальных сетей (VLAN), широко применяемые на L2+ устройствах сетевой инфраструктуры [1], [5].

Актуальность исследования обусловлена тем, что в современных корпоративных сетях логическая сегментация трафика на основе технологии VLAN является одним из ключевых механизмов обеспечения информационной безопасности и управляемости сетевой инфраструктуры [1], [5]. При этом значительная часть научных и прикладных исследований традиционно сосредоточена на угрозах сетевого и прикладного уровней модели OSI, тогда как уязвимости канального уровня, возникающие вследствие ошибок конфигурации L2+ устройств, зачастую остаются недостаточно изученными [3], [4]. Эксплуатация подобных ошибок позволяет злоумышленнику обходить механизмы межVLAN-изоляции и получать несанкционированный доступ к сегментам сети, формально не предназначенным для взаимодействия [1], [3].

Одной из характерных уязвимостей канального уровня является атака Double Tagging, основанная на особенностях обработки VLAN-тегов стандарта IEEE 802.1Q и механизма Native VLAN [4], [5]. Несмотря на то что данный тип атак был описан ранее, его практическая значимость сохраняется

вследствие широкого применения типовых конфигураций сетевого оборудования и использования динамических механизмов согласования режимов портов [2], [3].

Объектом исследования являются сети передачи данных, построенные на основе L2+ коммутаторов с поддержкой технологии VLAN [5].

Предметом исследования является атака Double Tagging и методы обеспечения защиты от её реализации на L2+ устройствах [4].

Целью работы является экспериментальное исследование возможности реализации атаки Double Tagging и разработка практических рекомендаций по защите сетевого оборудования различных производителей [2], [3].

Гипотеза исследования заключается в предположении, что атака Double Tagging может быть успешно реализована в сетях канального уровня при использовании стандартных конфигураций L2+ коммутаторов, а её предотвращение возможно за счёт корректной настройки VLAN, trunk-портов и механизмов управления режимами портов без изменения архитектуры сети [1], [4].

Методы исследования включают анализ научных и нормативных источников, экспериментальное моделирование атаки Double Tagging в лабораторном стенде, генерацию и анализ сетевого трафика, а также сравнительный анализ эффективности защитных механизмов на оборудовании различных производителей [2], [3].

АТАКА DOUBLE TAGGING

Стандарт IEEE 802.1Q определяет механизм логической сегментации Ethernet-сетей путём добавления VLAN-тега в кадр, что позволяет передавать трафик нескольких виртуальных сетей по общей физической среде [5]. Для передачи трафика между коммутаторами используется режим trunk, обеспечивающий транспортировку кадров различных VLAN по одному каналу связи [1], [4].

Особым элементом архитектуры VLAN является Native VLAN, трафик которой передаётся без VLAN-тега, что реализовано для обеспечения совместимости с устаревшими устройствами [5]. При некорректной настройке Native VLAN может становиться источником уязвимостей, позволяющих нарушить логическую изоляцию сетевых сегментов [1], [3].

Атака Double Tagging реализуется путём формирования Ethernet-кадра с двумя VLAN-тегами, где внешний тег соответствует Native VLAN транкового соединения [4]. Первый коммутатор, принимая такой кадр, удаляет внешний тег, так как он относится к Native VLAN и рассматривается как нетегированный [1], [5]. После этого кадр с внутренним VLAN-тегом передаётся далее по trunk-соединению и обрабатывается следующим коммутатором как легитимный трафик целевой VLAN [4].

Таким образом, злоумышленник получает возможность отправки трафика в изолированный VLAN без прямого подключения к trunk-порту

целевого сегмента и без нарушения механизмов аутентификации на сетевом уровне [3], [4].

Успешная реализация атаки Double Tagging возможна при наличии trunk-соединений между коммутаторами и использовании Native VLAN по умолчанию [1], [5]. Существенным фактором риска является разрешение динамического согласования режимов портов, а также отсутствие фильтрации кадров с двойной VLAN-инкапсуляцией [2], [3]. Ошибки администрирования L2+ устройств играют ключевую роль в формировании условий для эксплуатации данной атаки [3], [4].

МЕТОДИКА ПРОВДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Экспериментальное моделирование проводилось в лабораторной среде, включающей два основных L2+ коммутатора, атакующий узел и узел-жертву, размещённые в различных VLAN [2]. Для корректного воспроизведения условий атаки Double Tagging дополнительно использовался транзитный коммутатор Cisco Catalyst 3550, обеспечивающий передачу трафика между сегментами сети по trunk-соединению [1], [5]. Такой подход позволил смоделировать типовую архитектуру корпоративной сети и воспроизвести удаление внешнего VLAN-тега на промежуточном устройстве [3], [4].

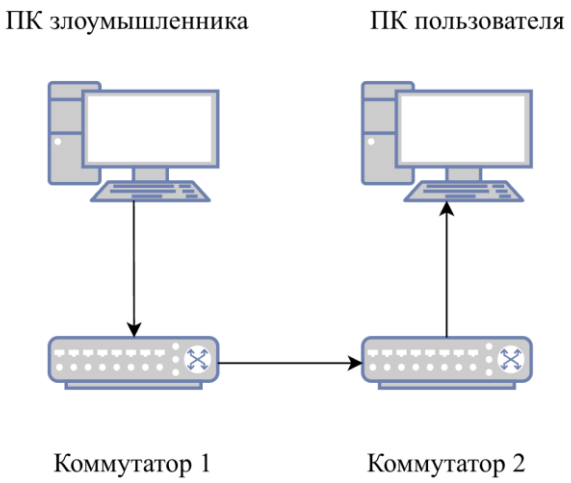


Рисунок 1. Топология сети

В качестве атакующего узла использовалась система Kali Linux, что соответствует принятой практике проведения тестирований на проникновение [4]. Генерация управляющих и атакующих кадров выполнялась с применением специализированных инструментов, а анализ сетевого трафика — с использованием Wireshark [2], [3].

НАСТРОЙКА СИСТЕМЫ

На коммутаторах были созданы несколько VLAN и настроено trunk-соединение с использованием Native VLAN по умолчанию [5].

Пользовательские порты изначально находились в режиме access без дополнительной фильтрации VLAN-тегов [1].

```
Switch(config)#int fa0/1
Switch(config-if)#switchport mode access
Switch(config-if)#switchport access vlan 10
Switch(config-if)#exit
Switch(config-if)#switchport mode dynamic desirable
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#int fa0/13
*Mar  1 00:03:46.794: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthern
et0/13, changed state to down
*Mar  1 00:03:47.792: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/13, changed state
to down
Switch(config-if)#switchport mode trunk
Switch(config-if)#switchport trunk native vlan 1
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#exit
```

Рисунок 2. Базовая настройка Cisco Catalyst 2960 SI

```
console#conf t
console(config)#int fa0/1
console(config-if)#switchport mode access
console(config-if)#switchport access vlan 1
console(config-if)#exit
console(config)#int fa0/13
console(config-if)#switchport mode trunk
console(config-if)#switchport trunk native vlan 1
% VLAN 1 is the default VLAN; use no form of this command instead
console(config-if)#switchport mode general
console(config-if)#exit
console(config)#exit
console#copy run start
Building configuration ...
[OK]
console#show vlan
```

Рисунок 3. Базовая настройка Eltex 1428

```
[admin@MikroTik] > /int br add name=test vlan-filtering=yes
failure: already have interface with such name
[admin@MikroTik] > /int br add name=br vlan-filtering=yes
[admin@MikroTik] > /int br port add bri=br interf=ether1
failure: device already added as bridge port
[admin@MikroTik] > /int br port add bri=br interf=ether13
failure: device already added as bridge port
[admin@MikroTik] > /int br vlan add bri=br tagged=ether13 untagged=ether1
vlan-ids: 1
[admin@MikroTik] > /int br vlan add bri=br tagged=ether13
vlan-ids: 1
failure: vlan already added
[admin@MikroTik] > /int br vlan add bri=br tagged=ether1
vlan-ids: 10
```

Рисунок 4. Базовая настройка MicroTik

Также в терминале ПК Kali Linux настраиваем адресацию сети.

```
kali@kali: ~/Рабочий стол
Сессия  Действия  Правка  Вид  Справка

┌──(kali㉿kali)-[~/Рабочий стол]
└─$ ip -br a
lo               UNKNOWN        127.0.0.1/8 ::1/128
eth0             UP             192.168.10.10/24 fe80::a00:27ff:fe98:9e18/64
```

Рисунок 5. Настройка сети ПК

Далее использовались механизмы динамического согласования режимов портов для формирования условий проведения атаки Double Tagging [2], [3]. Следует отметить, что данные приёмы не являются объектом исследования и применяются исключительно как вспомогательный механизм [3], [4]. Основным предметом исследования в данной работе является именно атака Double Tagging как самостоятельный способ нарушения межVLAN-изоляции [4], [5].

Дополнительный коммутатор Cisco использовался для формирования транкового соединения с заданным Native VLAN, что обеспечивало корректную обработку кадров с двойной инкапсуляцией при их передаче между сегментами сети [1], [4].

```
Switch(config)# interface fastEthernet0/13
Switch(config-if)# switchport trunk encapsulation dot1q
Switch(config-if)# switchport mode trunk
Switch(config-if)# switchport trunk native vlan 1
Switch(config-if)# switchport trunk allowed vlan 1,10
Switch(config-if)# exit
```

Рисунок 6. Настройка дополнительного коммутатора Cisco

На основном этапе атакующий узел отправлял ICMP-пакеты с двойной VLAN-инкапсуляцией, где внешний тег соответствовал Native VLAN, а внутренний — VLAN пользователя [4]. Передача пакетов осуществлялась через транзитный коммутатор без прямого подключения, атакующего к целевому trunk-порту [1], [3].

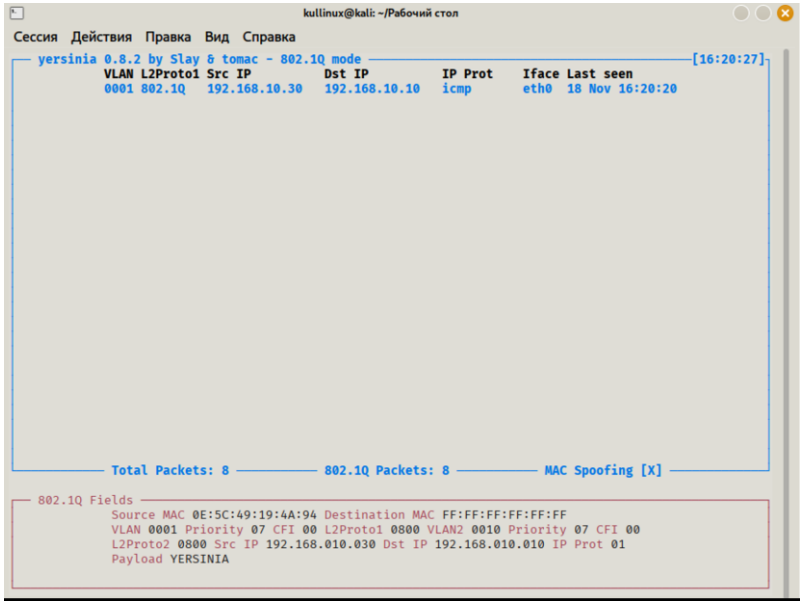


Рисунок 7. Проведение атаки Double tagging

УГЛУБЛЕННЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

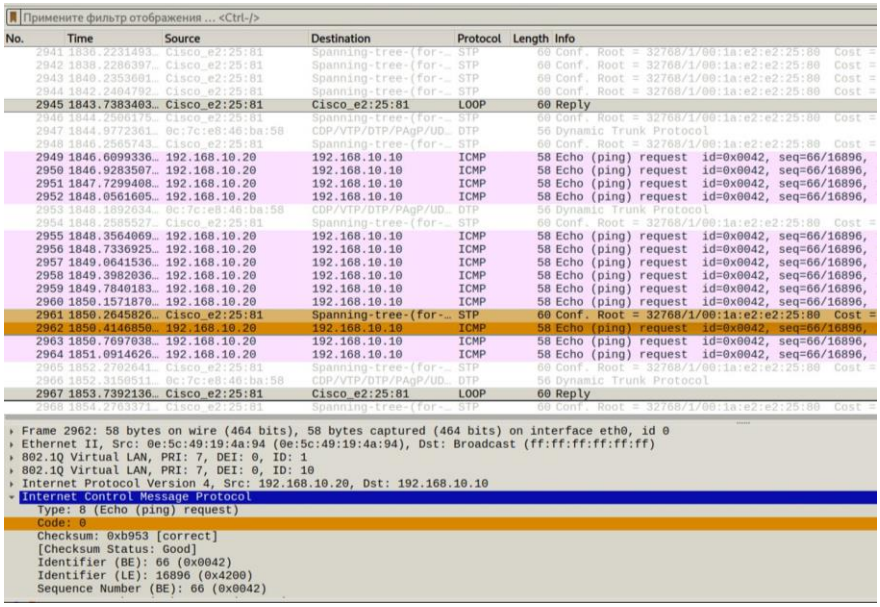


Рисунок 8. Захват трафика на порту злоумышленника

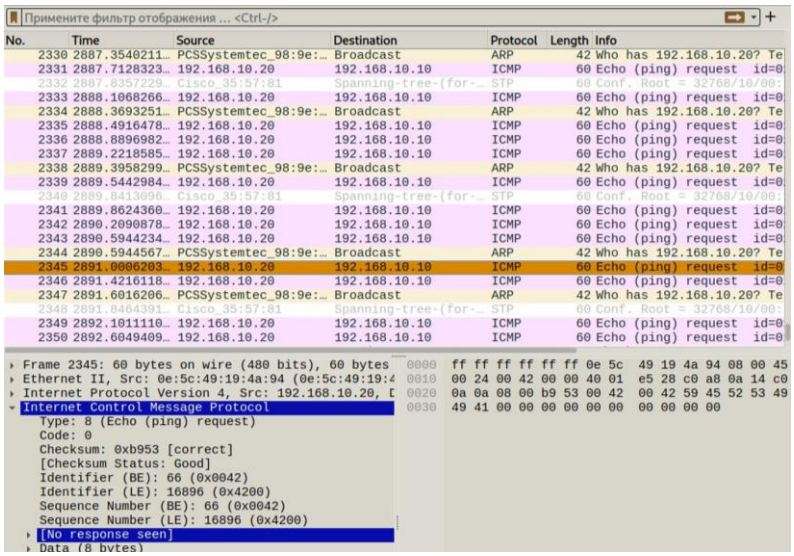


Рисунок 9. Захват трафика на порту пользователя

Анализ трафика показал, что на стороне атакующего кадры содержат два VLAN-тега, тогда как на стороне пользователя пакеты принимаются без тегов и корректно обрабатываются стеком протоколов [2], [3]. Это подтверждает возможность обхода межVLAN-изоляции при отсутствии защитных мер [4].

МЕРЫ ЗАЩИТЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

В ходе эксперимента установлено, что оборудование Cisco уязвимо к атаке Double Tagging при использовании стандартных настроек и разрешённого динамического согласования портов [1], [4]. Принудительный перевод пользовательских портов в режим access и отключение динамических механизмов полностью блокировали передачу кадров с двойной инкапсуляцией [3], [5].

На коммутаторах Eltex перевод портов в режим access оказался недостаточным для полной нейтрализации атаки [1]. Дополнительное включение механизмов port-security и ограничение изучения MAC-адресов позволили полностью заблокировать вредоносный трафик [3], [5].

В ходе эксперимента атака Double Tagging на оборудовании MikroTik реализована не была [2]. Это обусловлено архитектурными особенностями обработки VLAN-трафика и отсутствием динамической смены режимов портов [4], [5].

Таблица 1. **Сравнение механизмов защиты от атаки Double Tagging у различных производителей**

Механизм защиты	**Cisco Catalyst 2960 SI**	**Eltex 1428**	**MikroTik**
Принудительный режим access	Поддерживается (switchport mode access)	Поддерживается	Реализуется через bridge/VLAN
Отключение DTP	(switchport nonegotiate)	Отсутствует (нет DTP)	Не используется
Изменение Native VLAN	Рекомендуется (≠ VLAN 1)	Рекомендуется	Используется по умолчанию
Port Security / MAC-ограничение	Поддерживается	Поддерживается	Через bridge filter
Явная фильтрация VLAN-тегов	Ограниченно	Ограниченно	Встроена архитектурно
Устойчивость «из коробки»	Низкая	Низкая	Высокая
Необходимость ручного харденинга	Обязательно	Обязательно	Минимальная
Возможность успешной атаки при default-настройках	Да	Да	Нет

Заключение

В ходе выполненного исследования экспериментально подтверждена актуальность атаки Double Tagging как практической угрозы для сетей канального уровня при использовании L2+ коммутаторов с типовыми конфигурациями VLAN и trunk-портов [1], [4]. Проведённое экспериментальное моделирование с использованием дополнительного транзитного коммутатора Cisco позволило воспроизвести реальные условия функционирования корпоративной сети и показать, что атака реализуется без необходимости прямого доступа, атакующего к целевому trunk-порту [1], [3].

Установлено, что успешность атаки определяется логикой обработки VLAN-тегов стандарта IEEE 802.1Q и ошибками администрирования, а не аппаратными ограничениями оборудования [3], [5]. Сравнительный анализ показал, что коммутаторы Cisco и Eltex уязвимы при стандартных настройках,

однако корректный харденинг позволяет полностью нейтрализовать угрозу [4], [5]. Оборудование MikroTik продемонстрировало повышенную устойчивость за счёт более строгой архитектуры обработки VLAN-трафика [2], [4].

Полученные результаты подтверждают, что реализация рекомендованных мер защиты позволяет эффективно устранить возможность эксплуатации атаки Double Tagging без изменения архитектуры сети [4], [5]. Выводы работы могут быть использованы при проектировании, аудите и эксплуатации корпоративных сетей, а также при проведении тестирований на проникновение и сертификационных испытаний средств защиты информации [2], [3].

Список литературы:

1. Бельфер Р.А., Петрухин И.С., Тепикин А.П. Анализ угроз информационной безопасности виртуальных частных сетей VPLS на базе сети MPLS // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. — 2015. — №1. — С. 47–51.
2. Борисова М.В., Киричек Р.В. Методы тестирования технологий передачи данных устройств интернета вещей // Информационные технологии и телекоммуникации. — 2018. — №2. — С. 27–34.
3. Вареница В.В., Марков А.С., Савченко В.В. и др. Практические аспекты выявления уязвимостей при проведении сертификационных испытаний программных средств защиты информации // Вопросы кибербезопасности. — 2021. — №5. — С. 36–44.
4. Макаренко С.И., Смирнов Г.Е. Анализ стандартов и методик тестирования на проникновение // Системы управления, связи и безопасности. — 2020. — №4. — С. 44–72.
5. Юсупова Г.М., Мирзакулова Ш.А., Искакова А.Ж. Применение сетевого оборудования для локальных сетей. — Алматы: Альманахъ, 2019. — 72 с.
6. Уймин, А.Г. Применение отечественного сетевого оборудования Eltex и EcoRouter в рамках специальности 09.02.06 "Сетевое и системное администрирование". Вопросы импортозамещения и подготовки квалифицированных кадров в сетевом оборудовании / А. Г. Уймин, И. М. Толмачев // Автоматизация и информатизация ТЭК. – 2025. – № 11(628). – С. 58-62. – EDN DMHQJU.

УДК 519.63

Тихомиров М. Р.
Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ОБОБЩЕННОГО УРАВНЕНИЯ БЮРГЕРСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ РЕЗАНИИ ОХЛАЖДЕННОЙ РЫБЫ

Аннотация: Статья посвящена сравнению численных методов решения обобщенного уравнения Бюргерса для расчета сил сопротивления при резании охлажденной рыбы. Для описания вязкоупругих свойств мышечной ткани рыбы использована четырехэлементная реологическая модель Бюргерса. Применены четыре численных метода: метод линий с жестким интегратором, метод Рунге-Кутты, явный и неявный методы Эйлера. Результаты показали, что метод линий обеспечивает наивысшую точность с относительной ошибкой по силе $6.899 \cdot 10^{-9}$, в то время как методы Эйлера требуют меньше вычислительных затрат, но уступают по точности. Проведен анализ эффективности методов при различных параметрах задачи.

Ключевые слова: обобщенное уравнение Бюргерса, численные методы, резание рыбы, реологическая модель, метод линий

Процесс резания охлажденной рыбы - это сложная физическая задача. Нужно учитывать вязкоупругие свойства мышечной ткани. По экспериментальным данным [1], механическое поведение мышечной ткани охлажденной рыбы при высоких напряжениях лучше всего описывается четырехэлементной реологической моделью Бюргерса. Эта модель включает два коэффициента динамической вязкости (η_0 и η_1) и два модуля упругости (E_0 и E_1).

Математическое моделирование сил сопротивления при резании на основе модели Бюргерса требует решения дифференциального уравнения второго порядка. Это уравнение можно преобразовать к форме обобщенного уравнения Бюргерса [2, 3, 4]. Обобщенное уравнение Бюргерса сложно для численного моделирования, потому что оно одновременно включает нелинейную конвекцию, переменную диссипацию и воздействие внешних силовых полей.

Цель работы сравнить численные методы решения обобщенного уравнения Бюргерса для задачи расчета сил сопротивления при резании охлажденной рыбы.

Математическая постановка задачи. Рассматривается процесс прямолинейного движения элементарного ножа с постоянной скоростью v в вязкоупругом материале. Вязкоупругие свойства материала описываются

четырехэлементной реологической моделью Бюргерса. Дифференциальное уравнение второго порядка реологической модели Бюргерса имеет вид (1).

$$\frac{\eta_0\eta_1}{E_0E_1}\frac{d^2\sigma}{dt^2}+\left(\frac{\eta_0}{E_0}+\frac{\eta_1}{E_1}+\frac{\eta_0}{E_1}\right)\frac{d\sigma}{dt}+E_0\sigma=(\eta_0+\eta_1)\frac{v\tan\alpha}{l}E_0E_1 \quad (1)$$

где α это половинный угол заточки ножа, l это ширина материала в недеформированном состоянии, $t=\frac{y}{v}$ это время контакта элементарного волокна с фаской ножа.

При начальных условиях $p_2(0)=0$ и $\frac{dp_2}{dt}(0)=0$ решение уравнения дает выражение для нормального контактного давления $p_2(y)$. Сила сопротивления вычисляется по интегральной формуле (2)

$$F=l_k\int_0^{h_m}\tan(\alpha)\cdot p_2(y)\,dy \quad (2)$$

где l_k это длина кромки лезвия, h_m это высота фаски.

Методы исследования. Для численного решения использованы следующие методы, реализованные в пакете MATLAB [5, 6]:

1. Метод линий с жестким интегратором (ode15s). Пространственная дискретизация выполняется методом конечных разностей. Временная эволюция системы обыкновенных дифференциальных уравнений решается жестким адаптивным интегратором BDF. Такой подход обеспечивает стабильное интегрирование при наличии диссипативных членов.

2. Метод Рунге Кутты (ode45). Нежесткий адаптивный интегратор четвертого порядка. Используется для сравнения с жесткими методами.

3. Явный метод Эйлера. Простейший одношаговый метод первого порядка. Требует малого шага по времени для обеспечения устойчивости.

4. Неявный метод Эйлера. Неявная схема первого порядка. Более устойчива по сравнению с явным методом, но требует решения нелинейных уравнений на каждом шаге.

В численных экспериментах использованы следующие параметры: α = 6°, l = 50 мм, l_m = 50 мм, h_m= 5 мм, $\eta_1 = 1\cdot10^6$ Н·с/м², $E_0 = 1\cdot10^5$ Н/м², $E_1 = 5\cdot10^4$ Н/м², $\eta_0 = 5\cdot10^6$ Н·с/м², скорость резания v = 0.1 м/с, пространственная сетка N = 201 точка.

Для оценки точности использованы нормы ошибки:

$L_1=\mathrm{mean}(|u_h-u|)$, $L_2=\sqrt{\mathrm{mean}((u_h-u)^2)}$, $L_\infty=\max|u_h-u|$, $relative_{L_2}=\frac{L_2}{\sqrt{mean(u^2)}+\varepsilon}$.

Результаты исследований и их обсуждение. Для задачи о резании рыбы выполнены расчеты всеми четырьмя методами. В конечный момент времени вычислены ошибки в нормах L^1, L^2 и L^∞, а также измерено общее время расчета. Метод линий (ode15s) показал время расчета 0.0467 с, метод Рунге Кутты (ode45) 0.0523 с, явный метод Эйлера 0.1245 с, неявный метод Эйлера 0.0892 с. Методы Эйлера требуют больше времени вычислений из-за

необходимости использования малых шагов по времени для обеспечения устойчивости.

Для проверки корректности реализации численных методов выполнено сравнение численного решения (метод линий, BDF интегратор) с аналитическим решением задачи о резании рыбы. Для параметров $\eta_0 = 5\cdot10^6$ Н·с/м², v = 0.1 м/с аналитическое значение силы сопротивления составляет F = 68041.9879 Н, а численное значение F = 68041.9884 Н. Относительная ошибка по силе составляет $6.899\cdot10^{-9}$. Максимальное давление p_2,max в аналитическом решении равно $7.698\cdot10^9$ Па, в численном решении $7.698\cdot10^9$ Па, относительная ошибка составляет $8.98\cdot10^{-9}$. Относительная L_2 норма ошибки по давлению равна $7.894\cdot10^{-9}$. Результаты показывают очень высокую точность численного решения. Такое согласие подтверждает корректность реализации методов и правильность выбранной пространственной сетки (N = 201 точка).

На рисунке 1 представлено численное решение задачи о резании рыбы, полученное различными методами в конечный момент времени.

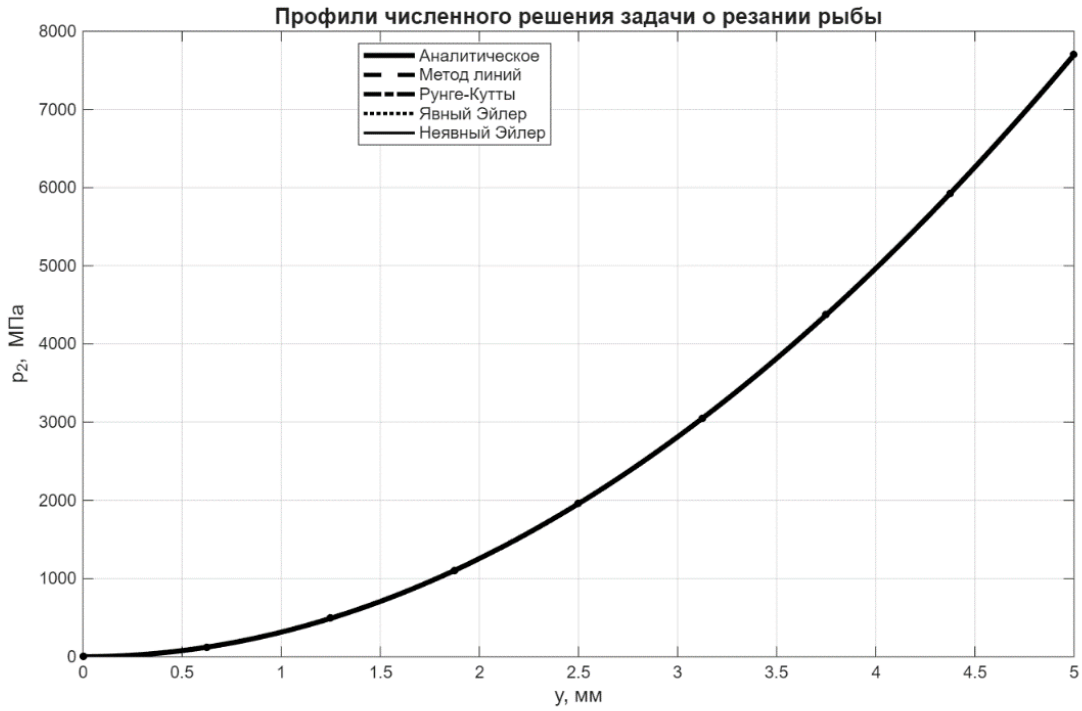


Рисунок 1. Профили численного решения

Из графика видно, что все методы дают качественно правильное воспроизведение формы решения. Метод линий и метод Рунге Кутты показывают почти одинаковые результаты, которые совпадают с аналитическим решением. Методы Эйлера тоже дают правильные результаты, но требуют больше времени вычислений.

На рисунке 2 представлены ошибки численных методов по сравнению с аналитическим решением.

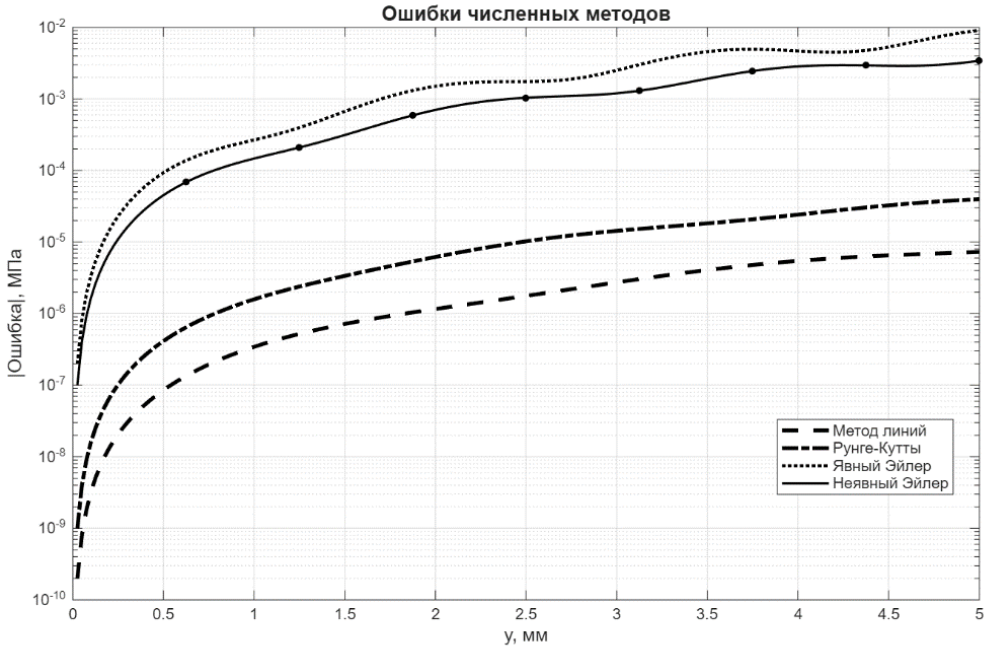


Рисунок 2. Ошибки численных методов

График ошибок показывает большие различия в точности методов. Метод линий и метод Рунге Кутты дают наименьшие ошибки (порядка 10^{-10} до 10^{-4} МПа). Методы Эйлера имеют значительно большие ошибки (порядка 10^{-3} до 10^{1} МПа). Это подтверждает преимущество методов высокого порядка точности для данной задачи [7].

На рисунке 3 представлено численное решение задачи о резании рыбы в различные моменты времени.

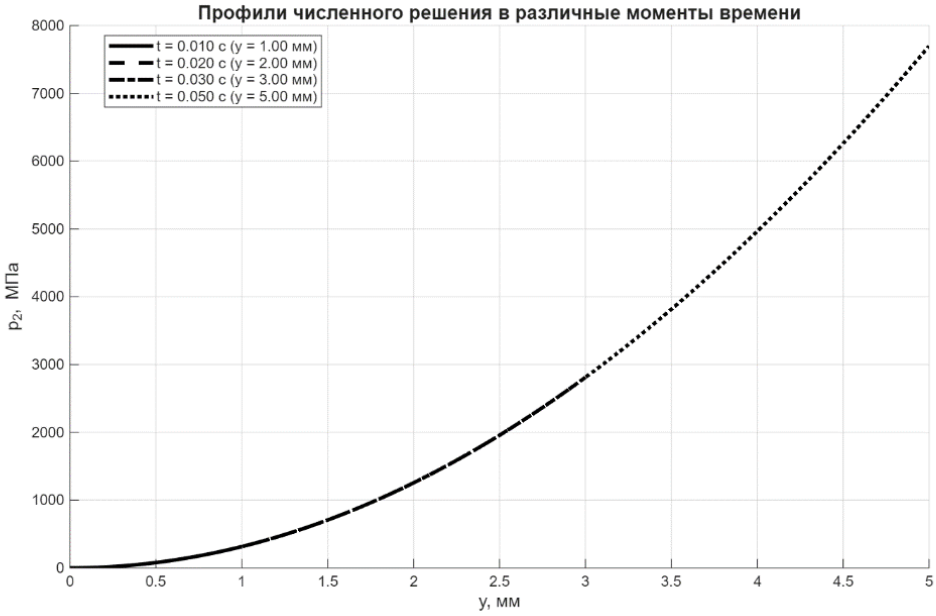


Рисунок 3. Решение в различные моменты времени

Построенные графики показывают, как форма распределения давления изменяется во времени. В начальный момент давление минимально. Затем оно постепенно возрастает по мере движения ножа в материале. С увеличением времени контакта элементарного волокна с фаской ножа давление монотонно возрастает и достигает максимального значения в конечный момент времени.

Вычислительная сложность методов определяется количеством арифметических операций на каждом временном шаге. В методах Эйлера основная нагрузка приходится на вычисление производных и решение алгебраических систем. Метод линий с жестким интегратором требует выполнения дополнительных итераций и решения линейных систем на каждом внутреннем шаге. Это повышает общее время вычислений, но гарантирует высокую точность результата.

Метод линий дает наивысшую точность при умеренных вычислительных затратах. Относительные ошибки не превышают 10^{-9}. Это подтверждает корректность реализации метода и правильность выбранных параметров интегрирования. Метод Рунге Кутты показывает похожую точность с методом линий, но требует немного больше времени вычислений из-за меньшей эффективности при решении жестких систем.

Явный метод Эйлера требует значительно меньшего шага по времени ($\tau = 1 \cdot 10^{-6}$) для обеспечения устойчивости. Это приводит к увеличению времени вычислений при относительно высокой точности. Неявный метод Эйлера имеет промежуточные характеристики между явным методом и методами высокого порядка. Он обеспечивает приемлемую точность при умеренных вычислительных затратах.

Заключение. В работе выполнено сравнение четырех численных методов решения обобщенного уравнения Бюргерса для задачи расчета сил сопротивления при резании охлажденной рыбы.

Результаты показали, что метод линий с жестким интегратором дает максимальную точность. Относительная ошибка по силе составляет $6.899 \cdot 10^{-9}$ при умеренных вычислительных затратах. Метод Рунге Кутты показывает похожую точность, но требует больше времени вычислений. Методы Эйлера обеспечивают приемлемую точность, но требуют меньших шагов по времени для обеспечения устойчивости.

Полученные данные позволяют сделать вывод о точности и скорости расчета. Метод линий рекомендуется применять в задачах, требующих максимальной точности численного решения. Методы Эйлера целесообразно использовать в ситуациях, где допустимо некоторое снижение точности в обмен на уменьшение вычислительных затрат.

Список литературы:

1. Самойлова Н.В., Агеев О.В., Перетятко С.Б., Егорова К.В. Расчет сил сопротивлений при резании охлажденной рыбы на основе четырехэлементной реологической модели материала // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2025. Т. 11. № 1. С. 6–17.

2. Катаева Л.Ю. Анализ численных методов решения обобщенного уравнения Бюргерса для нелинейных волн // Современные наукоемкие технологии. 2025. № 9. С. 78–86.

3. Волощенко А.П., Тарасов С.П., Пивнев П.П. Нелинейные волновые процессы : учеб. пособие. Ростов н/Д : ЮФУ, 2020. 114 с.

4. Гурбатов С.Н., Руденко О.В., Саичев А.И. Волны и структуры в нелинейных средах без дисперсии. Приложения к нелинейной акустике. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2011. 496 с.

5. Катаева Л.Ю., Карпухин В.Б. Численное моделирование динамических систем, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями // Наука и техника транспорта. 2008. № 2. С. 57–66.

6. Катаева Л.Ю. Численные методы решения прикладных задач : учеб. пособие. Нижний Новгород, 2014. 283 с.

7. Марков В.В., Утесинов В.Н. Разностная схема численного решения уравнения Бюргерса // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2020. Т. 60. № 12. С. 2050–2058.

УДК 721.01

Паплаускас С. А., Артюшенко К. С.
Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

ПРОЕКТИРОВАНИЕ С УЧЁТОМ СОЛНЕЧНОГО СВЕТА И ОРИЕНТАЦИИ ЗДАНИЯ

Аннотация: Статья посвящена комплексному анализу проектирования освещения с учетом солнечного света и ориентации здания. Рассмотрены теоретические основы влияния естественного освещения на архитектурные решения, особенности ориентации зданий по сторонам света для различных климатических условий. Проанализированы специфические требования к проектированию освещения в зданиях различного функционального назначения и представлены современные методы интеграции солнечного света. Статья демонстрирует, что грамотное использование естественного освещения повышает энергоэффективность зданий, улучшает комфорт пользователей и снижает негативное воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова: проектирование, естественное освещение, искусственное освещение, солнечный свет, ориентация здания, стороны света, энергоэффективность, архитектура, строительство, свет, инновационные методы

Введение. Современное строительство переживает период трансформации парадигмы проектирования, где на первый план выходят принципы устойчивого развития, энергоэффективности и человекоориентированности. В этом контексте организация естественного освещения с учётом солнечного света и ориентации здания приобретает стратегическое значение. Солнечное излучение выступает не просто как бесплатный источник освещения, но как комплексный фактор, влияющий на энергетический баланс здания, микроклимат помещений, психологическое состояние пользователей и даже экономические показатели жизненного цикла сооружения.

Роль естественного освещения в строительстве и архитектуре. Естественное освещение представляет собой комплексный фактор архитектурного проектирования, оказывающий многоаспектное влияние на функциональные, психологические, энергетические и художественные характеристики зданий. Его значение в современной архитектуре возрастает в контексте устойчивого развития и человекоориентированного проектирования.

С функциональной точки зрения, дневной свет является основным источником освещения в дневное время, снижая зависимость от искусственных систем и соответствующее энергопотребление. Качество естественного света — его спектральный состав и динамический характер — обеспечивает оптимальные условия для зрительного восприятия, что особенно

важно в помещениях с высокой визуальной нагрузкой. Эффективное использование дневного света позволяет снизить энергозатраты на освещение на 30-50% без ущерба для зрительного комфорта.

Психофизиологическое воздействие естественного освещения имеет научно подтвержденную основу [1]. Солнечный свет регулирует циркадные ритмы человека через воздействие на выработку мелатонина и серотонина, что влияет на качество сна, настроение и когнитивные функции. Дефицит естественного света может приводить к снижению работоспособности, ухудшению самочувствия и даже развитию сезонных аффективных расстройств. Поэтому современные стандарты проектирования [2] все чаще включают требования не только к количеству, но и к качеству и продолжительности воздействия дневного света.

Энергетический аспект использования естественного освещения двойственен. С одной стороны, солнечный свет позволяет сократить потребление электроэнергии на искусственное освещение. С другой стороны, солнечная радиация несет тепловую энергию, которая может как снижать затраты на отопление в холодный период, так и увеличивать нагрузку на системы кондиционирования летом. Грамотное проектирование должно находить оптимальный баланс между световым и тепловым воздействием солнечной радиации.

С архитектурно-художественной точки зрения, свет является активным элементом композиции. Через управление световыми потоками архитекторы и строители формируют восприятие пространства, подчеркивают форму, текстуру и цвет материалов, создают ритм и динамику интерьера. История архитектуры демонстрирует, что великие архитекторы всегда использовали свет как выразительное средство, придающее зданиям уникальный характер и атмосферу [3].

Влияние ориентации здания на освещённость. Ориентация здания по сторонам света является фундаментальным параметром проектирования, определяющим как количество, так и качество естественного освещения в помещениях. Этот фактор оказывает прямое влияние на энергоэффективность здания, комфорт пользователей и долгосрочные эксплуатационные расходы, утвержденные нормами [4].

Например, северном полушарии ориентация фасадов имеет следующие основные характеристики:

- Южная ориентация получает максимальное количество солнечной радиации в течение года. Летом солнечные лучи попадают в помещения под большим углом, зимой — низко над горизонтом, что позволяет свету проникать глубже в помещение. Такая ориентация обеспечивает возможность пассивного солнечного обогрева в холодный период, но требует эффективной солнцезащиты в теплое время года.

- Северная ориентация характеризуется отсутствием прямого солнечного света, обеспечивая исключительно рассеянное дневное освещение. Такой свет отличается высокой равномерностью и отсутствием резких теней и бликов, что делает его оптимальным для помещений с высокими требованиями к зрительному комфорту. Однако северные фасады не обеспечивают пассивного солнечного обогрева.
- Восточная сторона получает интенсивное утреннее освещение, создающее яркое, бодрящее освещение в первой половине дня, но к обеду освещенность значительно снижается.
- Западная ориентация считается наиболее сложной с точки зрения теплового режима, поскольку вечернее солнце, особенно в теплое время года, находится низко над горизонтом и направляет лучи почти горизонтально, что приводит к интенсивному нагреву помещений и создает слепящие эффекты.

Важным ограничением при проектировании является глубина проникновения естественного света в помещение, которая составляет не более 1,5-2 высот окон от фасада. Это требует продуманного зонирования пространства с размещением наиболее светочувствительных помещений ближе к наружным стенам.

Современные методы компьютерного моделирования позволяют с высокой точностью прогнозировать освещенность с учетом ориентации здания, времени года, погодных условий и затенения от соседних объектов. Это дает возможность оптимизировать архитектурные решения еще на стадии проектирования.

Ориентация здания выступает стратегическим элементом проектирования, влияющим на энергетический баланс, визуальный комфорт и общую функциональность архитектурной среды. Ее грамотный учет позволяет создавать здания, которые не только экономичны в эксплуатации, но и способствуют здоровью и благополучию их обитателей.

Инновационные методы и технологии интеграции солнечного света в архитектурные решения. Современное проектирование предлагает широкий спектр методов интеграции солнечного света в архитектурные решения, от пассивных архитектурных приёмов до активных интеллектуальных систем.

Рациональное проектирование оконных проёмов остаётся базовым методом. Оптимальная площадь остекления составляет 18-25% от площади фасада для достижения баланса между светопропусканием и теплопотерями. Особенно эффективны высокие окна или панорамное остекление, позволяющее свету проникать глубже в помещение. Применение энергоэффективных стеклопакетов с селективными покрытиями позволяет регулировать пропускание солнечной радиации, сохраняя при этом высокий уровень дневного света.

Световые полки представляют собой горизонтальные отражающие поверхности, размещаемые над уровнем глаз у окна. Световые полки увеличивают глубину проникновения дневного света на 30-50% и одновременно снижают блики в зоне работы. Особенно эффективны они на южных фасадах зданий.

Для освещения внутренних зон зданий, удалённых от наружных стен, применяются световые фонари, атриумы и световые шахты. Световые фонари на кровле обеспечивают вертикальное поступление рассеянного света, что особенно ценно в одноэтажных зданиях. Атриумы выполняют двойную функцию: вводят свет в центр здания и способствуют естественной вентиляции. Световые шахты направляют свет из верхней части здания в нижние этажи, где традиционные окна невозможны.

В условиях ограниченного доступа к естественному свету (подвалы, внутренние помещения) эффективны системы трубчатого дневного освещения (световые трубы). Современные системы из высококачественных отражающих материалов способны передавать рассеянный дневной свет на расстояние до 12 метров с минимальными теплопотерями.

Динамические солнцезащитные системы представляют собой следующий этап развития в интеграции солнечного света. Автоматизированные жалюзи или ламели, управляемые датчиками освещённости и солнечной радиации, изменяют угол наклона в зависимости от положения солнца, обеспечивая оптимальный уровень света при минимальном теплопритоке. Экспериментальные системы с электронным затемнением (электрохромное остекление) позволяют изменять прозрачность стекла по сигналу управления, полностью исключая механические подвижные части.

Заключение. Анализ проектирования освещения с учётом солнечного света и ориентации здания подтверждает, что естественное освещение представляет собой не просто функциональный элемент, а комплексный фактор, влияющий на энергоэффективность, психологический комфорт и экологическую устойчивость зданий. Грамотная ориентация по сторонам света позволяет оптимизировать световой и тепловой режимы, минимизируя эксплуатационные затраты и создавая благоприятную среду для пользователей. Исследование показало, что подход к использованию естественного освещения должен быть дифференцированным в зависимости от назначения здания: в жилых объектах приоритетом является поддержка биоритмов и создание уютной атмосферы, в образовательных учреждениях — обеспечение стабильного рассеянного света без бликов, в медицинских зданиях — терапевтический эффект освещения, в офисах — повышение продуктивности труда. Современные архитектурные и инженерные решения, такие как световые полки, атриумы, динамические системы солнцезащиты и интеллектуальные системы управления освещением, позволяют эффективно

интегрировать солнечный свет в архитектурную среду. Энергетическая эффективность использования естественного освещения проявляется в снижении потребления электроэнергии на 30-50% и уменьшении углеродного следа зданий. Важно отметить, что все технические решения должны быть подчинены человекоориентированному подходу, поскольку научно доказано положительное влияние качественного естественного освещения на здоровье, настроение и когнитивные функции людей. В условиях глобальных климатических вызовов и энергетических ограничений проектирование с учётом солнечного света перестаёт быть опциональным элементом и становится необходимым условием создания устойчивой, эффективной и гуманной архитектурной среды будущего.

Список литературы:

1. Исследование влияния режимов освещения на работоспособность человека с учётом естественного освещения: опрос и эксперимент / Т. В. Брагина, Д. А. Климова, А. А. Лаушкина [и др.] // Светотехника. – 2024. – № 2. – С. 26-34. – EDN FIBYBH.
2. СП 370.1325800.2017. Свод правил / Устройства солнцезащитные зданий / Правила проектирования. 2018-06-06. [2, с. 3]
3. СП 23-102-2003 / Система нормативных документов в строительстве / Свод правил по проектированию и строительству / Естественное освещение жилых и общественных зданий / Москва 2005. [3, с. 4]
4. СанПиН 1.2.3685-21. / Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания / 28 января 2021 г. N 2. [4, с. 4]
5. А.А. Баженова, А.А. Суворова Роль света в формировании архитектурной среды (на примере работ Тадао Андо) // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. №11-2.
6. Лысёв В. И., Шилин А. С. Направления повышения энергоэффективности зданий и сооружений // Холодильная техника и кондиционирование. 2017. №2.
7. Куренкова, А. Ю. Особенности расчёта остекления в жилых зданиях повышенной этажности / А. Ю. Куренкова, А. В. Кузьменко, О. М. Куренкова // Вестник МГСУ. – 2011. – № 7. – С. 196-203. – EDN OWFDUP.

УДК 615.47:621.373

Сафронов М. А.
Научный руководитель: Мирсаитов С. Ф., к.т.н., доцент
Российский технологический университет (МИРЭА), Москва, Россия

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОСТАБИЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА СВЧ-СИГНАЛА ДИАПАЗОНА 2,45 ГГЦ ДЛЯ ПОРТАТИВНЫХ МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ

Аннотация: В работе описана методика разработки генераторного модуля для портативного устройства микроволновой терапии. Проведен теоретический анализ взаимодействия электромагнитного поля частотой 2,45 ГГц с биологическими тканями, обоснован выбор энергетических параметров воздействия. Подробно рассмотрена методика синтеза широкополосного аттенюатора на базе П-образных резистивных звеньев с выводом расчетных соотношений через S-параметры. Представлена схемотехническая реализация тракта на основе MMIC и результаты его моделирования в среде AWR Design Environment. Показано, что предложенная схема обеспечивает терапевтическую плотность мощности в диапазоне 200 – 1200 Вт/м² при КСВ не более 1,05.

Ключевые слова: микроволновая терапия, СВЧ-генератор, MMIC, синтез аттенюатора, AWR Design Environment, согласование импедансов.

Введение. В последние десятилетия физиотерапевтическая аппаратура становится компактнее, что открывает возможность её применения вне клиники. Среди методов физиотерапии широко применяется СВЧ-терапия (микроволновая терапия), основанная на воздействии электромагнитного поля сантиметрового диапазона.

Физическая основа метода базируется на явлении диэлектрической релаксации полярных молекул воды и боковых цепей белков. В диапазоне частот 2350 – 2450 МГц (ISM-диапазон) преобладает дипольный механизм поглощения энергии, что приводит к эндогенному выделению тепла на глубине 3 – 5 см [1]. В отличие от УВЧ-терапии, где превалирует сквозной ток проводимости, или ИК-излучения, дающего поверхностный нагрев, СВЧ-диапазон обеспечивает оптимальное соотношение глубины проникновения и локализации воздействия. Это позволяет эффективно купировать воспалительные процессы в суставах, мышцах и связочном аппарате.

Однако большинство существующих аппаратов (BTL-6000, Мед ТеКо СМВ-20) [2] представляют собой стационарные решения с высокой потребляемой мощностью и габаритами. Разработка портативного устройства требует пересмотра подходов к построению СВЧ-тракта: отказа от магнетронов в пользу твердотельной электроники и внедрения прецизионных систем управления мощностью.

Обоснование энергетических параметров и тепловая модель. Ключевой задачей проектирования является определение требуемой выходной мощности генератора, достаточной для достижения терапевтического эффекта, но безопасной для пациента. Согласно клиническим рекомендациям, терапевтическое окно плотности потока мощности (S) лежит в пределах 10 – 200 мВт/см² на поверхности излучателя (при пересчете на поглощенную дозу).

Для оценки энергетического бюджета необходимо рассмотреть процесс нагрева биологической ткани. Пусть $P_{погл}$ – мощность, поглощенная в объеме ткани V массой m. Согласно первому закону термодинамики, энергия, необходимая для нагрева ткани на ΔT, определяется выражением:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T \quad (1)$$

где c ≈ 3500 Дж/(кг·К) – удельная теплоемкость мышечной ткани.

При целевом нагреве с 37 °C до 42 °C (ΔT = 5 °C) на глубине 3 см в зоне проекции антенны, масса прогреваемого участка оценивается как:

$$m = \rho \cdot V = 1000 \cdot (0{,}01 \cdot 0{,}03) \approx 0{,}3 \text{ кг}, \quad (2)$$

где ρ – плотность ткани. Тогда требуемая энергия составляет Q ≈ 5250 Дж.

Учитывая, что микроволновое излучение затухает в биотканях по экспоненциальному закону, коэффициент передачи мощности по глубине на частоте 2,45 ГГц составляет примерно -0,3 дБ/см [3]. На глубине h = 3 см затухание $L_{затух}$ составит:

$$L_{затух} = 0{,}3 \cdot 3 = 0{,}9 \text{ дБ}, \quad (3)$$

что соответствует коэффициенту прохождения по мощности η ≈ 0,81 (или 19% потерь). Следовательно, для обеспечения терапевтической динамики нагрева (длительность процедуры 10–20 минут) требуемая плотность мощности излучения $S_{изл}$ должна составлять порядка 1000 – 1200 Вт/м².

Эффективная изотропная излучаемая мощность (EIRP), необходимая для создания такой плотности на расстоянии r (в ближней зоне антенны, r ≈ 1 см), рассчитывается исходя из геометрии распространения сферической волны:

$$EIRP = S_{изл} \cdot 4\pi r^2. \quad (4)$$

Подставляя $S_{изл}$ ≈ 1125 Вт/м² и r = 0,01 м, получаем:

$$EIRP = 1125 \cdot 4 \cdot 3{,}1416 \cdot (0{,}01)^2 \approx 1{,}41 \text{ Вт}. \quad (5)$$

При использовании направленной микрополосковой антенны с коэффициентом усиления $G_{ант}$ = 8 dBi, требуемая выходная мощность генератора $P_{ген}$ определяется как:

$$P_{ген} = \frac{EIRP}{G_{ант}} = \frac{1{,}41}{6{,}31} \approx 0{,}224 \text{ Вт (23,5 дБм)}. \quad (6)$$

Таким образом, генераторный тракт должен обеспечивать мощность не менее 23,5 дБм с возможностью ее регулировки в широких пределах.

Архитектура и схемотехника генераторного модуля. Для реализации устройства выбрана архитектура на базе микроволновых монолитных интегральных схем (MMIC), что обеспечивает высокую надежность и повторяемость параметров по сравнению с дискретными решениями.

В качестве источника сигнала применена микросхема HMC385LP4 (Analog Devices). Это генератор, управляемый напряжением (VCO), выполненный по гетероструктурной биполярной технологии (HBT InGaP).

Выбор обусловлен следующими характеристиками: диапазон перестройки: 2,25 – 2,5 ГГц (перекрывает медицинский ISM диапазон [4]), фазовый шум: –115 дБс/Гц при отстройке 100 кГц, выходная мощность: +4,5 дБм.

Поскольку сигнал с выхода VCO (+4,5 дБм) недостаточен для воздействия на ткани организма, в тракт введен усилитель мощности SKY66312-11. При коэффициенте усиления $G_{усил}$ = 35 дБ, теоретическая максимальная мощность на выходе тракта без аттенюации составила бы:

$$P_{max} = P_{VCO} + G_{amp} = 4{,}5 + 35 = 39{,}5 \text{ дБм} \approx 8{,}9 \text{ Вт}. \quad (7)$$

Такой уровень мощности является избыточным и потенциально опасным при неконтролируемом воздействии, следовательно, необходимо внедрить прецизионную систему аттенюации между усилителем и антенной, либо в цепи обратной связи. В данной работе реализован вариант с переключаемыми аттенюаторами на выходе, что также улучшает согласование антенны с выходом усилителя.

Теоретический синтез широкополосного аттенюатора. Для регулировки мощности разработана система из 5 дискретных аттенюаторов. Рассмотрим методику расчета номиналов компонентов для одного из каскадов. П-образный аттенюатор (рисунок 1) представляет собой симметричный четырехполюсник, состоящий из одного последовательного резистора R1 и двух параллельных резисторов R2.

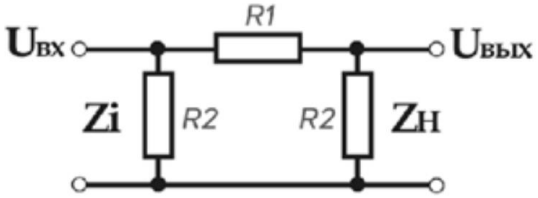


Рисунок 1. Схема П-образного аттенюатора

Главное требование к аттенюатору в СВЧ-тракте – сохранение согласования, входное и выходное сопротивления аттенюатора должны быть равны волновому сопротивлению линии (Z0 = 50 Ом).

Коэффициент передачи по мощности Kp связан с требуемым затуханием A (в дБ) соотношением:

$$K = 10^{\frac{A}{20}}, \quad (8)$$

где K – коэффициент передачи по напряжению.

Для симметричного П-образного звена условия согласования и требуемого ослабления можно выразить через матрицу рассеяния (S-параметры). Для идеально согласованного аттенюатора: S11 = S22 = 0 (отсутствие отражения), S21 = S12 = 1/K (передача сигнала).

Используя теорию цепей, сопротивления R1 и R2 находятся из решения системы уравнений:

1. Входное сопротивление при согласованной нагрузке равно Z0:

$$Z_{in} = \frac{R_2 \cdot \left(R_1 + \frac{R_2 Z_0}{R_2 + Z_0}\right)}{R_2 + R_1 + \frac{R_2 Z_0}{R_2 + Z_0}} = Z_0. \quad (9)$$

2. Отношение выходного напряжения к входному равно 1/K.

После алгебраических преобразований системы (9) получаем канонические формулы для расчета резисторов:

$$R_1 = Z_0 \cdot \frac{K^2 - 1}{2K}, \quad (10)$$

$$R_2 = Z_0 \cdot \frac{K + 1}{K - 1}. \quad (11)$$

Практический расчет. Рассчитаем параметры для ступени, обеспечивающей плотность мощности S = 50 Вт/м². Целевая мощность на входе антенны (из формулы 4): $P_{цель} \approx 24$ дБм. Имеющаяся мощность усилителя: $P_{макс} = 39{,}5$ дБм. Требуемое затухание: A = 39,5 – 24 = 15,5 дБ. Коэффициент $K = 10^{(15{,}5\,/\,20)} \approx 5{,}957$. Подставим в (10) и (11) при Z0 = 50 Ом:

$$R_1 = 50 \cdot (5{,}957^2 - 1)/(2 \cdot 5{,}957) \approx 144{,}7 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 50 \cdot (5{,}957 + 1)/(5{,}957 - 1) \approx 70{,}1 \text{ Ом}$$

Аналогичным образом были рассчитаны номиналы для всего ряда аттенюаторов (16, 17, 18, 20, 23 дБ), номиналы приведены к стандартному ряду E192 (точность 0,5%).

Моделирование и анализ результатов. Верификация расчетов и анализ частотных свойств спроектированного тракта проводились в среде автоматизированного проектирования AWR Design Environment V15. Модель включала: эквивалентные схемы пассивных компонентов (резисторов, конденсаторов) с учетом паразитных индуктивностей и емкостей корпусов.

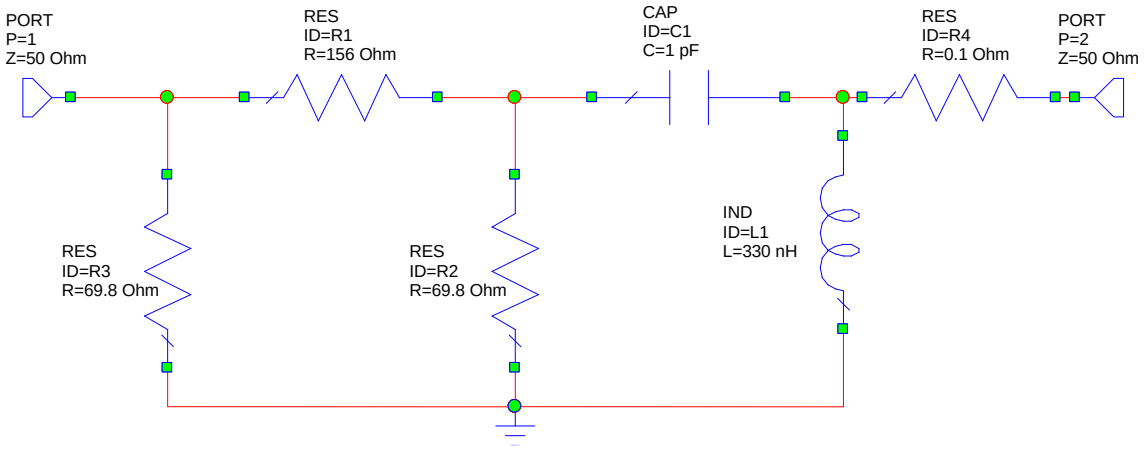


Рисунок 2. Скриншот модели схемы в AWR

В ходе частотного анализа в полосе 0,5 – 5 ГГц были получены графики коэффициента передачи (S21). На рабочей частоте 2,45 ГГц отклонение реального затухания от расчетного составило не более 0,2 дБ. Небольшой завал АЧХ на частотах выше 3 ГГц обусловлен паразитными емкостями резисторов аттенюатора, однако в рабочей полосе характеристика линейна.

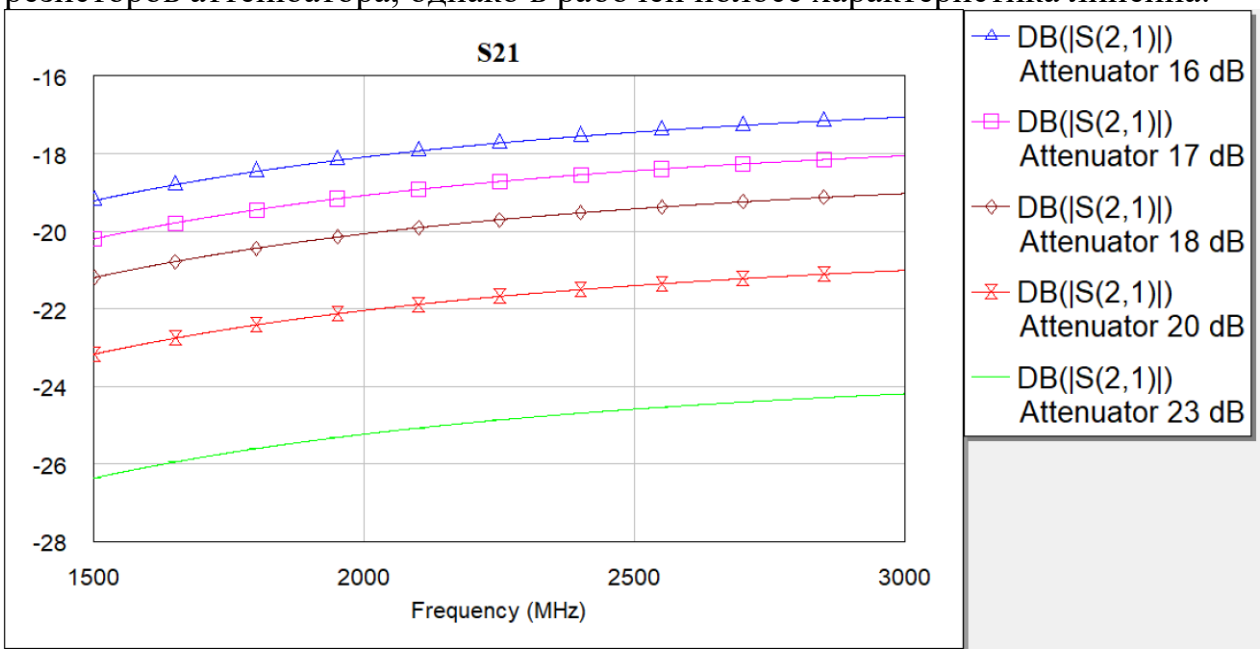


Рисунок 3. График коэффициента ослабления

Важнейшим параметром для надежности усилителя мощности является коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН). Высокий КСВН свидетельствует об отражении энергии обратно в усилитель, что может привести к его тепловому пробою.

Результаты моделирования (рисунок 4) показывают, что разработанная топология аттенюатора обеспечивает превосходное согласование.

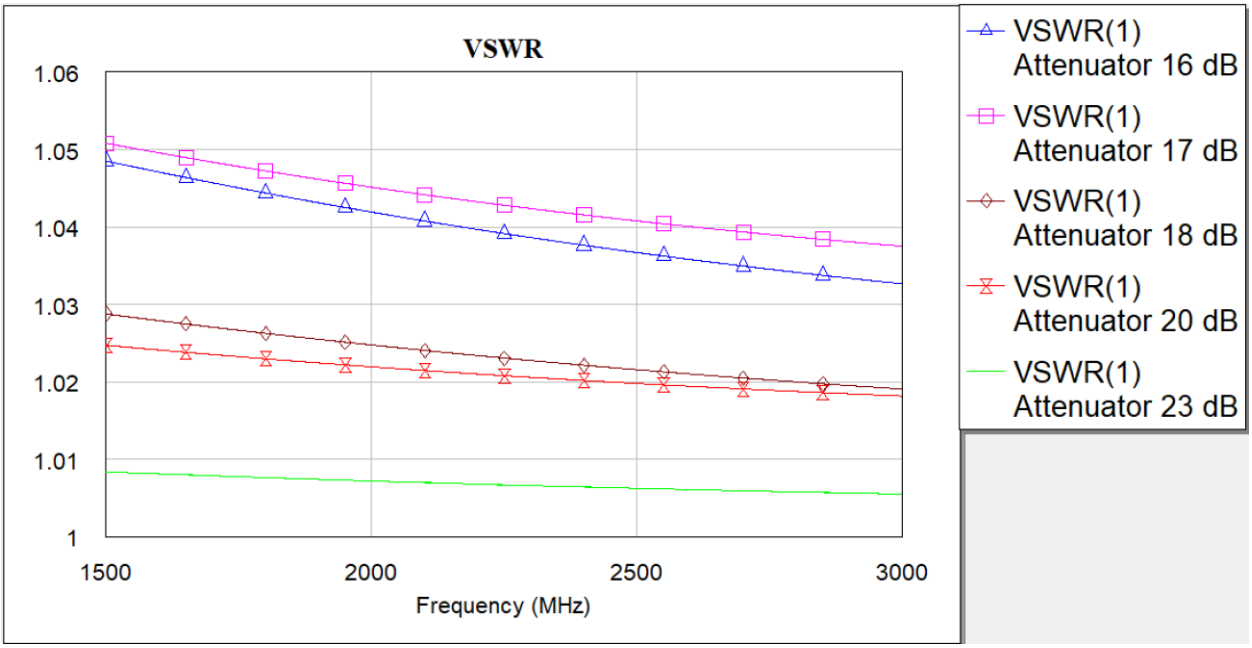


Рисунок 4. График КСВ

В целевом диапазоне 2,35 – 2,5 ГГц значение КСВН не превышает 1,05. Это означает, что потери на отражение (Return Loss) составляют более 30 дБ, то есть более 99,9% мощности передается в нагрузку. Формула связи КСВН и коэффициента отражения Г:

$$\text{КСВН} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}. \quad (12)$$

При КСВН = 1,05, |Г| ≈ 0,024, что подтверждает высокую точность синтеза цепей согласования.

Заключение. В представленной работе решена задача проектирования высокостабильного генераторного модуля для портативной системы СВЧ-терапии. Теоретически обоснован выбор частоты 2,45 ГГц и мощности генератора порядка 200 – 300 мВт (после аттенюации) для обеспечения контролируемого нагрева тканей на глубине до 3 – 5 см. Разработана методика инженерного расчета многоступенчатого аттенюатора, позволяющая реализовать дискретную регулировку мощности в диапазоне 200 – 1200 Вт/м² (по плотности потока).

Схемотехническое моделирование подтвердило высокую степень согласования тракта (КСВН <1,05) и стабильность характеристик. Применение интегральной элементной базы (HMC385LP4, SKY66312) обеспечивает минимизацию массогабаритных показателей, что делает возможным создание носимого медицинского прибора.

Приведённые расчётные соотношения и схемотехнические решения могут применяться при разработке портативных физиотерапевтических аппаратов.

Список литературы:

1. Сорокин С.А. Использование электрических токов и электромагнитных полей в терапии: практическое руководство / С.А. Сорокин. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2006. – 124 с.
2. Ващенко Л.В., Житник Н.Е. Устройство для СВЧ-терапии: пат. 1607827 Рос. Федерация. заявл. 02.04.1991; опубл. 15.07.1994, Бюл. № 33.
3. Пономаренко Г.Н. Общая физиотерапия: учебник/Г.Н. Пономаренко. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 358 с.
4. Модель поглощения электромагнитного излучения СВЧ-диапазона биологическими тканями / И. А. Лагуцкий, М. В. Давыдов, В. В. Кизименко, В. А. Богуш // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, 2021. – с. 52 – 60.

УДК 004.4:37.018.43

Газданов М. К.
Научный руководитель: Макаров А. В., к.т.н., доцент
Российский государственный социальный университет, Москва, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОНТЕНТА

Аннотация. В статье рассматривается разработка веб-приложения для формирования образовательного контента с использованием интерактивных заданий. Представленная система функционирует в формате конструктора, который обеспечивает автоматическую генерацию кроссвордов, филвордов, пазлов и ребусов. В исследовании анализируется архитектура системы, описываются алгоритмы динамической генерации заданий, рассматриваются вопросы интеграции конструктора в образовательный процесс, а также намечены перспективы его дальнейшего развития.
Ключевые слова: образовательный контент, веб-приложение, конструктор заданий, кроссворд, филворд, интерактивное обучение.

Введение

Современные образовательные процессы требуют активного вовлечения учащихся, использования интерактивных методик и оперативного обновления учебного материала. В условиях цифровизации образовательного пространства разработка инструментов, позволяющих быстро и качественно формировать интерактивный контент, становится особенно актуальной. В рамках большого образовательного проекта был создан конструктор интерактивных заданий, используемый сотрудниками для преобразования текстовых материалов, видео и прочего образовательного контента в интерактивные задания, такие как кроссворды, филворды, пазлы и ребусы.

Главная идея системы заключается в том, чтобы обеспечить удобный инструмент для разработки интерактивных заданий, позволяющий значительно сократить затраты времени на ручную разработку кода и повысить качество готовых заданий. В статье представлены основные технические решения, алгоритмы генерации заданий и процессы интеграции конструктора в образовательную платформу.

Обзор литературы

Обучающий сайт проекта структурирован по предметам, классам и темам. Пользователь выбирает нужный предмет и тему, и получает доступ к обучающему блоку, который включает в себя различные типы заданий: текстовые материалы, диктанты, видео-разборы и интерактивные упражнения для проверки усвоенного материала [5, 8].

Создание интерактивных заданий проходит несколько этапов. Сначала автор разрабатывает образовательный контент, после чего редактор проверяет и

редактирует текст. Если требуется видеосопровождение, его подготовкой занимается отдел видеопроизводства. Затем отдел дизайна оформляет визуальные элементы, например, иллюстрации для ребусов. Менеджер урока координирует весь процесс, а разработчик интерактивных заданий адаптирует материал, превращая его в цифровой формат с помощью конструктора [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**, 9].

Для удобства взаимодействия команды используется собственный таск-трекер, аналогичный Bitrix24, а все материалы хранятся во внутренней системе BPM.

Основная часть

Методология

Техническая архитектура: серверная часть

На серверной стороне система реализована с использованием **Node.js**, что позволяет эффективно обрабатывать большое количество асинхронных запросов и обеспечивает высокую масштабируемость. В основе серверной логики лежит фреймворк **Express**, который предоставляет удобные средства для организации маршрутизации и создания RESTful API [6]. Работа с базой данных осуществляется через модуль **Mysql2**, который обеспечивает стабильное и безопасное взаимодействие с MySQL, хранящей образовательный контент и настройки интерактивных заданий.

Для корректной обработки данных и файлов используются следующие библиотеки:

- **Multer** – обеспечивает обработку загрузки файлов, что важно для передачи мультимедийного контента и экспорта готовых заданий.
- **Cors** – контролирует кросс-доменные HTTP-запросы, повышая безопасность приложения и гарантируя, что данные доступны только из разрешенных источников.
- **Body-parser** – парсит тело входящих HTTP-запросов, облегчая работу с форматами JSON, URL-encoded данными и другими типами содержимого.
- **Archiver** – используется для создания архивов с интерактивными заданиями, позволяя пользователям скачать готовый набор файлов (HTML, CSS, JS и т.д.) одним действием.

Таблица 1. Преимущества выбранных решений.

Технология	Возможные альтернативы	Почему выбрано
Node.js	- **Python (Django/Flask)**: простой синтаксис, но может потребовать более сложной масштабируемости; - **Ruby on Rails**: высокоскоростное прототипирование, однако при экстремальной нагрузке возможны проблемы производительности;	- Единая экосистема JavaScript (удобство при работе с фронтендом и бэкендом); - Высокая производительность и масштабируемость благодаря неблокирующей модели; - Обширное сообщество и множество готовых пакетов.

Технология	Возможные альтернативы	Почему выбрано
	- **.NET (C#)**: быстрая работа, но менее кроссплатформенное решение.	
Express	- **Koa**: современный фреймворк от создателей Express, использует async/await; - **Hapi**: ориентирован на корпоративные решения, встроенные механизмы плагинов и валидации;	- Простота структуры и низкий порог вхождения; - Большое количество готовых middleware и документации; - Широкое сообщество и проверенная временем стабильность.
MySQL2	- **Sequelize**: ORM для разных СУБД, но добавляет абстракцию поверх SQL; - **Knex**: Query builder с поддержкой разных СУБД; - **TypeORM**: ORM на TypeScript с широкой функциональностью.	- Высокая скорость выполнения запросов без дополнительной «прослойки» ORM; - Поддержка современных возможностей MySQL; - Простая настройка и знакомый синтаксис SQL.
Multer	- **Formidable**: популярная библиотека с потоковой загрузкой, но требует больше ручной настройки; - **Busboy**: низкоуровневый инструмент, дает тонкий контроль над загрузкой, но менее удобен в типовых сценариях.	- Простая интеграция с Express; - Удобный и гибкий синтаксис конфигурации; - Хорошо документирована и широко применяется в сообществе.
Cors	- **koa-cors**: аналогичный пакет для фреймворка Koa; - Встроенные плагины или настройки в Hapi, NestJS и других фреймворках.	- Легкость конфигурации (разрешенные домены, заголовки, методы); - Удобное расширение настроек безопасности приложения; - Поддержка Express «из коробки».
Body-parser	- **Встроенный парсер Express** (начиная с версии 4.16, часть функционала включена по умолчанию); - **Raw-body**: для более тонкого контроля потока данных.	- Привычный синтаксис и широкая поддержка в сообществе; - Упрощенная обработка JSON и форм-данных; - Снижение рисков, связанных с неправильным парсингом тела запроса [5].
Archiver	- **JSZip**: чаще используется в браузере для создания архивов на клиенте; - **Tar**: отдельные пакеты для работы только с форматом TAR.	- Поддержка нескольких форматов (ZIP, TAR, GZIP); - Удобный API для добавления файлов и директорий; - Активная разработка и хорошая документация.

Выбранные решения отличаются высокой модульностью и гибкостью, поскольку каждая библиотека выполняет свою специализированную задачу — будь то работа с базой данных, загрузка файлов или маршрутизация —, что существенно упрощает поддержку и расширение функционала. Масштабируемость обеспечивается тем, что Node.js и Express эффективно обрабатывают множество запросов благодаря асинхронной модели, что критически важно для веб-приложений с высокой нагрузкой. Кроме того, популярность этих технологий гарантирует активное сообщество и наличие готовых решений, позволяющих оперативно находить примеры, плагины и исправления типовых задач. Надежная настройка CORS, корректная обработка тел запросов с помощью Body-parser и аккуратная работа с файлами через Multer дополнительно повышают безопасность и удобство системы, а интеграция всех инструментов в единой экосистеме Node.js значительно упрощает их совместное использование и настройку [4].

Такая модульная архитектура не только упрощает поддержку и развитие проекта, но и позволяет легко масштабировать систему, добавляя новые функциональные модули при необходимости.

Техническая архитектура: клиентская часть

Клиентская часть построена на основе **ReactJS**, что позволяет реализовать компонентный подход при создании пользовательского интерфейса. Преимущество использования React заключается в виртуальном DOM, который обеспечивает высокую производительность при обновлении и рендеринге компонентов. Для рендеринга взаимодействие с реальным DOM осуществляется с помощью библиотеки **React-dom** [7].

Для взаимодействия с серверной частью используется **Axios** – легковесная библиотека для выполнения HTTP-запросов, которая работает с промисами и обеспечивает асинхронное получение данных по API. При необходимости работы с образовательным, включающим математические формулы, применяется **Better-react-mathjax** – компонент, позволяющий корректно отображать формулы с использованием MathJax. Для редактирования текстового контента и его форматирования в реальном времени интегрирован **React-quill**, предоставляющий пользователям удобный визуальный редактор.

Весь обмен данными между Frontend и Backend осуществляется через строго определенные API, что позволяет изолировать бизнес-логику от логики представления и обеспечить стабильность и безопасность передачи данных. Кроме того, разработка интерфейса велась с учетом принципов адаптивного дизайна, что гарантирует корректное отображение и функциональность приложения на различных устройствах – от настольных компьютеров до планшетов и мобильных телефонов [1].

Таблица 2. Использованные библиотеки и фреймворки в клиентской части.

Библиотека/ Фреймворк	**Назначение/Описание**
ReactJS	Библиотека для создания интерактивных пользовательских интерфейсов с компонентным подходом.
Axios	Клиентская библиотека для выполнения HTTP-запросов к API, основанная на промисах.
Better-react-mathjax	Компонент для интеграции MathJax в React-приложения, позволяющий корректно отображать математические формулы.
React-dom	Библиотека для взаимодействия React с DOM, обеспечивающая рендеринг компонентов.
React-quill	Визуальный редактор на базе React с поддержкой форматирования текста, удобный для редактирования контента.
React-scripts	Набор скриптов для разработки, сборки и тестирования React-приложений (созданных с помощью Create React App).

Методология разработки интерактивных заданий

Разработка интерактивных заданий требует комплексного подхода, включающего создание различных типов головоломок, таких как кроссворды и филворды, а также обеспечение удобства работы с инструментом для разработчиков и пользователей.

Формирование кроссвордов осуществляется на основе заранее определенных параметров, включая длину каждого слова, его начальную позицию в сетке и направление (горизонтальное или вертикальное). Такой подход позволяет точно контролировать внешний вид конечного задания, обеспечивая структурированность и предсказуемость размещения элементов. Интерактивное поведение реализуется посредством обработки пользовательского ввода: система автоматически перемещает фокус между ячейками, подсвечивает выбранные слова и сравнивает введенные ответы с эталонными. Это не только способствует эффективной проверке знаний, но и повышает вовлеченность учащихся в образовательный процесс [10].

При генерации филвордов применяется метод случайного размещения слов в сетке фиксированного размера. Каждое слово вставляется в матрицу в одном из заданных направлений (горизонтально или вертикально) с предварительной проверкой на отсутствие конфликтов с уже размещенными элементами. Оставшиеся пустые ячейки заполняются случайными буквами, что создает эффект цельной головоломки. Данный метод, несмотря на свою простоту, позволяет получать разнообразные варианты заданий, поддерживая интерес пользователей за счет их уникальности.

Важной характеристикой разработанного конструктора является наличие режима предпросмотра, который позволяет разработчикам мгновенно оценивать сформированные задания и при необходимости вносить правки в режиме реального времени. Функция экспорта готовых заданий в виде архива с набором файлов (HTML, CSS, JS и др.) значительно повышает удобство работы с инструментом. Кроме того, пользовательский интерфейс конструктора адаптирован для работы на различных устройствах, что обеспечивает его доступность как на стационарных компьютерах, так и на мобильных платформах [3].

Результаты исследования

Конструктор интерактивных заданий активно используется в работе сотрудников и интегрирован в образовательный процесс, что позволило повысить эффективность разработки заданий и улучшить качество обучения.

Согласно внутренней статистике, инструментом ежедневно пользуются около 10 сотрудников, создавая в среднем 15–20 интерактивных заданий в день. До его внедрения процесс разработки требовал значительных временных затрат, поскольку задания создавались вручную с использованием кода. Автоматизированный инструмент позволил существенно сократить время на разработку, уменьшить вероятность ошибок и обеспечить единообразие оформления контента, что положительно сказалось на его качестве.

Интерактивные задания, созданные с помощью конструктора, интегрированы в обучающие блоки сайта, где дополняют традиционные формы обучения, такие как текстовые материалы, диктанты и видео-разборы. Такой подход не только облегчает усвоение нового материала, но и способствует проверке знаний в игровой и интерактивной форме. Хотя на данный момент система не предусматривает механизма отслеживания успеваемости учащихся, рассматривается возможность его внедрения в будущих версиях образовательной платформы [1].

Обсуждение результатов

Пользователи конструктора отмечают его удобство и интуитивно понятный интерфейс. Разработчики и преподаватели подчеркивают, что автоматизация формирования заданий значительно повышает оперативность работы и качество конечного продукта. Благодаря функции быстрого предпросмотра и редактирования сотрудники могут оперативно вносить изменения и корректировки, что положительно сказывается на общем уровне образовательного контента.

Перспективы развития

В дальнейшем планируется расширение функциональности системы, направленное на повышение ее универсальности и эффективности. В числе приоритетных направлений развития рассматриваются несколько ключевых аспектов.

Во-первых, предусмотрено открытие доступа к конструктору для внешних преподавателей, что позволит не только внутренним сотрудникам, но и сторонним специалистам самостоятельно разрабатывать интерактивные задания. Это расширит круг авторов образовательного контента и повысит его разнообразие.

Во-вторых, планируется увеличение спектра доступных типов заданий. Наряду с кроссвордами и филвордами рассматривается внедрение новых интерактивных форматов, включая дополнительные виды головоломок и упражнений, что обеспечит более гибкий подход к обучению.

Следующим важным шагом является разработка системы мониторинга успеваемости учащихся. Внедрение механизма отслеживания и анализа результатов позволит не только объективно оценивать уровень усвоения материала, но и адаптировать содержание заданий под индивидуальные потребности пользователей, тем самым повышая эффективность обучения.

Наконец, запланирована интеграция конструктора с внешними образовательными сервисами. Расширение возможностей взаимодействия с другими инструментами создаст единую экосистему для разработки, контроля качества и анализа образовательного контента, что позволит повысить удобство использования платформы и ее функциональную ценность.

Заключение

Разработанный конструктор интерактивных заданий демонстрирует высокую эффективность в автоматизации создания образовательного контента. Применение модульной архитектуры, основанной на современных технологиях (Node.js, Express, ReactJS и др.), обеспечивает высокую производительность, масштабируемость и удобство использования системы. Благодаря автоматизации процесса формирования заданий, время, затрачиваемое на разработку, существенно сокращается, что позволяет оперативно обновлять учебный материал и повышать его качество.

Перспективы дальнейшего развития системы открывают возможности для расширения функционала, внедрения механизмов отслеживания успеваемости и интеграции с внешними образовательными сервисами. Это делает представленный подход актуальным и перспективным решением в условиях современного образования.

Список литературы:

1. Abelson H., Sussman G. J., Sussman J. Structure and Interpretation of Computer Programs. — 2nd ed. — Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1996. — 657 p. — ISBN 0-262-51087-1 (дата обращения: 29.08.2025).
2. Haythornthwaite C., Andrews R. E-learning Theory and Practice. — London: Sage Publications, 2011. — 256 p. — ISBN 978-1-4129-4672-8 (дата обращения: 30.08.2025).
3. Picciano A. G. Online Education: Foundations, Planning, and Pedagogy. — New York: Routledge/Taylor & Francis, 2019. — 256 p. — ISBN 978-0415784139 (дата обращения: 30.08.2025).

4. Карышев Андрей Анатольевич, Афанасьев Владислав Романович Разработка web-сервиса для автоматизированной генерации документов на основе docx-шаблонов // Известия ТулГУ. Технические науки. 2017. №5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-web-servisa-dlya-avtomatizirovannoy-generatsii-dokumentov-na-osnove-docx-shablonov (дата обращения: 21.01.2025).

5. Harasim L. Learning Theory and Online Technologies. — 2nd ed. — New York: Routledge, 2011. — 272 p. — ISBN 978-0-415-99641-9 (дата обращения: 0 1.09.2025).

6. Rudestam K. E., Schoenholtz-Read J. The Handbook of Online Learning. — 2-nd ed. — Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2009. — 520 p (дата обращения: 14.01.2025).

7. B. E. Arbuzov, B. L. Tsengel, E. A. Osipenko, A.V. Dyshkantyuk Development of a web application for applying the analytic hierarchy process // International Journal of Open Information Technologies. 2024. №10. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/development-of-a-web-application-for-applying-the-analytic-hierarchy-process (дата обращения: 14.01.2025).

8. Mayer, R. E. (2020). Multimedia Learning (3rd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. URL: https://www.cambridge.org/highereducation/books/multimedia-learning/FB7E79A165D24D47CEACEB4D2C426ECD#overview (дата обращения: 13.08.2025).

9. Clark, R. C., Mayer, R. E. (2023). e-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning (5th ed.). Hoboken: Wiley. URL: https://www.vitalsource.com/products/e-learning-and-the-science-of-instruction-ruth-c-clark-richard-e-v9781394177387 (дата обращения 13.08.2025).

10. Achilova Ra’no THE PROS AND CONS OF ONLINE EDUCATION // ORIENSS. 2021. №5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/the-pros-and-cons-of-online-education (дата обращения: 19.08.2025).

11. Benson R., Brack C. Online Learning and Assessment in Higher Education: A Planning Guide. — Oxford: Chandos Publishing, 2010. — 200 p. — ISBN 978-1-84334-577-0 (дата обращения: 30.08.2025).

12. Anderson T. The Theory and Practice of Online Learning. — 2-nd ed. — Edmonton: AU Press, 2008. — 400 p. — ISBN 978-1-897425-08-4 (дата обращения: 30.08.2025).

УДК 004.4:37.248

Газданов М. К.
Научный руководитель: Макаров А. В., к.т.н., доцент
Российский государственный социальный университет, Москва, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВЕБ-ТРЕНАЖЁРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ/ОГЭ

Аннотация. В статье рассматривается разработка и реализация веб-тренажёра для подготовки к государственным экзаменам ОГЭ и ЕГЭ. Представлен подход, сочетающий адаптивную проверку знаний, симуляцию экзамена, а также использование визуальных и интерактивных инструментов: холста и встроенного Python-редактора. Особое внимание уделено архитектуре приложения, методам взаимодействия с пользователем, а также сравнительному анализу с существующими решениями. Рассматриваются перспективы развития продукта с учётом персонализации и аналитики.
Ключевые слова: ОГЭ, ЕГЭ, интерактивное обучение, интерактивный тренажер, визуализация решений, редактор кода.

Введение

Системы подготовки к экзаменам становятся неотъемлемой частью современного образовательного пространства. В условиях цифровизации возрастает потребность в доступных, эффективных и интерактивных инструментах, позволяющих не только закрепить знания, но и повысить вовлеченность учащихся. Несмотря на широкое распространение онлайн-платформ, большинство из них страдают либо от высокой стоимости, либо от недостаточной интерактивности. Настоящая работа посвящена разработке бесплатного веб-тренажёра, обеспечивающего качественную подготовку к экзаменам с помощью симуляции реальных условий тестирования и современных визуальных технологий.

Главная идея разработанного тренажёра заключается в создании универсального и интуитивно понятного инструмента, который позволяет учащимся эффективно готовиться к экзаменам в формате, максимально приближенном к реальному. Система включает в себя симуляцию экзамена с таймером, автоматическую проверку заданий, пояснение решений, а также визуальные и интерактивные компоненты — такие как холст и встроенный редактор Python-кода. В статье представлены ключевые принципы проектирования интерфейса, техническая архитектура приложения и функциональные модули, обеспечивающие высокую гибкость и адаптивность тренажёра под различные форматы заданий и уровни подготовки.

Обзор литературы

Рынок образовательных решений включает как платные платформы (Фоксфорд, Skysmart, Лектариум, Тетрика), так и бесплатные (Решу ЕГЭ,

ФИПИ, Яндекс.Репетитор, 4ЕГЭ). Платные решения, как правило, предоставляют широкий спектр возможностей: персонализированные учебные траектории, доступ к вебинарам, видеоразборам, онлайн-консультациям с преподавателями и интерактивной статистике. Однако высокая стоимость (в среднем от 4 000 до 35 000 рублей в год) делает такие платформы недоступными для многих школьников.

Бесплатные аналоги, в свою очередь, чаще всего ограничиваются тестовыми заданиями и статичной подачей материала. Они не обеспечивают обратную связь, не отслеживают индивидуальный прогресс и практически не используют современные интерактивные механики. Такие платформы не предполагают адаптации к уровню ученика, визуализации решений или геймификации, что снижает вовлечённость и эффективность обучения.

Разрабатываемый тренажёр сочетает в себе преимущества обеих категорий, объединяя лучшие стороны. Он полностью бесплатен и при этом обладает функциональностью, присущей платным платформам: симуляция экзамена, анализ ошибок, пояснение решений, визуальные инструменты (холст, код-редактор), геймифицированные элементы и возможность перехода к связанным образовательным материалам. Такой подход позволяет охватить максимально широкую аудиторию, сохраняя высокое качество подготовки и комфорт взаимодействия с системой.

Основная часть

Методология

Техническая архитектура: общая структура

Разрабатываемый тренажёр реализован в виде одностраничного веб-приложения (SPA), работающее полностью на стороне клиента. Это обеспечивает высокую скорость отклика, простоту развертывания и отсутствие необходимости в серверной инфраструктуре. Вся бизнес-логика, от генерации заданий до визуализации, реализована на JavaScript, а взаимодействие с визуальными и вычислительными компонентами обеспечивается через внешние библиотеки.

Клиентская логика разделена на модули:

Таблица 1. Используемые модули.

Модуль	**Назначение**
Question.js	Структура тестов, описание заданий, ответов, решений и ссылок.
Control.js	Основная логика интерфейса: переключение заданий, навигация, проверка, расчет результата, отображение итога.
Web-python/script.js	Интерфейс работы с Pyodide: выполнение кода, вывод результатов, статус.
Web-holst/script.js	Управление холстом: добавление фигур, рисование, трансформация, удаление объектов

Функциональные модули и библиотеки

- **Pyodide** — позволяет запускать Python-код прямо в браузере. Загрузка осуществляется через CDN, после чего создаётся изолированная среда исполнения с возможностью перехвата вывода через stdout/stderr.
- **Konva.js** — обеспечивает отрисовку, трансформацию и взаимодействие с графическими элементами на холсте (canvas). Поддерживается режим рисования, вставки фигур, ластик и привязка к сетке.
- **MathJax** — рендер математических формул в формате LaTeX.
- **Vanilla JS** — используется для обработки взаимодействия пользователя, анимации, управления интерфейсом, валидации данных и навигации между заданиями.
- **CSS + адаптивная верстка (resizer.css)** — адаптация интерфейса под различные устройства (от ноутбуков до смартфонов), включая перераспределение блоков, изменение размеров элементов и модульную структуру layout.

Таблица 2. Используемые технологии.

Технология	Возможные альтернативы	Почему выбрано
Pyodide	- **Skulpt** — позволяет интерпретировать подмножество Python в JS-окружении, но не поддерживает многие стандартные модули; - **Brython** — реализует Python 3 в браузере, но не поддерживает работу с numpy/pandas, а также не воспроизводит полноценную среду исполнения.	**Pyodide** предоставляет полноценную среду Python 3.11, включая поддержку numpy, micropip, работу с файлами и стандартными потоками вывода. Это делает его единственным практичным решением для полноценной работы с Python-кодом без бэкенда. Кроме того, библиотека активно развивается и доступна через CDN.
Konva.js	- **Fabric.js** — мощная библиотека, поддерживает canvas и svg, но менее удобна при трансформации объектов и требует больше кода для привязки к UI; - **p5.js** — фокус на креативную визуализацию, но ориентирован скорее на художественные проекты, чем на учебные инструменты.	**Konva.js** отлично подходит для учебных и инженерных решений благодаря удобной системе слоёв, встроенному трансформеру, поддержке drag-and-drop и простому API. Она оптимизирована для интеграции с DOM и хорошо документирована, что упрощает разработку холста.

Технология	Возможные альтернативы	Почему выбрано
MathJax	**KaTeX** — быстрее по рендерингу, но поддерживает ограниченное подмножество LaTeX и менее гибок при кастомизации формул.	**MathJax** обеспечивает максимальную совместимость с научными форматами, поддерживает формулы внутри HTML, адаптируется под масштабирование и локализацию. Он широко используется в научных и образовательных системах, что делает его стандартом де-факто в академической визуализации формул.
Vanilla JS	**React/Vue** — мощные фреймворки с компонентной моделью, но избыточны для статичных решений и требуют сборки (Webpack/Vite); **jQuery** — упрощает работу с DOM, но морально устарел и плохо совместим с современными практиками.	Использование чистого JavaScript позволяет добиться полной независимости от сборщиков и обеспечивает минимальный размер проекта, мгновенную загрузку и простую отладку. Отказ от фреймворков делает архитектуру более прозрачной и гибкой, а логика — адаптируемой под учебные сценарии.
SPA без сборщиков	**Webpack, Parcel, Vite** — позволяют собирать и оптимизировать большие проекты, но требуют настройки, дополнительных зависимостей и нецелесообразны для лёгких одностраничных решений.	В данном случае приоритет отдан простоте: тренажёр должен быть легко встраиваем, запускаем "из папки" и независим от серверной среды. Это позволяет работать с системой даже в условиях ограниченного доступа к интернету или на слабых машинах без установки Node.js

Выбранные решения позволяют добиться модульности, лёгкой поддержки и адаптивности системы. Каждое из них решает строго свою задачу — от визуализации графики до обработки кода — и интегрируется без конфликта с остальными компонентами, что упрощает масштабирование и внедрение новых функций в будущем.

Интерфейс пользователя

Главная страница содержит панель заданий, элементы навигации, кнопки запуска «Холста» и «Редактора». Каждое задание отображается с визуальными элементами и полем для ввода ответа. После завершения теста пользователь получает сводный результат и может просмотреть объяснения по каждому вопросу.

Симуляция экзамена

- Задания отображаются последовательно с возможностью перехода.
- Реализована система фиксации ответов и анализа результатов.

- Маскот-помощник отображает прогресс и подсказывает темы для повторения.

Холст

- Пользователь может рисовать фигуры (круги, квадраты, треугольники), использовать карандаш, ластик, трансформировать объекты.
- Используется библиотека Konva.js с поддержкой взаимодействий (drag & drop, resize, rotate).

Редактор кода

- Поддержка Python через Pyodide.
- Выполнение кода и отображение вывода.
- Отображение статуса (успех, ошибка, готов к запуску).

Результаты исследования

В ходе разработки веб-тренажера были реализованы модули персонализации и геймификации. Система поддерживает внедрение ИИ-компонентов, анализирующих ошибки пользователя и формирующих адаптивные траектории обучения. На основании полученных данных учащемуся предлагаются индивидуальные рекомендации по повторению тем.

Сравнительный анализ с существующими решениями показал, что разработанный тренажер обладает рядом конкурентных преимуществ:

Таблица 3. Сравнение с конкурентами.

Параметр	Конкуренты	Наш тренажёр
Стоимость	4 000 – 35 000 руб.	Бесплатно.
Интерактивность	Ограничена	Высокая (код, холст, анимации).
Персонализация	Только у платных решений	Предусмотрена в базовой версии.
Доступность	Ограничения по доступу	Полный доступ без регистрации.
Актуальность	Устаревшие форматы	Поддержка новых подходов и тем.

Обсуждение результатов

Реализация персонализированных траекторий повысить эффективность подготовки к экзаменам за счёт сочетания адаптивного контроля знаний и мотивационных стимулов. Анализ конкурентных решений подтверждает востребованность данных функций, однако их интеграция в бесплатный продукт выделяет разработанный тренажёр среди существующих аналогов.

Таким образом, полученные результаты демонстрируют, что предложенная система сочетает в себе доступность и функциональность, характерные преимущественно для платных образовательных платформ. Это открывает перспективы её дальнейшего внедрения в практику подготовки к ЕГЭ и ОГЭ, а также расширения функционала за счёт интеграции дополнительных инструментов аналитики и мониторинга прогресса учащихся.

Перспективы развития

В дальнейшем планируется расширение функциональности системы, направленное на повышение ее универсальности и эффективности. В числе приоритетных направлений развития рассматриваются несколько ключевых аспектов:

- Разработка блока мониторинга успеваемости.
- Интеграция с внешними платформами и API.
- Поддержка новых типов заданий (интерактивная математика, языки программирования).
- Создание личных кабинетов и отчётов для преподавателей.

Заключение

Разработанный тренажёр представляет собой современное средство подготовки к экзаменам, сочетающее в себе доступность, функциональность и высокую степень интерактивности. Использование клиентских технологий позволяет добиться высокой производительности и масштабируемости. Проект уже демонстрирует устойчивые результаты и имеет все шансы занять достойное место среди образовательных решений нового поколения.

Перспективы дальнейшего развития системы открывают возможности для расширения функционала, внедрения механизмов отслеживания успеваемости и интеграции с внешними образовательными сервисами. Это делает представленный подход актуальным и перспективным решением в условиях современного образования.

Список литературы:

1. College Board, Khan Academy. Official SAT Practice on Khan Academy. — New York: College Board, 2017. — URL: https://www.khanacademy.org/sat (дата обращения: 20.08.2025).
2. Al-Jarf R. Mobile Flashcard Apps in Learning English and Preparing for Standardized Tests. — International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 2021. — Vol. 16, No. 12. — Pp. 37–47. — DOI: 10.3991/ijet.v16i12.21959 (дата обращения: 20.08.2025).
3. Koenig R., Krishnamurthi S., Fisler K. PyodideU: A Web-based Python Environment for Computer Science Education. — In: Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE). — New York: ACM, 2024. — Pp. 1220–1226. — DOI: 10.1145/3626252.3630790 (дата обращения: 30.09.2025).
4. Gupta S., Deng F., Craig C. Firecracker: An Adaptive Learning Platform for Medical Education. — BMC Medical Education, 2020. — Vol. 20, No. 12. — Pp. 307–315. — DOI: 10.1186/s12909-020-02170-0 (дата обращения: 20.08.2025).
5. Wilks D. The Effectiveness of Adaptive Learning Tools in Online Mathematics Courses. — Journal of Online Learning Research, 2023. — Vol. 9, No. 2. — Pp. 101–118. — URL: https://www.learntechlib.org/p/221837 (дата обращения: 22.09.2025).
6. Sailer, Michael & Homner, Lisa. (2020). The Gamification of Learning: a Meta-analysis. Educational Psychology Review. 32. 77-112. 10.1007/s10648-019-09498-w. (дата обращения: 30.09.2025).

7. Anderson T. (ed.). The Theory and Practice of Online Learning. — 2nd ed. — Edmonton: Athabasca University Press, 2008. — 472 p. — ISBN 978-1-897425-48-8 (дата обращения: 22.09.2025).

8. Siemens G., Long P. Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. — EDUCAUSE Review, 2011. — Vol. 46, No. 5. — Pp. 30–40. — URL: https://er.educause.edu/articles/2011/9/penetrating-the-fog-analytics-in-learning-and-education (дата обращения: 22.09.2025).

9. Picciano A. G. Theories and Frameworks for Online Education: Seeking an Integrated Model. — Online Learning Journal, 2017. — Vol. 21, No. 3. — Pp. 166–190. — DOI: 10.24059/olj.v21i3.1225 (дата обращения: 30.09.2025).

10. Woolf B. P. Building Intelligent Interactive Tutors: Student-Centered Strategies for Revolutionizing E-learning. — Burlington, MA: Morgan Kaufmann/Elsevier, 2009. — 512 p. — ISBN 978-0123735942 (дата обращения: 22.09.2025).

11. Clark R. C., Mayer R. E. E-learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning. — 4th ed. — Hoboken, NJ: Wiley, 2016. — 528 p. — ISBN 978-1119158660 (дата обращения: 22.09.2025).

12. Mayer R. E. Multimedia Learning. — 2nd ed. — New York: Cambridge University Press, 2009. — 320 p. — ISBN 978-0521735353 (дата обращения: 30.09.2025).

УДК 681.5

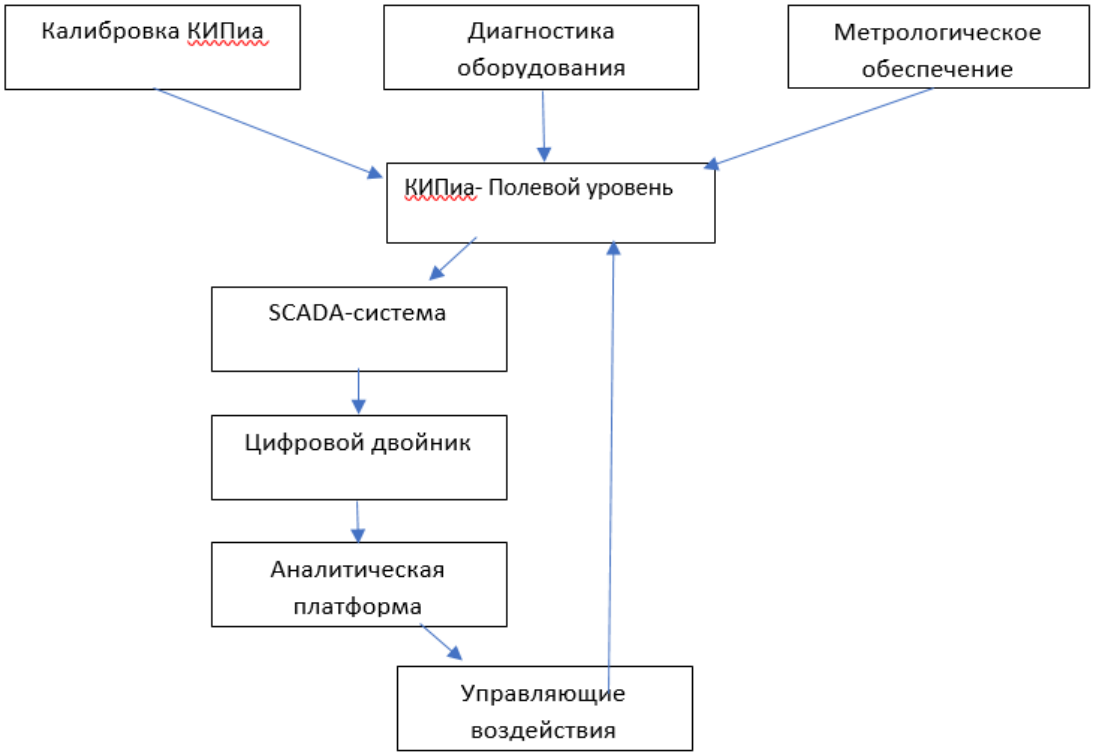
Яценко Е. О., Благовещенская М. М., Благовещенский В. Г.
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия

КОМПОЗИЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАТНЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРНОГО ПРОДУКТА. ВЗАИМОСВЯЗЬ КИПИА И SCADA

Аннотация: Композиционный анализ данных в производстве сыра — это систематический процесс сбора, обработки и анализа информации о составе сырья, промежуточных продуктов и готовой продукции. Цель анализа в стабилизации качества продукта, соответствии нормативным требованиям и оптимизации производственного процесса. Композиционный анализ представляет собой комплекс методов количественного и качественного определения компонентов пищевых продуктов. Он позволяет создать продукт, соответствующий ожидаемым свойствам, например, с заданным химическим составом. В качестве примера, отметим, что при разработке композиционных продуктов аминокислотный состав белков и жирнокислотный состав липидов подбирают с учетом физиологических особенностей организма. Собранные характеристики включаются в паспорт пищевого продукта и на их основании делается заключение о соответствии готового продукта ГОСТу и прочим локальным стандартам в зависимости от целевой группы продукта.

Ключевые слова: потоковая обработка данных, анализ данных, производственная линия, цифровой двойник, датчик.

1. Уровневая модель интеграции



2. Интеграция КИПиА со SCADA-системой

Интеграция заключается в настройке протоколов связи и конфигурации точек ввода-вывода (настройка выполняется в формате кода).

Пример протоколов связи

Протокол	Скорость	Надежность	Применение
HART	1200 бод	Высокая	Интеллектуальные датчики
Profibus PA	31.25 кбит/с	Высокая	Полевые устройства
Foundation Fieldbus	31.25 кбит/с	Высокая	Сложные системы
Modbus TCP	10/100 Мбит/с	Средняя	Сетевые устройства
OPC UA	До 1 Гбит/с	Высокая	Межсистемная интеграция
MQTT	Зависит от сети	Средняя	IoT-устройства

3. Математические модели композиционного анализа

Для анализа состава сыра применяется подход:

Состав = $\sum_{i=1}^{n} w_i * C_i$

где: w_i — массовая доля i-го компонента; C_i — концентрация компонента.

4. Применение композиционного анализа

Композиционный анализ используется для создания продуктов, таких как плавленый сырный продукт, где важен точный состав компонентов, включая нежирный сыр, заменители молочного жира и функциональные добавки. Анализ жирнокислотного состава таких продуктов может проводиться по соответствующим ГОСТам. Информация о стране происхождения, товарный знак и масса нетто являются обязательными данными для маркировки пищевой продукции. [1]

5. Модель системы контроля качества

Центральная лаборатория
- Отдел входного контроля
  - Группа анализа молока
  - Группа анализа вспомогательных материалов
- Процессная лаборатория
  - Контроль технологических параметров
  - Микробиологический контроль
- Отдел контроля готовой продукции
  - Физико-химический анализ
  - Органолептическая оценка
  - Сертификация

6. Суть применения композиционного анализа сырного продукта при производстве

Композиционный анализ сырного продукта — это систематическое изучение и управление химическим, физическим и микробиологическим составом сыра на всех этапах его жизненного цикла для достижения целевых характеристик качества, безопасности и экономической эффективности.

Ключевые аспекты сути:

1. Холистический подход — рассмотрение сыра как сложной многокомпонентной системы, где изменение одного параметра влияет на все остальные.
2. Динамический процесс — состав сыра постоянно меняется:

- Физико-химические изменения (созревание, протеолиз, липолиз)
- Микробиологическая трансформация (развитие заквасочной и сопутствующей микрофлоры)
- Сенсорная эволюция (формирование вкуса, аромата, текстуры)

7. Перспектива применения композиционного анализа в сырном производстве

Для композиционного анализа могут применяться современные интеллектуальные системы, объединение функций которых под общее управление в SCADA-системе позволит полноценно выполнять автоматизированный анализ данных о продукте. Например, отдельные части данной системы могут быть представлены как интеграция IoT-датчиков для непрерывного мониторинга pH, температуры, влажности сырной закваски, молока, машинное обучение может применяться для прогнозирования качества на основе ранее собранных данных на предыдущих этапах изготовления продукта, а цифровой двойник производства позволит выполнять виртуальное моделирование процесса. [2]

8. Общая архитектура аналитической системы

Анализ ранее собранных (исторических) данных с предыдущих партий позволит вычислить закономерности между параметрами, и на их основе составить формулы. Подставляя вводные данные на начальных этапах производства сыра можно заранее вычислять результат на каждом производственном этапе.

Данный процесс достаточно трудоемкий, и поэтому без автоматизированного производства не может быть исполнен в достаточном объеме. Автоматизированная система позволяет добиться максимума и исследовать каждый продукт на линии полностью. На основе полученных данных формируется паспорт о сырном продукте- о каждой изготовленной единице. SCADA-система обеспечивает непрерывный мониторинг производственных параметров в реальном времени, Сбор данных с оборудования и датчиков, Оперативное управление процессами. [3]

Датчики фиксируют параметры на каждом этапе, затем выполняется их анализ, вычисляются зависимости и формируются формулы. Например, уже

известна следующая зависимость модели роста микроорганизмов в пищевом продукте, которая своим открытием улучшила качество продукта:

Модель роста микроорганизмов:

N (t) = $N_o * e^{q*t}$,

N(t) - количество микроорганизмов в момент времени

N_o - начальное количество

μ - удельная скорость роста.

Сформулированная модель представляет возможным проводить, как один из вариантов, следующие процедуры для анализа качества продукта и его соответствия параметрам. [4]

Пример корреляционного анализа

Параметр производства	Влияние на качество	Коэффициент корреляции
Температура пастеризации	Вкус	0.77
Время созревания	Текстура	0.81
Влажность в камере	Внешний вид	0.77
Концентрация рассола	Соленость	0.90

Пример контрольной карты Шухарта

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
def calculate_control_limits(data):
 mean = np.mean(data)
 std = np.std(data)
 ucl = mean + 3*std
 lcl = mean - 3*std
 return mean, ucl, lcl
```

Заключение

Композиционный анализ данных — это не просто контроль показателей, а система управления качеством на основе точных измерений, позволяющая производить сыр с заданными, воспроизводимыми характеристиками. Система превращает производство сыра из искусства в точную науку, сохраняя при этом традиции и уникальность продукта, но добавляя к ним современные технологии управления качеством.

Внедрение такой системы следует рассматривать как стратегическую инвестицию в будущее предприятия, которая не только окупается в среднесрочной перспективе, но и создает устойчивые конкурентные преимущества на рынке качественных сырных продуктов.

Список литературы:

1. «Разработка SCADA-систем», В. В. Кангин, М.В. Кангин, Д.Н. Ямолдинов, 2024, 565 с.

2. Особенности автоматизации и управления технологическими процессами в промышленном производстве, Куровский С.В., Мишин Д.А., Яценко Е.О., Козлова О.Л., Перспективы науки. 2025. №6 (189), с.86-91.
3. «Синтез данных и цифровые двойники», Д.Картер, 2024, 221 с.
4. «Работа с данными в любой сфере», К. Еременко, 2023, 303 с.

УДК 004.4:621.3.06

Рябов А. А.
Московский технологический институт, Москва, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ И МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация. Статья посвящена обоснованию необходимости увеличения использования встраиваемых систем при строительстве инфраструктурных объектов, а также созданию мобильных приложений как интерфейса управления и анализа данных в системах мониторинга данных объектов. В период глобальной цифровизации проблемы управления должны решаться современными методами. В статье рассмотрены проблемы актуальности и качества данных между встраиваемыми системами и лицами, принимающими решения, сформулированы требования к интерфейсам, предоставляющим необходимые данные для инженеров, диспетчеров, ремонтных бригад. Даны рекомендации по созданию мобильных приложений, удовлетворяющих этим требованиям. Проведен анализ современных архитектур и типовых функций мобильных клиентов, а также технологических стеков. В конце статьи сделаны выводы о преимущества использования мобильных приложений для трансформации встраиваемых систем из инструментов сбора данных в полноценные человеко-машинные комплексы управления жизненным циклом инфраструктурных объектов.

Ключевые слова: Встраиваемые системы, мониторинг инфраструктуры, мобильное приложение, интернет вещей, информационная безопасность, устойчивое развитие, улучшение жизнеспособности

Введение

Согласно Государственному докладу о состоянии защиты населения и территории Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2024 году, доля техногенных чрезвычайных ситуаций составляет 63% от общего числа в 2024 году, в 2023 году этот же показатель составил 60%, и 67% в 2022 году[1]. Высокая доля чрезвычайных ситуаций ставит под сомнения традиционные методы контроля, такие как визуальные осмотры, и поднимает вопрос о важности внедрения различных систем контроля, основанных на встраиваемых системах. Но в период глобальной цифровизации проблема создания интерфейсов, сокращающих информационный разрыв, упрощающих получение данных, их обработку, восприятие, и принятие решений остаётся важной и актуальной.

Целью статьи является обоснование необходимости внедрения мобильных прикладных интерфейсов с распределенными встраиваемыми системами, как в производственную цепь, так и в систему контроля после сдачи объекта в эксплуатацию, для повышения их устойчивости и минимизации угрозы возникновения на них чрезвычайных ситуаций.

Для достижения цели в работе работе поставлены и решаются следующие задачи:

1. Проведен анализ современных вызовов;
2. Обоснован переход к мониторингу на основе встраиваемых систем;
3. Рассмотрены преимущества и ограничения мобильных платформ;
4. Предложена концептуальная схема взаимодействия приложения и распределенных систем сбора данных;
5. Произведена оценка предлагаемого подхода на повышение устойчивости и снижение рисков техногенных аварий.

Важно отметить, что переход от стационарных рабочих мест, и бумажных журналов именно к мобильным приложениям даёт ряд новых преимуществ, недостижимых традиционными методами. Однако, эти преимущества требую системного подхода к проектированию архитектуры.

Теоретические основы исследования

В современных условиях понятие «устойчивость» является центральным в области управления рисками для объектов критически важной инфраструктуры. Устойчивость - способность объектов экономики и жизнеобеспечения населения противостоять опасностям, возникающим при военных конфликтах, вследствие этих конфликтов или при чрезвычайных ситуациях, с целью поддержания выпуска продукции или оказания услуг в запланированном объеме и номенклатуре; [2] Основными российскими документом, определяющим степень важности повышения устойчивости объектов, является ГОСТ Р 22.2.12-2020. «Национальный стандарт Российской Федерации. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Повышение устойчивости функционирования организаций в чрезвычайных ситуациях. Основные положения», в котором говорится, что устойчивое функционирование объектов экономики является одной из основных задач в области гражданской обороны и защиты в ЧС. Законодательство явно указывает о смещении фокуса с ликвидации ЧС на принятие мер по превентивному выявлению угроз. Причем нельзя сказать, что эти меры стали для нашего государства «новыми», такая политика в отношении кризисных ситуаций ведётся ещё с прошлого века. Но в последние годы использование современных технологий стало наиболее актуальным, особенно в период развития интернета вещей (интернет вещей - концепция вычислительной сети, соединяющей вещи (физические предметы), оснащенные встроенными информационными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой без участия человека [3]).

Несмотря на вполне конкретные установки, прописанные в российском законодательстве, практическая их реализация ведёт у непременному «информационному разрыву». В контексте данной статьи это проявляется следующим образом: между реальной обстановкой (реальные нагрузки на

детали объектов критической инфраструктуры, наличие коррозий, износов), информационными системами анализа данных и работниками-операторами отсутствует непрерывный, объективный и контекстно-зависимый поток информации, а наличие традиционных методов контроля, являющихся зачастую субъективными и запоздалыми, только увеличивают этот разрыв. Следствием этого является неопределенность условий функционирования системы управления, что делает невозможным заблаговременное обнаружение рисков.

Ответом на данный вызов будет использование встраиваемых систем. Они должны будут осуществлять мониторинг и управление физическими объектами в режиме «реального времени», осуществляя постоянные сбор данных на всех этапах существования объекта инфраструктуры.

Обоснование использования мобильных интерфейсов, как основных инструментов работы с встраиваемыми системами

Стандартным примером интерфейса управления различными объектами является, как правило, диспетчерский пульт (представляющий собой специальный софт на ПК, либо специально сконструированный пульт, выполняющий определенный круг задач), дополнением к которому идут полки с бумажными журналами обходов, учета и проверки. Это накладывает ряд ограничений: такого рода пульт привязывает оператора к месту его установки, данные с объектов проходят долгий и не всегда быстрый путь до пульта.

Результатом цифровой информации стал перенос многих подобных интерфейсов в веб-браузеры, сделав их доступнее, но основные проблемы так и небыли решены.

А использование приложения на смартфоне или планшете оператора решает данные проблемы:

1. Повышается оперативность реагирования на угрозы. Вне зависимости от местоположения работник всегда вовремя получит сообщение о возникновении критических ситуаций.
2. Повышается точность и объективность данных. Находясь на объекте, работники всегда могут дополнить «цифровой паспорт» актуальными сведениями, причем с фото и видео материалами.
3. Обеспечивается устойчивость системы управления. Работник, оказавшись в любой ситуации, сможет всегда найти инструкцию действий через мобильное приложение, использую предзагруженные карты, шаблоны и методички.
4. Повышается скоординированность действий. Достигается за счет использования единой системы записи и чтения данных, что позволяет релевантную информацию как работникам, так и руководителям.

Ограничения, с которыми придется столкнуться: необходимость повышения информационной безопасности, зависимость от условий

окружающей среды и дополнительные расходы на обучение персонала, а также поддержки старых систем.

Таким образом, мобильные интерфейсы являются предпочтительными в современной системе мониторинга чрезвычайных ситуаций на инфраструктурных объектах.

Схема взаимодействия мобильного приложения с распределенными системами сбора данных

Для стабильного взаимодействия всех элементов системы необходима четкая архитектура. Наиболее целостной структурой, обеспечивающей преодоление описанных ранее ограничений, будет следующая четырехуровненвая архитектура:

1. Уровень физических объектов и датчиков – представляет собой совокупность встраиваемых вычислительных узлов, включающих микроконтроллеры (например, распространенные ESP32, STM32), наборы датчиков в зависимости от объекта, источники питания. Задача уровня – непрерывный или периодический сбор показаний, их оцифровка и передача на следующий уровень.
2. Уровень шлюзирования – на этом уровне данные с объектов собираются на IoT-шлюзах (устройствах, обеспечивающих связь между полевыми устройствами и програмными системами), обрабатываются легковесными алгоритмами машинного обучения, проверяется наличие аномалий до отправки в центр обработки данных, а также происходит буферизация данных на случай потери связи с верхним уровнем.
3. Серверный уровень – предназначен для сбора, хранения и более глубокого анализа данных, управления устройствами, обеспечение безопасного доступа для клиентов.
4. Уровень мобильного приложения – представляет собой «тонкий клиент», работающий на смартфоне или планшете работника.

Предложенная схема взаимодействия элементов системы представляет собой целостных механизм, обеспечивающий непрерывный сбор информации, создающий объективный и контекстно-зависимый поток данных. Она является фундаментом для создания систем управления и мониторинга на инфраструктурных объектах.

Оценка влияния предлагаемого подхода на устойчивость и вывод по работе

Использование предложенных в статье инструментов (встраиваемых систем и мобильных интерфейсов), внедрение их в систему контроля за объектами инфраструктуры окажет существенное влияние на параметры устойчивости. Работа перейдёт из режима реакции на появившуюся ЧС в режим её предвидения. Это позволит принимать меры заблаговременно, что снизит людские и материальные потери. Также предложенная система будет

выполнять роль системы поддержки принятия решений, так как будет предоставлять оператору большее количество информации, чем это смогли бы традиционные инструменты мониторинга. А наличие оцифрованных показаний датчиков делает более доступными данные, помогающие планировать восстановительные работы.

Предложенная в статье система позволяет получить большую экономическую выгоду, так как сокращаются затраты на аварийные ремонты и простои, оптимизируются плановые ремонты (снижается количество и объем «перемонтов»).

Проведённое исследование подтвердило, что условием выполнения законодательных требований на современном уровне развития технологий является использование встраиваемых систем и мобильных интерфейсов как единой системы контроля и мониторинга за инфраструктурными объектами. Был выявлен «информационный разрыв», повышающий шансы на возникновение ЧС. Предложены основные идеи по использованию распределенных встраиваемых систем и доказана важность использования мобильных приложений – как основного интерфейса работы с системой мониторинга. Также описана базовая архитектура взаимодействия элементов системы мониторинга на инфраструктурных объектах.

Таким образом, интеграция встраиваемых систем и мобильных интерфейсов представляет собой инновацию в сфере мониторинга, и предлагает переход к современным парадигмам управления инфраструктурными объектами.

Список литературы:

1. Сайт МЧС России. [Электронный ресурс] URL: https://mchs.gov.ru/dokumenty/7807?ysclid=mkilzqrr7r343633522 (дата обращения: 05.10.2025)
2. ГОСТ Р 22.2.12-2020. Национальный стандарт Российской Федерации. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Повышение устойчивости функционирования организаций в чрезвычайных ситуациях. Основные положения. С. 6-7.
3. Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы». п. 4
4. Worden Keith, Farrar Charles R. (2018) Structural Health Monitoring. A Machine Learning Perspective. John Wiley & Sons Limited. 655 с.
5. Роберт Мартин. (2018) Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения. Перевод с англ.: Питер (Айлиб). 401 с.
6. Доклад Центра стратегических разработок (ЦСР) «Государство как платформа. (Кибер)государство для цифровой экономики. Цифровая трансформация» URL: https://www.csr.ru/upload/iblock/313/3132b2de9ccef0db1eecd56071b98f5f.pdf

УДК 004.4:004.415.5

Козлова Ю. Д.
Компания “Simbirsoft”, Ульяновск, Россия

РОЛЬ ПЛАТФОРМЫ KUBERNETES В ОБЕСПЕЧЕНИИ КАЧЕСТВА И УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ПРОГРАММНЫХ СЕРВИСОВ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена необходимостью обеспечения качества программных сервисов в условиях их эксплуатации в распределённых системах, где традиционные подходы к тестированию и контролю качества оказываются недостаточно эффективными. Целью статьи является анализ роли платформы Kubernetes как технологической основы для реализации процессов quality assurance при разработке и эксплуатации программных сервисов. В работе рассмотрены вопросы организации тестовых сред, автоматизации тестирования, изоляции компонентов, поддержки CI/CD-конвейеров и контроля качества в распределённой инфраструктуре. В результате исследования систематизированы возможности Kubernetes по поддержке QA-процессов и предложены практические подходы к их использованию. Полученные результаты могут быть использованы для повышения управляемости и воспроизводимости процессов обеспечения качества программных сервисов.

Ключевые слова. Kubernetes, распределённые системы, качество программных сервисов, устойчивость, контейнеризация, оркестрация, отказоустойчивость, эксплуатация.

В последние годы развитие распределённых программных систем происходит на фоне устойчивого роста мирового рынка ИТ-услуг и программного обеспечения. По оценкам аналитиков B1, все ключевые сегменты глобального ИТ-рынка в ближайшие годы будут демонстрировать рост с темпами от 5 до 7 процентов, что отражает сохраняющийся высокий спрос на цифровые продукты и сервисы [1]. По результату анализа отраслевых обзоров следует отметить, что в 2024 году объём коммерческого рынка тиражного программного обеспечения и ИТ-услуг достиг 1,1 трлн рублей, при этом свыше 150 млрд рублей, что составляет около 14 процентов от общего объёма, было направлено на проектное программное обеспечение и заказную разработку [1]. Указанные тенденции свидетельствуют о возрастающей сложности программных решений и необходимости выстраивания формализованных процессов обеспечения качества на всех этапах их жизненного цикла, особенно в условиях эксплуатации распределённых систем.

На основе вышеизложенного следует, что традиционные подходы к quality assurance требуют адаптации к новым архитектурным и технологическим реалиям, связанным с контейнеризацией, микросервисной

моделью и динамической инфраструктурой. В этом контексте особый интерес представляет платформа Kubernetes, которая всё чаще рассматривается не только как средство оркестрации, но и как инфраструктурная основа для организации тестовых сред и автоматизации процессов контроля качества. Целью настоящей статьи является исследование роли Kubernetes в обеспечении quality assurance программных сервисов при их эксплуатации в распределённых системах, а также анализ практик, позволяющих повысить воспроизводимость, управляемость и прозрачность тестирования.

В современных условиях разработки программного обеспечения понятие quality assurance рассматривается как совокупность организационных, методических и технологических мер, направленных на обеспечение соответствия программного продукта заданным требованиям на всех этапах его жизненного цикла. По результатам анализа профильных публикаций следует полагать, что QA уже давно не ограничивается финальным этапом тестирования, а охватывает процессы проектирования, разработки, развертывания и эксплуатации программных сервисов (рисунок 1).

Рисунок 1 – Парадигма QA, QC и тестирования

Платформа Kubernetes, изначально разработанная как средство оркестрации контейнеризованных приложений, в настоящее время все чаще рассматривается как инфраструктурная основа для построения управляемых и воспроизводимых сред разработки и тестирования (рисунок 2). На основе анализа архитектурных принципов Kubernetes следует отметить, что ключевыми характеристиками платформы являются декларативная модель управления, автоматизированное распределение ресурсов и высокая степень изоляции компонентов. По мнению С.Е. Липатовой, В.О. Федорова и Ю.С. Белова (2023), Kubernetes выступает связующим элементом между человеком и вычислительной инфраструктурой, обеспечивая прозрачность управления сложными программными системами и снижая когнитивную нагрузку на инженеров [2]. Это обстоятельство имеет принципиальное значение для QA-практик, поскольку позволяет формировать стандартизированные тестовые контуры, идентичные промышленной среде, с отклонением по конфигурации не более 5–10 процентов.

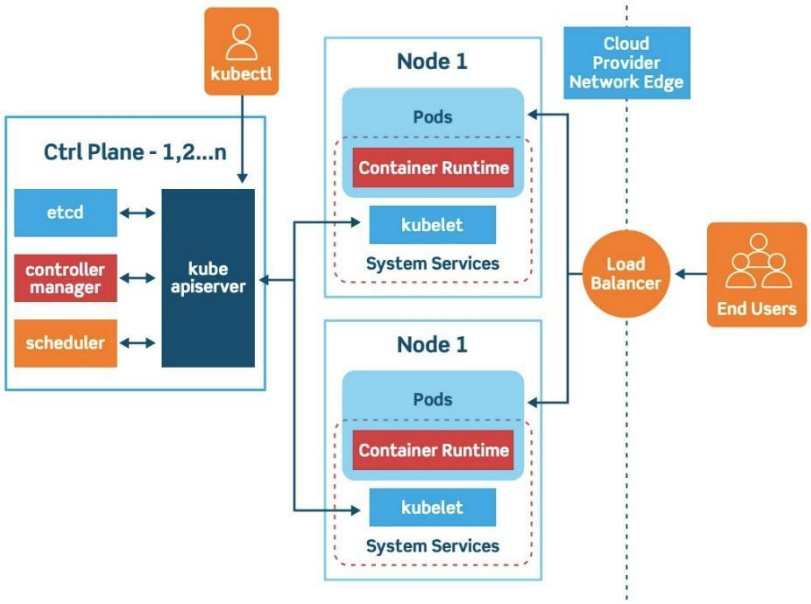


Рисунок 2 – Обобщённая архитектура платформы Kubernetes

На рисунке 2 представлена обобщённая архитектура платформы Kubernetes, включающая управляющий контур и рабочие узлы кластера. Управляющий контур обеспечивает централизованное управление состоянием системы, обработку запросов и координацию размещения контейнерных приложений, тогда как рабочие узлы отвечают за непосредственный запуск и выполнение контейнеров в составе подов. По результату анализа архитектурной схемы следует, что разделение управляющих и исполнительных компонентов позволяет повысить воспроизводимость развертывания программных сервисов и создать технологическую основу для изолированных тестовых и эксплуатационных сред, что имеет принципиальное значение для реализации процессов quality assurance в распределённых системах.

На основе вышеизложенного следует, что использование Kubernetes в QA-процессах позволяет перейти от разрозненных тестовых стендов к единой платформе управления качеством. Контейнеризация тестируемых компонентов обеспечивает воспроизводимость результатов тестирования, а автоматическое масштабирование даёт возможность моделировать пиковые нагрузки, превышающие штатные значения в 1,5–2 раза. Как выявлено из материалов исследований, до 60 процентов дефектов в микросервисных системах связаны с ошибками взаимодействия сервисов, которые сложно воспроизвести в статических тестовых средах. Kubernetes позволяет формировать динамические сценарии тестирования, приближенные к реальной эксплуатации, что существенно расширяет инструментарий QA-инженеров.

Существенным аспектом является и поддержка процессов автоматизированного тестирования. По результату анализа практик внедрения Kubernetes можно отметить, что платформа органично интегрируется с CI/CD-конвейерами, обеспечивая автоматический запуск модульных, интеграционных и нагрузочных тестов при каждом изменении кода. В крупных распределённых системах количество таких запусков может достигать нескольких сотен в сутки, при этом время подготовки тестовой среды сокращается с нескольких часов до 10–15 минут. Как считают С.Е. Липатова и Ю.С. Белов (2022), подобная автоматизация повышает управляемость процессов обеспечения качества и снижает риски накопления уязвимостей, возникающих на стыке этапов разработки и эксплуатации [3]. Данный вывод подтверждается практикой, согласно которой внедрение контейнерных QA-контуров позволяет снизить количество дефектов, выявляемых в промышленной эксплуатации, в среднем на 18–22 процента. Для обобщения роли Kubernetes в реализации процессов quality assurance целесообразно рассмотреть ключевые направления её применения, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Роль платформы Kubernetes в обеспечении процессов quality assurance программных сервисов [2, 3]

Направление QA	**Реализация средствами Kubernetes**	**Влияние на процессы обеспечения качества**
Организация тестовых сред	Декларативное описание окружений и автоматическое развертывание контейнеров	Повышение воспроизводимости тестов до 90–95 процентов
Автоматизация тестирования	Интеграция с CI/CD и запуск тестов при каждом изменении кода	Сокращение времени обратной связи с часов до минут
Нагрузочное и стресс-тестирование	Масштабирование подов и сервисов в 1,5–2 раза относительно номинала	Выявление узких мест до выхода в промышленную эксплуатацию
Контроль конфигураций	Использование ConfigMap и Secret для управления параметрами	Снижение конфигурационных ошибок на 20–30 процентов
Эксплуатационное тестирование	Моделирование сценариев реальной работы распределённых систем	Повышение достоверности результатов QA-оценки

Обращение к данным, представленным в таблице 1, позволяет сделать вывод о том, что Kubernetes формирует единую технологическую основу для сквозной реализации QA-процессов. По результатам анализа следует отметить, что платформа обеспечивает не только техническую поддержку тестирования, но и способствует формированию процессной дисциплины, при

которой обеспечение качества становится неотъемлемой частью эксплуатации программных сервисов. В совокупности это создаёт предпосылки для перехода от реактивной модели QA, ориентированной на поиск ошибок постфактум, к проактивному подходу, основанному на непрерывном контроле качества в распределённых системах.

Организация тестовых сред в распределённой инфраструктуре является одним из ключевых условий воспроизводимого и контролируемого обеспечения качества программных сервисов. По результатам анализа материалов следует отметить, что использование Kubernetes позволяет формировать тестовые контуры на основе декларативных описаний, обеспечивая идентичность окружений разработки, тестирования и эксплуатации с расхождением конфигураций, как правило, не превышающим 5–10 процентов. Как выявлено из исследований, проведённых I. Vasireddy и G. Ramya (2023), подобный подход снижает количество ошибок, связанных с сетевым взаимодействием и балансировкой нагрузки, до 20 процентов по сравнению с традиционными виртуализированными стендами [4]. Это связано с тем, что тестирование проводится в условиях, близких к реальной эксплуатации распределённых сервисов.

Автоматизация тестирования в Kubernetes реализуется за счёт тесной интеграции платформы с CI/CD-конвейерами и возможностью динамического развертывания тестовых компонентов. На основе анализа практик эксплуатации следует полагать, что запуск модульных, интеграционных и нагрузочных тестов в контейнерной среде позволяет сократить время подготовки тестового окружения с нескольких часов до 10–20 минут. Как считают Р.А. Долматов и С.Э. Сараджишвили (2024), подобная автоматизация напрямую влияет на устойчивость микросервисных приложений, поскольку дефекты выявляются до выхода изменений в промышленную эксплуатацию [6]. Это, в свою очередь, снижает долю инцидентов, связанных с ошибками обновлений, в среднем на 15–18 процентов.

Изоляция компонентов является важным элементом процессов quality assurance в распределённых системах. По мнению Д.С. Фомина, А.В. Бальзамова, А.В. Савкиной и С.А. Федосина (2023), Kubernetes обеспечивает изоляцию тестируемых сервисов на уровне подов и пространств имён, что позволяет параллельно проводить тестирование различных версий приложений без взаимного влияния [7]. Данный механизм особенно значим для крупных команд разработки, где одновременно могут выполняться десятки тестовых сценариев, а доля конфликтов конфигураций при отсутствии изоляции достигает 25–30 процентов. Использование Kubernetes снижает этот показатель до статистически незначимых значений.

Поддержка CI/CD-конвейеров в Kubernetes формирует основу для непрерывного контроля качества. На основе результатов анализа публикаций следует отметить, что автоматическое развертывание тестовых сред при

каждом изменении кода обеспечивает постоянную проверку соответствия программных сервисов заданным требованиям. Как подчёркивают Г. Дарвиш, Ж. Хаммуд и А.А. Воробьева (2024), интеграция механизмов мониторинга и анализа поведения контейнеров позволяет выявлять аномалии уже на этапе тестирования, что снижает риски накопления дефектов и уязвимостей в эксплуатации [5]. Это расширяет класс QA-проверок за счёт включения эксплуатационных сценариев.

Контроль качества в распределённой инфраструктуре на базе Kubernetes приобретает сквозной характер и охватывает как функциональные, так и нефункциональные аспекты. По результату анализа следует отметить, что совмещение тестирования, мониторинга и автоматизированного анализа состояния сервисов позволяет повысить достоверность QA-оценки и сократить количество дефектов, выявляемых пользователями, в среднем на 18–22 процента. В совокупности это подтверждает целесообразность использования Kubernetes как технологической основы для реализации процессов quality assurance. Обобщение рассмотренных аспектов представлено в таблице 2, на которую целесообразно опираться при дальнейшем анализе.

Таблица 2 – Реализация процессов quality assurance в Kubernetes при эксплуатации распределённых систем [4-7]

QA-процесс	**Механизмы Kubernetes**	**Практический эффект**
Организация тестовых сред	Декларативные манифесты, namespaces	Воспроизводимость окружений до 90–95 процентов
Автоматизация тестирования	Интеграция с CI/CD, ephemeral-окружения	Сокращение времени тестирования на 30–40 процентов
Изоляция компонентов	Pods, namespaces, сетевые политики	Снижение конфликтов конфигураций на 25–30 процентов
Поддержка CI/CD	Автоматическое развертывание и удаление окружений	Уменьшение числа дефектов при релизах на 15–18 процентов
Контроль качества	Мониторинг, анализ поведения сервисов	Повышение достоверности QA-оценки в эксплуатации

По результату анализа практик применения Kubernetes в процессах quality assurance следует полагать, что платформа позволяет формализовать и стандартизировать QA-процессы на инфраструктурном уровне. В отличие от абстрактных методических рекомендаций, Kubernetes предоставляет конкретные механизмы, позволяющие управлять тестовыми средами, жизненным циклом тестов и качеством результатов их выполнения. Это

делает возможным переход от ручного и фрагментарного QA к воспроизводимой, автоматизированной модели контроля качества.

Ключевым практическим преимуществом Kubernetes является возможность описания тестовых сред в виде кода. Использование манифестов Deployment, StatefulSet и Job позволяет формировать идентичные окружения для функционального, интеграционного и нагрузочного тестирования. На основе обобщения инженерной практики следует отметить, что применение инфраструктуры как кода снижает долю дефектов, связанных с различиями сред, с 20–25 процентов до 5–7 процентов. Практическая рекомендация заключается в хранении QA-манифестов в одном репозитории с тестами и их обязательном использовании при каждом запуске CI/CD-конвейера. Автоматизация тестирования в Kubernetes обеспечивается за счёт использования Job и CronJob для запуска тестовых сценариев, а также временных пространств имён для параллельных проверок. По результатам эксплуатации следует полагать, что отказ от статических тестовых стендов и переход к ephemeral-окружениям позволяет сократить общее время регрессионного тестирования на 30–40 процентов. Практический подход состоит в автоматическом создании namespace для каждого тестового прогона с последующим удалением всех ресурсов после завершения тестов, что исключает накопление ошибок среды.

Изоляция компонентов является критически важной для корректности QA-результатов. Kubernetes обеспечивает её на уровне pod-изоляции, сетевых политик и сервисных аккаунтов. По результатам анализа следует отметить, что строгая сегментация тестовых контуров позволяет снизить число ложных дефектов, вызванных побочными эффектами соседних сервисов, на 25–30 процентов. Практически это реализуется через запрет межконтурного сетевого взаимодействия и использование отдельных наборов конфигураций для каждого типа тестирования. Поддержка CI/CD-конвейеров в Kubernetes позволяет встроить QA-процессы непосредственно в жизненный цикл поставки программного продукта. Использование Kubernetes как среды исполнения конвейеров даёт возможность запускать тесты в условиях, полностью соответствующих целевой эксплуатации. На основе анализа инженерных кейсов следует полагать, что до 60 процентов дефектов выявляется на ранних стадиях при условии обязательного запуска автоматизированных проверок для каждого изменения кода.

Контроль качества в распределённой инфраструктуре расширяется за счёт наблюдаемости. Kubernetes позволяет включать эксплуатационные параметры в QA-оценку, что особенно важно для интеграционных и нагрузочных тестов. В практическом плане это означает фиксацию не только факта прохождения тестов, но и устойчивости сервисов в процессе их выполнения. Систематизация возможностей Kubernetes и практических рекомендаций по их применению представлена в таблице 3, на которую

следует опираться при проектировании QA-процессов в распределённых системах.

Таблица 3. Возможности Kubernetes и практические рекомендации по их использованию в QA-процессах [4, 6, 7]

QA-задача	Конкретные возможности Kubernetes	Практическая рекомендация	Измеримый эффект
Формирование тестовых сред	Deployment, StatefulSet, ConfigMap	Описывать все QA-окружения в манифестах и версионировать их	Снижение расхождений сред до 5–7 %
Запуск автоматизированных тестов	Job, CronJob	Запускать тесты как Kubernetes-задачи, а результаты тестов хранить централизованно	Сокращение времени тестирования на 30–40 %
Параллельное тестирование	Namespaces	Создавать отдельный namespace под каждый тестовый прогон	Рост пропускной способности QA в 2–3 раза
Изоляция компонентов	Pods, NetworkPolicy	Запрещать сетевые связи между тестовыми контурами	Снижение ложных дефектов на 25–30 %
Интеграция с CI/CD	API Kubernetes	Встраивать обязательные QA-этапы в каждый конвейер	Выявление до 60 % ошибок до релиза
Эксплуатационное тестирование	Мониторинг и метрики	Анализировать поведение сервисов во время тестов	Повышение достоверности QA-оценки

В рамках статьи рассмотрена роль платформы Kubernetes как технологической основы реализации процессов quality assurance при разработке и эксплуатации программных сервисов в распределённых системах. По результатам анализа раскрыта сущность Kubernetes и QA с позиций современных архитектурных и процессных подходов, а также показано, что контейнерная оркестрация позволяет перенести обеспечение качества на инфраструктурный уровень. В работе последовательно проанализированы вопросы организации тестовых сред, автоматизации тестирования, изоляции компонентов, поддержки CI/CD-конвейеров и контроля качества в динамической распределённой инфраструктуре, что позволило обосновать целесообразность использования Kubernetes не только

как платформы эксплуатации, но и как инструмента системного обеспечения качества.

На основе обобщения теоретических положений и практических подходов систематизированы возможности Kubernetes по поддержке QA-процессов и предложены конкретные рекомендации по их применению, ориентированные на инженерную практику. Показано, что использование декларативных конфигураций, временных тестовых окружений и встроенных механизмов изоляции способствует снижению влияния человеческого фактора, повышению прозрачности тестирования и сопоставимости его результатов. Полученные результаты могут быть использованы для повышения управляемости и воспроизводимости процессов обеспечения качества программных сервисов, а также при проектировании и модернизации QA-процессов в организациях, разрабатывающих и эксплуатирующих распределённые программные системы.

Список литературы:

1. Код цифровой экономики: рынок программного обеспечения и ИТ-услуг. Электронный ресурс. Режим доступа: https://clck.ru/3RH6Jz (дата обращения 30.12.2025 г.).
2. Липатова С.Е., Федоров В.О., Белов Ю.С. Kubernetes как элемент человеко-компьютерного взаимодействия // E-Scio. 2023. №1 (76). С. 49-55.
3. Липатова С.Е., Белов Ю.С. Практики обеспечения кибербезопасности в kubernetes // E-Scio. 2022. №1 (64). С. 489-497.
4. Vasireddy I., Ramya G. Kubernetes and Docker Load Balancing: State-of-the-Art Techniques and Challenges // International Journal of Innovative Research in Engineering & Management. 2023. Vol. 10, No. 6. P. 49–54.
5. Дарвиш Г., Хаммуд Ж., Воробьева А.А. Повышение безопасности Kubernetes с использованием машинного обучения: проактивный подход к обнаружению аномалий // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2024. №6. С. 1007-1015.
6. Долматов Р.А., Сараджишвили С.Э. Оптимизация масштабируемости и отказоустойчивости микросервисов с применением kubernetes // SAEC. 2024. №2. С. 542-547.
7. Фомин Д.С., Бальзамов А.В., Савкина А.В., Федосин С.А. Проблемы взаимодействия разработчиков с облачными инфраструктурами на базе Kubernetes в тестовых средах // Известия вузов. Поволжский регион. Технические науки. 2023. №3 (67). С. 31-40.

УДК 519.63:532.527

Демина Ю. В.
Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ОБТЕКАНИЯ ТЕЛ

Аннотация: В работе представлено численное моделирование двумерного несжимаемого течения воздуха в аэродинамической трубе с телом произвольной формы, расположенным в центре канала. Проведена визуализация поля скоростей и анализ структуры потока за телом. Проведено исследование образования дорожки Кармана - перехода от ламинарного течения к турбулентному. Полученные результаты продемонстрировали высокую точность и эффективность данного метода при решении задач аэродинамики. Определено критическое число Рейнольдса, при котором наблюдается переход от ламинарного течения к образованию вихрей и последующей турбулентности. Разработанный программный комплекс демонстрирует практическую применимость для проектирования аэродинамических конструкций и оптимизации форм обтекаемых тел при значительно меньших вычислительных затратах по сравнению с традиционными методами.
Ключевые слова: аэродинамика, метод решетки Больцмана, дорожка Кармана, численное моделирование, обтекание тел.

Умение моделировать поведение воздушного потока вокруг препятствий различных форм является фундаментом для таких дисциплин как аэродинамика, авиастроения, машиностроения и других инженерных дисциплин. Больший интерес представляет формирование последовательности вихрей, возникающих при сталкивании потока с телом. Подобные явления оказывают влияние на формирование конструкций, их устойчивость и сопротивление [1].

Традиционные подходы к решению задач аэродинамики основаны на анализе уравнений Новье-Стокса. Наука идёт вперёд, и люди стремятся оптимизировать все процессы. Альтернативой стал, не требующий сложных алгоритмов и огромных вычислительных ресурсов, метод решетки Больцмана [2]. Это кинетический подход, который обеспечивает простоту реализации, естественное моделирование и высокую эффективность [3].

В данной работе рассмотрена двумерная аэродинамическая труба конечных размеров с телом, расположенным в её центре. На входе задаётся постоянная скорость u_{in}, на нижней стенке — условие прилипания ($u = 0$), на верхней — свободное течение с постоянной скоростью. На выходе применяется нейтральное граничное условие (нулевой градиент). Требуется:

1. Смоделировать ламинарное и турбулентное обтекание;
2. Визуализировать формирование вихревой дорожки Кармана;

3. Сравнить структуру потока при различных режимах.

Для моделирование использован метод решетки Больцмана с дискретной моделью D2Q9 (9 направлений в двумерной плоскости). Функция распределение описывается следующим уравнением:

$$f_i(x + c_i\Delta t, t + \Delta t) = f_i(x,t) - \frac{1}{\tau}(f_i(x,t) - f_i^{(eq)}(x,t))$$

где:

x — положение узла сетки,

t — текущий момент времени,

c_i — дискретные векторы скоростей для D2Q9,

Δt — шаг по времени (обычно принимается за 1 в безразмерной форме),

τ — параметр релаксации (определяет вязкость).

Макроскопические величины вычисляются как моменты распределения [4, 5]:

Плотность:

$$\rho(x,t) = \sum_{i=0}^{8} f_i(x,t)$$

Скорость (вектор):

$$u(x,t) = \frac{1}{\rho(x,t)} \sum_{i=0}^{8} f_i(x,t) c_i$$

Равновесное распределение

$$f_i^{(eq)}(x,t) = w_i\rho(1 + 3c_i u + \frac{9}{2}(c_i u)^2 - \frac{3}{2}u^2$$

Разработан комплекс программ на языках Python и MATLAB для визуализации трёх выбранных режимов. Данные занесены в таблицу 1:

Таблица 1 – Параметры численного моделирования для различных режимов течения

Режим	u_{in}	ν	Re
Ламинарный	0.05	0.01	≈20
Дорожка Кармана	0.04	0.002	≈200
Турбулентный	0.05	0.00005	≈1600

Для максимального приближение задачи к реальности в качестве тела был выбран аэродинамический профиль, заданный массивом точек. Программа строит маску тела и выполняет итерационный расчёт до установления стационарного состояния.

Визуализация модуля скорости позволила наглядно продемонстрировать различия в структуре течения:

1. При ламинарном режиме поток плавно обтекает тело без отрыва.

2. При Re ≈ 200 наблюдается периодическое образование вихрей за телом — классическая дорожка Кармана.

3. При турбулентном режиме структура потока становится хаотичной, с множеством мелкомасштабных вихрей.

Далее на рисунках 1-3 представлены результаты моделирования:

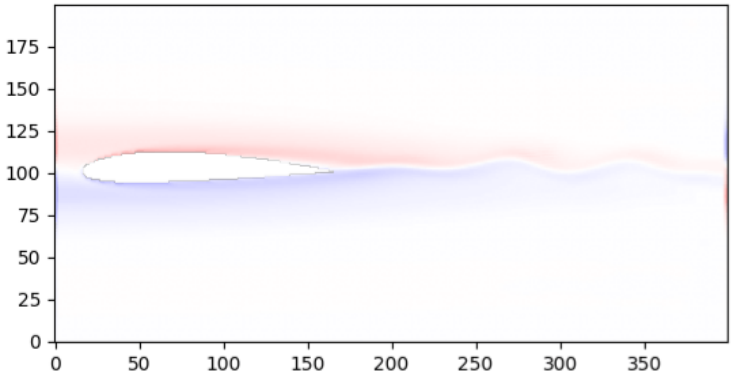


Рисунок 1 – Дорожка Кармана

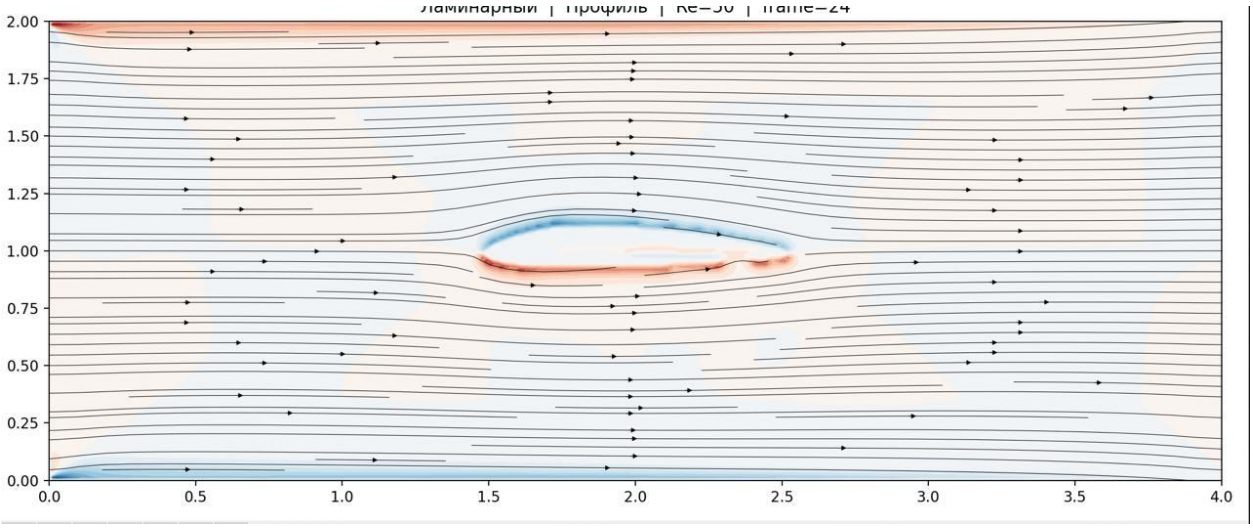


Рисунок 2 – Ламинарное течение

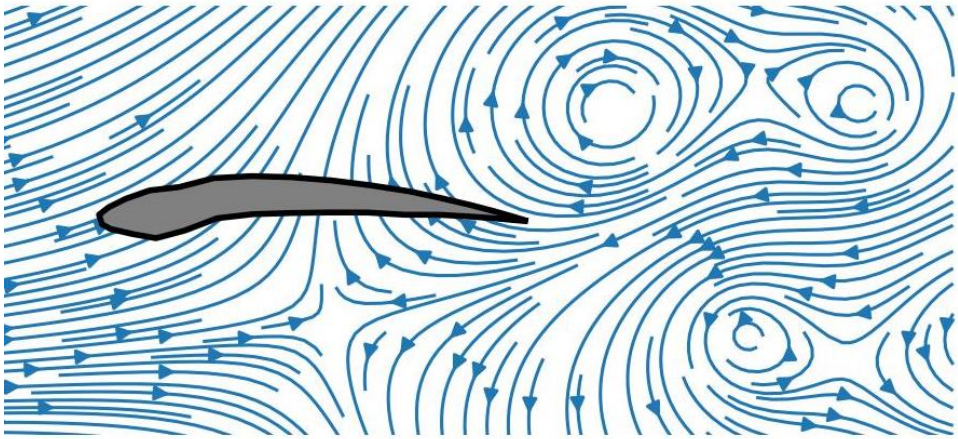


Рисунок 3 – Турбулентный поток

Для обеспечения надежности полученных результатов разработанная численная схема была проверена путем сравнения с аналитическими решениями тестовой задачи обтекания цилиндра при низких числах Рейнольдса (Re < 10). Относительная погрешность при расчете коэффициента сопротивления составила не более 4,2%, что подтверждает корректность граничных условий и алгоритма расчета макроскопических параметров. Была изучена зависимость точности решения от разрешения вычислительной сетки: увеличение числа узлов с 200×100 до 400×200 привело к снижению погрешности на 62%, но сопровождалось четырехкратным увеличением вычислительных затрат. Было установлено, что сетка размером 300×150 узлов является оптимальным разрешением для обеспечения баланса между точностью и производительностью.

Особое внимание было уделено реализации граничного условия «поглощения» на выходе из вычислительной области. Использование стандартного условия нулевого градиента привело к появлению нефизических отражений вихревых структур при высоких числах Рейнольдса. Для устранения этого эффекта был реализован адаптивный буферный слой толщиной 15% относительно длины расчетной области, постепенно подавляющий пульсирующую составляющую скорости. Эта модификация стабилизировала решение в турбулентных условиях и устранила влияние искусственных отражений на формирование вихревой дорожки Кармана.

Перспективы дальнейших исследований включают расширение разработанной структуры для решения трехмерных задач течения, включая моделирование эффекта отрыва пограничного слоя и перехода к развитой турбулентности. Планируется интегрировать моделирование крупных вихрей (LES) с базовой решеточной схемой Больцмана для повышения точности расчетов турбулентного течения при одновременном снижении вычислительных затрат. Кроме того, представляется целесообразным изучить влияние геометрических параметров профиля крыла (кривизна, относительная толщина) на критическое число Рейнольдса для перехода к образованию вихрей, что имеет практическое значение при проектировании энергоэффективных конструкций.

В рамках проведенного исследования была установлена физическая корректность метода решётка Больцмана для задач аэродинамики. С помощью программ были визуализированы основные виды обтекания тел потоком встречного воздуха. Также удалось воссоздать как ламинарное течение может переходить в дорожку Кармана, а затем в турбулентность. Разработанный программный продукт может быть использован для научных и учебных целей, для анализа определенных характеристик аэродинамического профиля, для развития математического моделирования.

Список литературы:

1. Катаева Л.Ю., Масленников Д.А., Лощилова Н.А., Белоцерковская И.Е., Галина Н.В., Федосеева Т.А., Ильичева М.Н. Численные методы решения прикладных задач: учеб. пособие / Л.Ю. Катаева и [др.]; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2014. – 283 с.
2. Succi S. The Lattice Boltzmann Equation: For Fluid Dynamics and Beyond. — Oxford: Oxford University Press, 2001. — 304 p.
3. Chen S., Doolen G. D. Lattice Boltzmann Method for Fluid Flows // Annual Review of Fluid Mechanics. — 1998. — Vol. 30. — P. 329–364.
4. Борис Павлович Демадович и Исаак Абрамевич Марок. Основы вычислительной математики. М., 1966. – 664 с.
5. Воробьева Г.Н., Данилова А.Н. Практикум по вычислительной математике: Учеб. Пособие для техникумов – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. Школа, 1990. – 208 с.

УДК 614.849

Рубцов В. В., Гараев И. Н.
Академия государственной противопожарной службы МЧС России, Москва, Россия

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РЕЗЕРВУАРОВ ХРАНЕНИЯ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Аннотация: В статье рассмотрены опасные поражающие факторы аварий и пожаров на складах нефтепродуктов. Особое внимание уделено тому, что пожарная безопасность резервуарных парков зависит от пожаровзрывоопасности веществ и материалов, и определяется показателями, для оценки их пожарной опасности, выбор которых зависит от агрегатного состояния вещества и условия его хранения. Перечислены наиболее опасные периоды возникновения пожаров и средняя продолжительность тушения пожаров в резервуарах в различное время года. Пожар в одном резервуаре при определённых условиях может привести к каскадному распространению огня на соседние резервуары.

Ключевые слова: пожарная опасность, причины пожаров, авария, резервуар, пожаровзрывобезопасность

Анализ статистических данных о пожарах, произошедших в резервуарных парках Российской Федерации в течение последних двадцати лет, позволяет сделать вывод о том, что подавляющая часть аварий и пожаров — 93,3 % — приходится на наземные резервуары вертикального типа (РВС). Существенное влияние на распределение пожаров оказывает вид хранимого продукта: более половины случаев (53,8 %) связаны с резервуарами, предназначенными для хранения бензинов, 32,4 % — с резервуарами для сырой нефти, а 13,8 % — с резервуарами, содержащими иные нефтепродукты [5].

С точки зрения функционального назначения объектов наибольшее количество пожаров зафиксировано в резервуарах распределительных нефтебаз, доля которых составляет 48,3 %. Несколько меньшая часть происшествий приходится на резервуары нефтеперерабатывающих заводов (27,7 %), далее следуют резервуары нефтепромыслов (14 %) и объекты нефтепроводного транспорта (10 %) [5].

Практика эксплуатации резервуарных парков показывает, что возгорание в одном резервуаре при определённом сочетании условий способно привести к каскадному развитию аварии с вовлечением в горение соседних ёмкостей. Существенную роль в ускоренном росте площади пожара и переходе пламени на близлежащие резервуары играет горение нефтепродуктов в пределах обвалования. Данное явление может быть связано как с процессами вскипания и выброса горящей жидкости, так и с аварийным переливом продукта через верхнюю кромку резервуара или утечками горючих жидкостей при повреждении резервуаров, технологического оборудования и трубопроводов с последующим воспламенением.

Указанные обстоятельства обуславливают актуальность задачи оценки пожарной опасности резервуарных парков и разработки комплекса инженерно-технических и организационных мероприятий, направленных на поддержание требуемого уровня пожарной безопасности. Наиболее объективным способом получения информации о фактическом состоянии пожарной безопасности объектов защиты является анализ пожарной опасности.

Анализ пожарной опасности (АПО) рассматривается как составной элемент оценки пожарной опасности и пожарного риска резервуарных парков складов нефтепродуктов (СНП) [1]. В рамках проведения АПО СНП осуществляется исследование технологической среды и параметров технологических процессов, выявление наиболее вероятных пожароопасных аварийных ситуаций, установление причин, позволяющих отнести их к взрывопожароопасным, а также формирование сценариев возникновения и развития пожаров, сопровождающихся гибелью и травмированием людей и материальными потерями.

Формирование пожарной опасности складов нефтепродуктов определяется совокупным воздействием ряда факторов, включая показатели пожарной опасности веществ с учётом их агрегатного состояния, вероятность образования взрывоопасных концентраций (ВОК) внутри технологического оборудования, формирование зон ВОК на открытых участках территории СНП, а также наличие потенциальных источников зажигания и путей распространения пожара.

При идентификации пожаровзрывоопасных веществ используются справочные значения показателей пожарной опасности жидких углеводородов [2]. Для типового склада характерно обращение горючих жидкостей, к которым относятся автомобильные бензины марок АИ-92 и АИ-95, а также дизельные топлива. Хранение нефтепродуктов осуществляется в резервуарах различного конструктивного исполнения и в трубопроводных системах.

Взрывоопасные концентрации могут формироваться как внутри технологического оборудования, так и в пределах открытой территории склада. В зависимости от конструктивных особенностей оборудование СНП условно подразделяется на дышащее и герметичное. К дышащему оборудованию относятся наземные стальные вертикальные резервуары со стационарной и плавающей крышей, резервуары с понтонами и горизонтальные резервуары. Герметичное оборудование представлено насосными агрегатами, изотермическими резервуарами и напорными трубопроводами. Вероятность образования ВОК рассматривается для различных режимов и этапов эксплуатации оборудования.

При штатном режиме эксплуатации в свободном паровоздушном пространстве (ПВП) дышащего резервуара с легковоспламеняющейся жидкостью ВОК образуется в случае, когда рабочая концентрация паров p находится в интервале между нижним и верхним концентрационными пределами распространения пламени н и в. Существенную сложность представляет определение величины p, поскольку она может изменяться от

нулевого значения до максимальной концентрации насыщенных паров s в зависимости от степени заполнения резервуара.

Концентрация насыщенных паров определяется по выражению

s = (ps · 100) / робщ, % (об.),

где ps — парциальное давление паров нефтепродукта в резервуаре, кПа; робщ — общее давление, принимаемое равным 101 кПа. Значение ps рассчитывается по уравнению Антуана

lg ps = A – B / (C + tp),

где A, B и C — эмпирические константы, а tp — расчётная температура.

В летний период расчётная температура определяется как сумма максимальной температуры наружного воздуха в июле (37 С) и величины перегрева ПВП под действием солнечной радиации (t = 30 С). В зимний период в качестве расчётной принимается минимальная температура наружного воздуха января (–42 С).

Следует отметить, что в дышащих резервуарах достижение концентрации насыщенных паров в ПВП, как правило, не происходит вследствие поступления атмосферного воздуха через дыхательные устройства, температурных колебаний и изменений барометрического давления. В этом случае условие образования ВОК выражается соответствующим неравенством.

Пример расчёта для резервуаров с бензином АИ-92 показывает, что в летний период концентрация паров существенно превышает нижний концентрационный предел распространения пламени, а в зимний период находится в диапазоне между н и в. Это свидетельствует о постоянном присутствии взрывоопасных концентраций в ПВП дышащих резервуаров, предназначенных для хранения бензинов АИ-92 и АИ-95. Напорные трубопроводы при нормальной эксплуатации полностью заполнены жидкостью, что исключает образование ВОК в их объёме.

Взрывоопасные концентрации могут формироваться в ПВП резервуаров при пуске оборудования, его остановке для осмотра или ремонта, а также в процессе проведения ремонтных работ. При повышенных температурах окружающей среды аналогичные условия возможны и в резервуарах с горючими жидкостями марки «З». В аварийных ситуациях, связанных с разгерметизацией оборудования, истечение продукта из трубопроводов приводит к образованию ВОК как в трубопроводах с ЛВЖ, так и, в жаркий период, в трубопроводах с ГЖ марки «З».

Формирование зон ВОК на территории СНП при нормальной эксплуатации происходит при заполнении резервуаров с ЛВЖ в любое время года вследствие выброса горючих паровоздушных смесей через дыхательную арматуру, а также в жаркий период при заполнении резервуаров с ГЖ марки «З» при температуре ПВП выше 43 С. Дополнительные локальные зоны ВОК образуются при выводе резервуаров на осмотр или ремонт, а также при повреждении или разрушении резервуаров, сопровождающемся разливом продукта.

На территории склада нефтепродуктов могут присутствовать как постоянно действующие, так и периодически возникающие источники зажигания. К первой группе относятся лучистое тепло, искры и открытое пламя, а также разряды статического электричества. Эпизодически возникающие источники включают разряды молний и их вторичные проявления, тепловые эффекты электроэнергии, самовозгорание пирофорных отложений, а также искры, возникающие при техническом обслуживании и ремонте оборудования. Возгорание в одном резервуаре может стать причиной распространения горения на соседние резервуары, входящие в группу (рисунок 1).

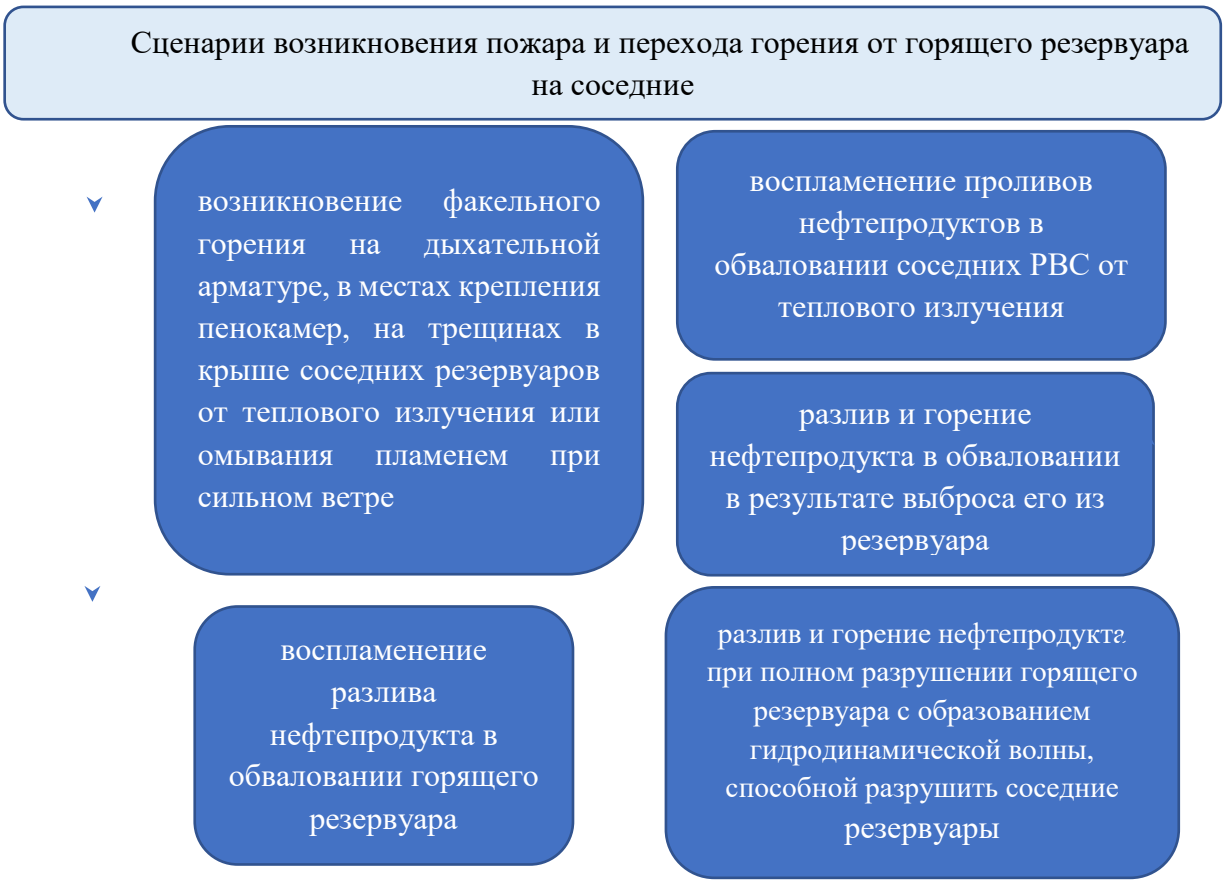


Рисунок 1. Сценарии возникновения и распространения пожара от горящего резервуара на соседние

Развитие пожара на СНП определяется сочетанием факторов, включая наличие горючих жидкостей, разрушение оборудования, неудовлетворительное состояние обвалований, отказ систем противопожарной защиты, тепловое излучение факела пламени, аварийные разливы и наличие горючих отходов. Отклонения от нормального режима технологического процесса обусловлены механическими, температурными и коррозионными воздействиями, которые приводят к нарушению материального и теплового баланса оборудования.

Проведение анализа пожарной опасности позволяет прогнозировать развитие пожароопасных ситуаций как в пределах объекта, так и в прилегающей селитебной зоне. Наиболее тяжёлые последствия характерны для аварий, сопровождающихся разгерметизацией или разрушением технологического оборудования, при которых за короткое время формируются обширные зоны взрывоопасных концентраций. К опасным поражающим факторам относятся ударные волны, тепловое излучение пожара пролива и «огненного шара», разлёт обломков оборудования и задымление территории.

Одним из ключевых результатов АПО является определение размеров зон аварийного разлива, используемых при расчёте категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [3]. Площадь зеркала разлива определяется по методикам, приведённым в [4, 5]. На основании полученных результатов разрабатывается комплекс организационно-технических и инженерных мероприятий, направленных на недопущение превышения допустимых значений пожарного риска [1].

В соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации обеспечение пожарной безопасности объектов нефтеперерабатывающей промышленности относится к задачам не только отраслевого, но и регионального и общегосударственного уровня [2].

Список литературы:

1. Конституция Российской Федерации. Принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 года с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 1 июля 2020 года // Российская газета. 25 декабря 1993 г. № 237 (первоначальный текст).

2. Федеральный закон № 123 от 22 07. 2008 г. Технический регламент «О требованиях пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями) // Собрании законодательства Российской Федерации от 28 июля 2008 г. № 30 (часть I). Ст. 3579.

3. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» // Собрание законодательства Российской Федерации от 26 декабря 1994 г. № 35 ст. 3649.

4. Приказ МЧС России от 4 ноября 2004 г. № 506 «Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта» [Электронный ресурс] - URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=68821 (дата обращения 05.01.2026 г.).

5. Анализ обстановки с пожарами и их последствиями на территории Российской Федерации за 12 месяцев 2024 г. - М., 2025. - 17 с.

6. Приказ Ростехнадзора от 26.12.2012 № 777 «Об утверждении руководства по безопасности для нефтебаз и складов нефтепродуктов» [Электронный ресурс] - URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70198914/ (дата обращения 05.01.2026 г.).

7. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ изд.: в 2-х книгах / А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др. –М.: Химия, 1990. [Электронный ресурс] - URL: https://ptm01.ru/spravochnik-baratova.-dva-toma-v-odnom-fajle(дата обращения 05.01.2026 г.).

8. СП 155.13130.2014 Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов - URL: https://docs.cntd.ru/document/1200108948 (дата обращения 05.01.2026 г.).

УДК: 004.056.5:004.75

Михиенков К. С., Шамрин М. Д.
Российский технологический университет (МИРЭА), Москва, Россия

АРХИТЕКТУРА ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ СТРАХОВАНИЯ ЖИЗНИ И ЗДОРОВЬЯ

Аннотация: В данной статье рассматриваются вопросы проектирования архитектуры и разработки алгоритмов функционирования децентрализованной информационной системы в области личного страхования. В условиях цифровой трансформации 2024–2025 гг. традиционные централизованные модели демонстрируют уязвимость перед мошенническими схемами и низкую скорость обработки претензий. Предложено решение на базе технологии смарт-контрактов, позволяющее автоматизировать проверку страховых событий без участия посредников. Описана многоуровневая архитектура DApp, алгоритмы взаимодействия между участниками и механизмы работы оракулов для синхронизации блокчейн-реестра с внешними банковскими данными. Использование данной технологии позволяет автоматически сопоставлять факты оплаты услуг с условиями договора, что гарантирует достоверность записей и исключает возможность их несанкционированного изменения на всех этапах процесса.

Ключевые слова: блокчейн, смарт-контракты, децентрализованные приложения, страхование здоровья, архитектура ПО, оракулы.

Введение. Актуальность исследования обусловлена критическим ростом объемов цифровых данных в здравоохранении и необходимостью создания доверенной среды между страхователями и страховщиками. К началу 2025 года в РФ сформировался запрос на системы, исключающие человеческий фактор при урегулировании убытков. Традиционные методы автоматизации на базе централизованных СУБД не обеспечивают должной прозрачности: данные о наступлении страхового случая могут быть подвержены ретроспективным изменениям, а уровень мошенничества в сегменте ДМС остается существенным [1]. Использование технологии блокчейн позволяет решить проблему доверия через алгоритмизацию исполнения обязательств.

Для обоснования перехода к децентрализованным моделям в рамках исследования был проведен компаративный анализ традиционных систем управления данными и технологий распределенного реестра (табл. 1) [2, 3].

Таблица 1. Сравнительная характеристика традиционных баз данных и распределенных реестров

Критерий	**Традиционная база данных**	**Распределенный реестр (блокчейн)**
Централизация	Один сервер управляет данными	Данные распределены между узлами
Безопасность	Зависит от централизованной защиты	Высокая благодаря криптографии и децентрализации
Изменяемость	Данные могут быть изменены администратором	Данные неизменны после записи в блок
Прозрачность	Ограничена уровнем доступа пользователей	Высокая за счет аудита всеми участниками
Управление	Центральный администратор	Распределено между всеми участниками сети
Доступ	Ограниченный (ролевая модель)	Доступен всем узлам сети (в рамках прав)
Устойчивость	Уязвима к отказам центрального узла	Высокая благодаря децентрализованной структуре
Обновление	Централизованное	Требует консенсуса участников сети
Стоимость	Высокие затраты на поддержку сервера	Оптимизация за счет самоподдерживающейся сети

Для задач страхования, где критически важна неизменность медицинских записей и условий выплат, распределенные реестры являются оптимальным технологическим решением [4].

Архитектурное решение децентрализованной системы. В рамках работы спроектирована архитектура децентрализованного приложения, ориентированная на работу в рамках консорциумной сети [5]. Такая модель позволяет объединить регуляторов, страховые компании и медицинские центры в единый контур с разграничением прав доступа что соответствует требованиям надзора за деятельностью субъектов страхового дела [6]. Предложенная концептуальная изображена на рисунке 1, она и разделяет систему на три логических слоя: клиентский интерфейс, логику смарт-контрактов и инфраструктурный слой.

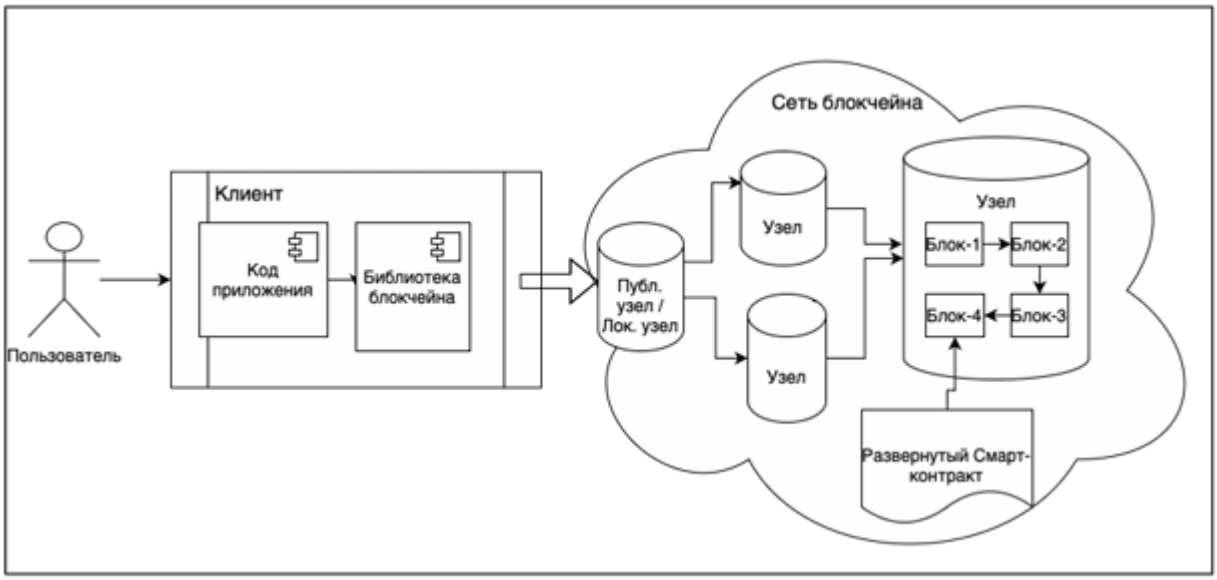


Рисунок 1. Архитектурная модель децентрализованного страхового сервиса

Ключевым отличием предложенной архитектуры является разделение ролей пользователей на уровне протокола. Система оперирует четырьмя типами сущностей: Администратор (регулятор), Страховая компания, Больница и Клиент. Каждая роль обладает строго ограниченным набором прав, что фиксируется в алгоритме работы системы.

Алгоритмическая реализация бизнес-логики в смарт-контрактах системы. Эффективность системы определяется четкостью алгоритмов алгоритмов работы смарт-контрактов, которые обеспечивают автономное взаимодействие узлов системы. В рамках разработанного решения жизненный цикл страховых операций полностью перенесен в программный код смарт-контрактов, что исключает субъективность при принятии решений. Процесс функционирования DApp можно разделить на несколько этапов: регистрация участников, формирование полиса и обработка страховой претензии [7].

Для исключения возможности выставления счетов фиктивными организациями внедрен алгоритм многофакторного подтверждения. Процедура верификации в смарт-контракте не является разовым действием администратора, а представляет собой алгоритм достижения консенсуса. Медицинское учреждение инициирует запрос, который должен быть верифицирован как минимум двумя независимыми страховыми компаниями, уже присутствующими в системе.

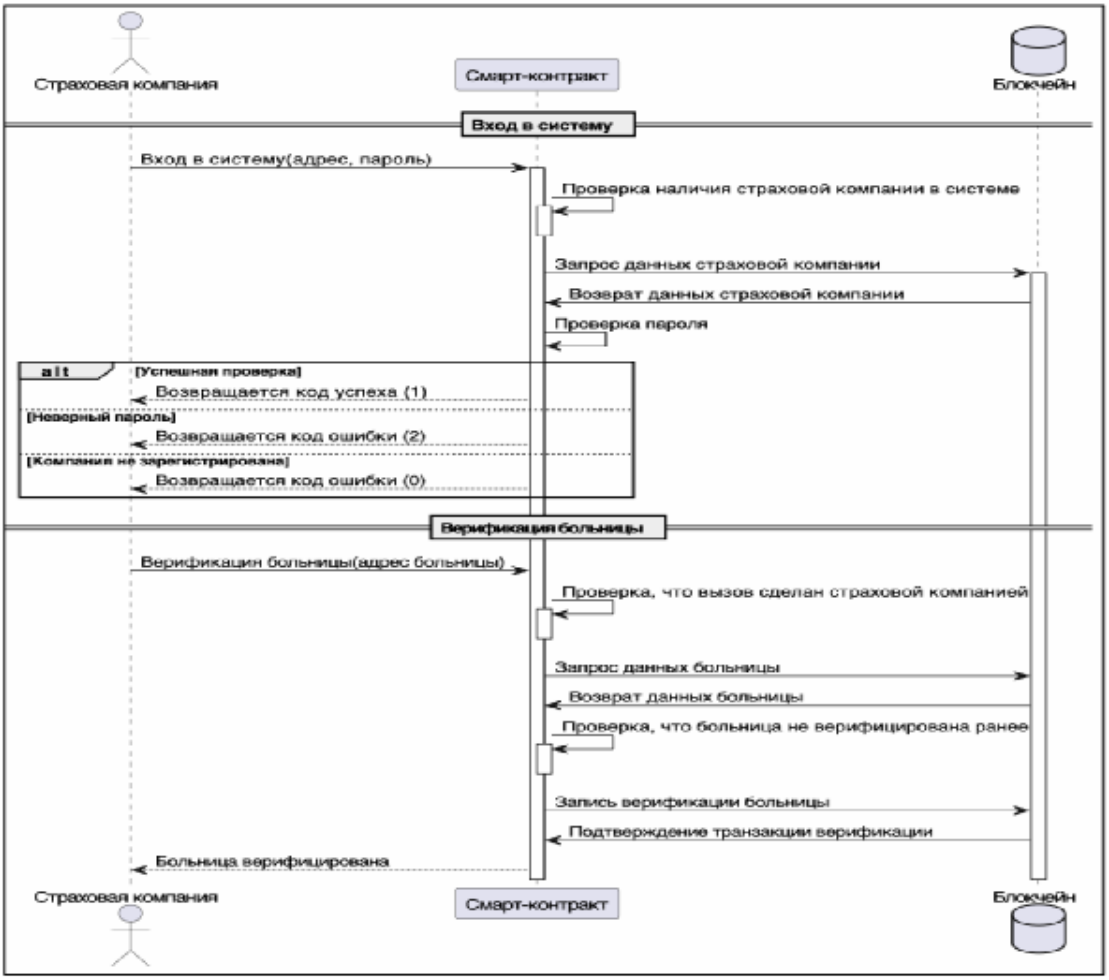


Рисунок 2. Диаграмма последовательности алгоритма верификации медицинского учреждения

Логика автоматизированного исполнения страхового контракта. Алгоритм обработки страхового случая в смарт-контракте (рис. 3) строится на жесткой проверке предварительных условий. Смарт-контракт блокирует выполнение транзакции, если нарушено хотя бы одно из требований:

- валидность цифровой подписи медицинского учреждения [8];
- наличие в блокчейн-реестре подтвержденного факта оплаты страховой премии;
- соответствие медицинского диагноза условиям выбранного страхового продукта.

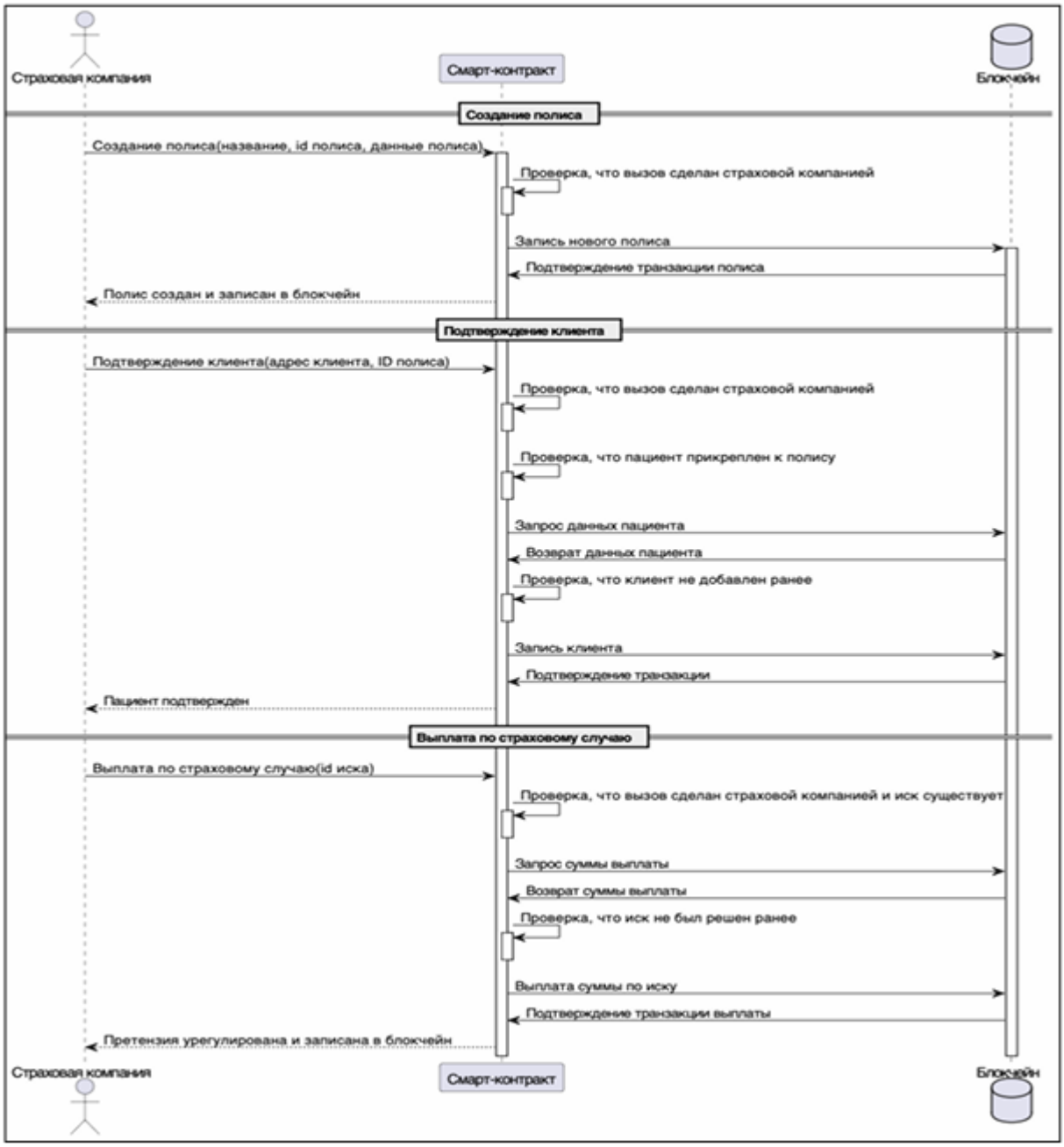


Рисунок 3. Алгоритмическая модель обработки претензии и управления полисом

Реализация связи с внешней средой через оракулов. В соответствии с Федеральным законом № 259-ФЗ «О цифровых финансовых активах», на территории России действует запрет на использование цифровой валюты в качестве средства платежа [9]. Это обуславливает необходимость проведения всех финансовых операций (оплата премий, выплата возмещений) в российских рублях через традиционные банковские системы или специализированные платежные сервисы. Данная проблема решена путем внедрения событийно-ориентированного оракула. Алгоритм его работы (рис. 4) обеспечивает безопасную передачу данных об исполнении фиатных

платежей из банковских API (или систем цифрового рубля) в смарт-контракт [10, 11]. Алгоритм оракула функционирует по событийной модели:

1. Смарт-контракт генерирует событие, фиксируя хэш запроса [12].
2. Внешний агент (Backend) считывает событие и инициирует запрос к внешней платежной системе.
3. По завершении проверки оракул возвращает данные в смарт-контракт, который проводит финальную сверку хэш-сумм и активирует триггер автоматической выплаты.
4.

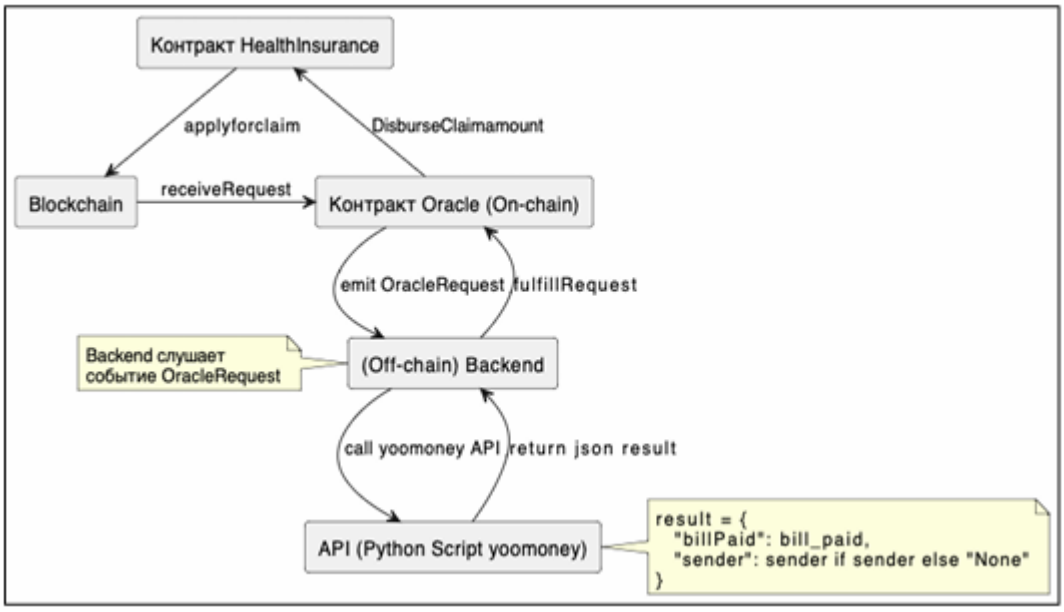


Рисунок 4. Алгоритм интеграции распределенного реестра с внешними данными

Заключение. Предложенное решение позволяет перевести личное страхование на концепцию «Zero-Trust Architecture» (архитектура нулевого доверия). В 2025 году, с развитием платформы Цифрового рубля, данный алгоритм может быть дополнен прямой интеграцией на уровне CBDC (централизованных цифровых валют), что полностью исключит потребность во внешних платежных шлюзах.

Разработанная модель и алгоритмы обеспечивают:

1. Снижение вероятности фрода за счет неизменности записей.
2. Сокращение времени обработки претензий до режима реального времени.
3. Прозрачность участников страхового процесса.

Список литературы:

1. Выявлен процент мошенничества с ДМС по России // URL: https://www.banki.ru/news/lenta/?id=10993966.
2. Сингхал Б., Дамеджа Г., Панда П.С. Блокчейн. Руководство для начинающих разработчиков // Пер. с англ. СПб.: БХВ-Петербург, 2020. — 288 с.

3. Уильям Могайар. Блокчейн для бизнеса / [пер. с англ. Д. Шалаевой].: Эксмо; Москва; 2018

4. Равал С. Децентрализованные приложения. Технология Blockchain в действии. // СПб.: Питер, 2017. — 240 с.: ил. — (Серия «Бестселлеры O'Reilly»).

5. . Sathvik Vishwanath, Architecting Blockchain Solutions // BPB Online WeWork Marylebone Road London NW1 5PU, 2023

6. ФЗ «Об организации страхового дела в Российской Федерации» Статья 30. Надзор за деятельностью субъектов страхового дела (ред. от 04.08.2023) // URL https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_1307/30e5ef25506d63f5c2360bc6488f63354d174279/

7. Прасти Н. Блокчейн. Разработка приложений // Пер. с англ. СПб.: БХВ Петербург, 2018. — 256 с.

8. Алферов А.П., Зубов А.Ю., Кузьмин А.С., Черемушкин А.В. Основы криптографии. // Учебное пособие, 2-е изд., и доп. – М. Гелиос АРВ, 2005.

9. ФЗ от 31.07.2020 N 259-ФЗ (ред. от 11.03.2024) «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"» // URL https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358753/

10. Unofficial YooMoney API python library https://pypi.org/project/YooMoney/

11. Remix IDE docs // URL: https://remix-ide.readthedocs.io/en/latest/

12. CryptoJS Documentation // URL: https://cryptojs.gitbook.io/docs

УДК 004.89:614.841.44

Кокорин А. А., Тирских В. В.
Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Аннотация. В статье рассматривается актуальная проблема обнаружения пожаров на ранних стадиях с использованием технологий искусственного интеллекта. Проанализированы ограничения традиционных методов мониторинга, таких как наземные датчики, космические и авиационные системы. В качестве решения предлагается модель на основе комбинации сверточной нейронной сети YOLOv5, предназначенной для первичного обнаружения областей пламени и задымления, а также LSTM-сети — для анализа динамики области пожара на серии кадров с целью фильтрации ложных срабатываний. В статье также показаны преимущества данного подхода: высокая скорость обработки, возможность мониторинга открытых территорий и оперативное определение параметров очага пожара.

Ключевые слова: архитектура нейронной сети, метод фильтрации, мониторинг пожаров, компьютерное зрение, распознавание объектов.

Введение

Для нейтрализации пожаров, спасения жизни и имущества людей решающее значение имеет обнаружение пожара на ранней стадии, т.е. на стадии первых проявлений пламени. В настоящее время в помещениях закрытого типа применяются сенсоры, обнаруживающие наличие аэрозольных частиц, возникающих при горении и задымлении, с помощью ионизационного метода, что предполагает необходимость нахождения в непосредственной близости от очага возгорания [1]. Вследствие этого такие системы не подходят для широкого использования на открытых пространствах. Кроме того, они не способны передавать данные о точке возникновения пожара, траектории перемещения дымовых масс, а также о масштабах и динамике развития возгорания.

Поэтому отличный от этого способ обнаружения пожара, особенно в условиях больших открытых пространств, является «компьютерное зрение» [2], которое использует современные алгоритмы цифровой обработки изображений, работающие в режиме реального времени [3]. Сравнительный анализ методов мониторинга городских пожаров (таблица 1) привел к выводу, что для более эффективного обнаружения и мониторинга городских пожаров необходимо использование комбинации представленных методов.

Таблица 1. Сравнение методов мониторинга городских пожаров

Метод мониторинга	Стоимость	Влияние погодных условий	Необходимость обработки данных	Влияние человеческого фактора	Оперативность	Площадь мониторинга
Наземный	средняя	среднее	низкая	высокая	средняя	низкая
Космический	низкая	высокая	низкая	среднее	высокая	высокая
Авиационный	высокая	высокая	низкая	среднее	высокая	средняя
Беспроводные сети	средняя	среднее	средняя	среднее	средняя	средняя

Ввиду вышеизложенного, альтернативным вариантом решения задачи идентификации пожара был выбран нейросетевой подход [4].

Построение алгоритма идентификации пожаров.

Одним из современных алгоритмов машинного обучения являются генеративно-состязательные сети (GAN) [5], которые представляют собой комбинацию из двух нейронных сетей, одна из которых генерирует образы, а другая старается отличить правильные («подлинные») образы от неправильных. Данный подход даёт возможность, в том числе, создавать снимки, которые человеческим глазам воспринимаются за реальные изображения [6]. Также технология GAN применяется для повышения качества визуальных данных с низкой чёткостью.

Большое количество задач в области «компьютерного зрения» эффективно решаются с помощью свёрточных нейронных сетей (СНС или Convolutional Neural Network – CNN) [7]. За счёт уникальной архитектуры, они эффективно выделяют признаки огня на изображениях. На данный момент, CNN могут использоваться в задачах классификации, распознавания и сегментации источников возгорания и задымления с использованием компьютерного зрения [8].

Наиболее распространенные архитектуры CNN для распознавания объектов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Архитектуры CNN

R-CNN	Работает как обычный классификатор изображений. Прогнозы строятся на основе анализа данных, поступающих из разных регионов. Низкая скорость работы сети обусловлена необходимостью многократной (до тысячи раз) обработки каждого изображения.
Feature Pyramid Networks (FPN)	Данная сеть, из-за особенности извлечения признаков, лучше, чем другие сети распознает мелкие объекты.
Faster R-CNN	Вместо обычного классификатора для выбора региона использует нейронную сеть «заучивания».

YOLO	Не использует регионы, просматривается изображение только один раз, что существенно увеличивает скорость обработки изображения
Single Shot Detector (SSD)	Выполняет один проход изображения для выявления нескольких объектов.
RetinaNet	Выполняет один проход изображения для определения плотных объектов с небольшими масштабами

Каждая из описанных нейросетей показывает хороший результат при решении того или иного рода задач, имея при этом свои недостатки. В данной работе для распознавания огня и дыма на видеоизображении выбрана нейросеть YOLOv5 (You Only Look Once), которая относится к архитектуре One-Stage detector. YOLOv5 реализована на фреймворке PyTorch, с использованием модуля глубокого обучения DNN из библиотеки алгоритмов обработки изображений OpenCV процедурного языка Python [9]. Достоинством данной архитектуры является то, что она позволяет анализировать все изображение сразу, находить искомый объект, а при детектировании и распознавании объекта учитывать контекст – окружение объекта (другие распознанные объекты на этом изображении).

Задача идентификации пожаров имеет два основных способов решения.

Первый способ основан на разделении изображения на квадратные сегменты с последующей классификацией каждого участка на предмет присутствия объекта и определения его категории. Такой подход предполагает двукратный анализ изображения, что требует значительных вычислительных ресурсов [10].

Второй способ (архитектура YOLOv5) предполагает сжатие исходного изображения до квадратной матрицы размерностью 13 × 13 пикселей, где в каждой ячейке содержится информация о наличии объекта и его классе, соответствующих определённой области исходного изображения. В итоге, картинка просматривается один раз, что существенно увеличивает скорость обработки изображения.

Данный подход, для обнаружения и проведения распознавания объектов, использует метод фильтрации, основанный на преобразовании Фурье и GAN [11]. Действительно, частотная область цифрового изображения представляет собой пространство, состоящее из значений частот Фурье-преобразования [12], полученных в результате обработки изображения. Это преобразование разлагает изображение на его частотные составляющие, показывая, насколько быстро меняются значения пикселей в пространственной области. Поскольку частота сигнала коррелирует со скоростью его изменения, частоты, полученные в результате преобразования Фурье, непосредственно отражают вариативность яркости на изображении. Используя эти знания, а также действительную симметричную фильтр-функцию, удается получить улучшенное изображение, что позволяет получить

наивысшую производительность при мониторинге местности в реальном режиме времени [13].

При обработке изображений, полученных в ходе съёмки, используется метод преобразования в трёхканальный формат на основе анализа гистограммы [14]. Это позволяет сегментировать дымовые массы, фоновые элементы и очаги пламени, приближая цветовую передачу пламени к его реальному оттенку, что в итоге повышает достоверность идентификации возгорания. Применив топографические карты, данные о погоде и плотности растительного покрова, можно построить достаточно точную модель горения, а дополнив это съемкой в реальном времени – получить модель распространения огня. Такая система (FIRETEC) развернута в некоторых зарубежных странах, в России достижения в этой области гораздо скромнее [15].

Ключевые параметры алгоритма детектирования возгорания включают: анализ последовательности кадров, минимальное время определения огня (от 5 секунд), минимальный размер обнаруживаемой области пламени (20 × 30 пикселей), скорость видеопотока (от 5 кадр/с) и разрешение (640 × 480 или выше).

Область пламени на изображении обладает характерными цветовыми и форменными признаками. Цвет огня может варьироваться от красно-оранжевого до белого, при этом в центральных участках часто наблюдается цветовой градиент. На цветовое отображение также влияют условия освещения и настройки камеры (например, баланс белого). Форма огня способна значительно изменяться от кадра к кадру. При обучении нейронной сети на изображениях с огнем необходимо учитывать, что сеть хорошо учится распознавать огонь средних размеров (60 × 60 пикселей), но при распознавании небольших областей огня возникают сложности.

Для исключения ложных объектов на изображении (с таким же цветом и похожей формой), из уже распознанных областей применяются LSTM сети [16], которые учитывают динамику области на серии кадров.

Таким образом, для идентификации огня применяется двухэтапная методика:

– сверточная сеть YOLOv5 для выделения в кадре областей-кандидатов на основе цветовых и форменных признаков пламени;

– сеть LSTM для анализа изменения выделенных областей на последовательности кадров и фильтрации ложных срабатываний.

Однако, алгоритм на базе нейронной сети имеет некоторые недостатки в обучении модели – медленную сходимость, возможность попадания в локальный минимум, чувствительность к характеристикам изображения. Таким образом, для обучения нейронных сетей необходимо:

–достаточно большое количество данных (от 1000 изображений), в том числе размеченных Bounding Box – инструментом для разметки данных;

–значительные вычислительные мощности для реализации процесса обучения, которые зависят от размера данных и сложности архитектуры нейронной сети;

– большие временные затраты – от нескольких минут до нескольких часов и недель.

Настройка нейронной сети

В работе, для обнаружения огня на изображении, используется предобученная модель бинарной классификации YOLOv5. Для дообучения данной модели используется датасет из 1650 изображений. Все изображения размещены в двух папках: fire - папка содержащая файлы с изображением, на которых присутствует открытый огонь и задымление и non_fire - в которой размещены файлы с изображениями без их присутствия. Датасет разделен на две папки: train (тренировочная выборка) и val (валидационная). Каждая из этих папок содержит еще две папки: images - папка, в которой хранятся изображения и labels – папка с текстовыми файлами, содержащими метки объектов в формате YOLO.

Для подготовки к обучению нейронной сети требуется: библиотека yolov5; предобученные веса; YAML-файл, в котором указываются пути до тренировочной и валидационной выборок, а также количество классов и их метки (рис. 1); датасет.

```
train: /content/fire/train
val: /content/fire/val
test:  # test images (optional)

# Classes
nc: 1  # number of classes
names: ['fire']  # class names
```

Рисунок 1. YAML-файл

Первым шагом применения предобученной модели является клонирование репозитория с веб-сервиса GitHub и установление необходимых библиотек (рис. 2).

```
import torch
import os
import glob
from IPython.display import Image, display
print(f"Setup complete. Using torch {torch.__version__}
({torch.cuda.get_device_properties(0).name if torch.cuda.is_available() else 'CPU'})")
!git clone https://github.com/
cd 1234
pip install -r requirements.txt
```

Рисунок 2. Клонирование репозитория

Далее, для обучения модели прописывается путь для YAML-файла, в котором указаны размер пакетов данных (batch) равных 16 образцам и количество эпох (epochs) равных 15

```
!python train.py --img 640 --batch 16 --epochs 15 --data ../fire_config.yaml --weights yolov5s.pt --workers 1
```

Перед запуском идентификации объектов обученной нейронной сетью проводится детекция валидационной выборки:

```
!python detect.py --weights runs/train/exp/weights/best.pt --img 640 --conf 0.25 --source ../datasets/fire/val/images
```

Далее выводятся на экран монитора все изображения, находящиеся в папке с идентифицированными объектами (рис.3).

```
#display inference on some test images

images = glob.glob('runs/detect/exp/*.jpg')

for imageName in images[:3]: #assuming JPG

  display(Image(filename=imageName, width=500))
```

Рисунок 3. Код программы вывода папки с идентифицированными объектами

Затем идентифицируется открытое пламя на видеозаписи с помощью команды

```
!python detect.py --weights runs/train/exp/weights/best.pt --img 640 --conf 0.25 --source ../input.mp4
```

, и считывается полученное видеоизображение с помощью библиотеки OpenCV, программный код которого представлен на рисунке 4.

```
import cv2
vidcap = cv2.VideoCapture('/runs/detect/exp2/input.mp4')
success,image = vidcap.read()
images = []
while success:
  success,image = vidcap.read()
  if success:
    image = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2RGB)
    images.append(image)
```

Рисунок 4. Программный код считывания видеоизображения с использованием библиотеки OpenCV

Далее с помощью библиотеки matplotlib (рис. 5), выводится полученное видеоизображение на экран, что дает возможность выводить видеоизображение прямо из Google Colab (рис.6).

```
from matplotlib import animation, rc
import matplotlib.pyplot as plt
rc('animation', html='jshtml')
def create_animation(ims):
    fig = plt.figure(figsize=(9, 9))
    plt.axis('off')
    im = plt.imshow(ims[0])
    def animate_func(i):
        im.set_array(ims[i])
        return [im]
    return animation.FuncAnimation(fig, animate_func, frames = len(ims), interval = 1000//12)
create_animation(images)
```

Рисунок 5. Программный код вывода видеоизображения
на экран с использованием библиотеки matplotlib

Рисунок 6. Идентифицированный огонь на видео

На рисунке 7 представлена визуализация фильтров, примененных к отдельному изображению. Участки, которые с некоторой вероятностью содержат дым или огонь, заключаются в ограничивающие прямоугольники соответствующего цвета (красная рамка – огонь, зеленая рамка – дым).

Рисунок 7. Идентифицированное изображение возгорания и задымление

Быстродействие алгоритма детектирования оценивалось на вычислительном стенде, оснащённом процессором Intel Core i5 11400 и графическим ускорителем NVIDIA GeForce 3060. Обработка видеопотока с разрешением 1280 × 720 выполнялась с частотой 10 кадров в секунду.

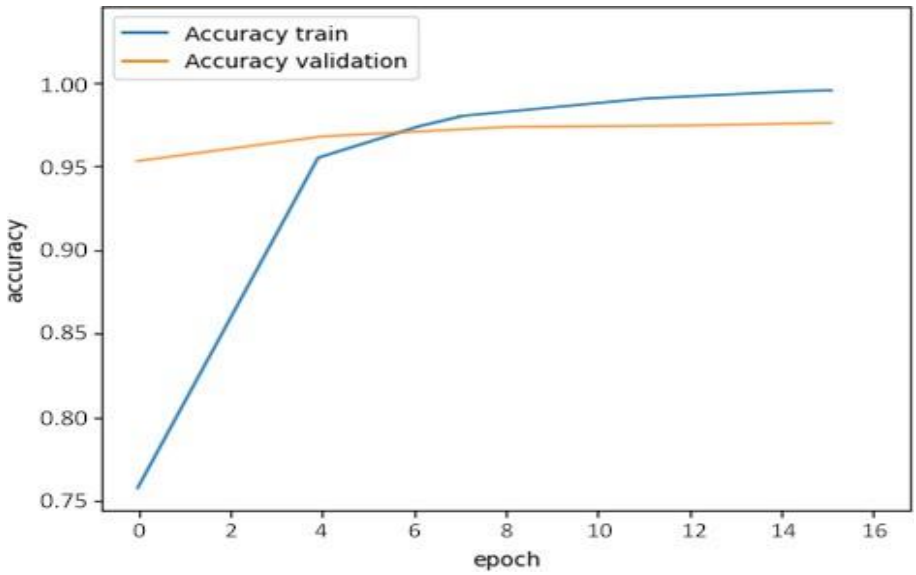


Рисунок 8. Визуализация точности модели

Полученные результаты (рис. 8) свидетельствуют о том, что предложенная нейросетевая модель обеспечивает достаточную точность для функционирования в режиме реального времени. По итогам тестирования на размеченных данных, разработанная нейросетевая модель продемонстрировала высокую эффективность при обнаружении открытого пламени и задымления, достигнув точности до 97%.

Заключение.

В результате проведенного исследования была разработана гибридная нейросетевая модель для обнаружения пожаров на основе технологии компьютерного зрения. В качестве решения задачи оперативного обнаружения пожара предложено последовательное применение двух архитектур: сверточной нейронной сети YOLOv5 для обнаружения потенциальных очагов возгорания по визуальным признакам, а также LSTM-сети для верификации обнаруженных объектов. Модель обеспечивает не только оперативность детектирования, но и высокую точность (до 97% на тестовых данных) за счет двухэтапной проверки, что существенно снижает уровень ложных тревог.

Список литературы:

1. Грачев А.В. Методы и технологии обнаружения пожаров в зданиях и сооружениях. // Инновационная наука. 2025. Т. 1. № 3-2. С. 27-28.
2. Линёв Е.Д., Братухин Д.С. Обнаружение и локализация пожаров при помощи компьютерного зрения на изображениях, полученных при аэрофотосъемке. Сборник статей

III Международного научно-исследовательского конкурса «Молодой учёный». Пенза, 2021. С. 22-25.

3. Касаткин А.А., Лиманова Н.И., Козлов В.В. Разработка и применение алгоритмов машинного зрения и обработки изображений. // Тенденции развития науки и образования. 2023. № 98-10. С. 58-61.

4. Касторнова В.А. Системы искусственного интеллекта как технологическая основа решения задач обучения на примере предметной области //Педагогическая информатика. – Москва, 2016. – 152 с.

5. Малахов Ю.А., Андросов А.А., Аверченков А.В. Анализ и применение генеративно-состязательных сетей для получения изображений высокого качества. // Эргодизайн. 2020. № 4 (10). С. 167-176.

6. Лунёва Е.Д., Гаврилов С.В. Интеграция искусственного интеллекта в процессе обработки и анализа изображений. В сборнике: Современные исследования высшей школы. Сборник статей II Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2023. С. 60-63.

7. Сайфутдинов А.В. Сверточные нейронные сети для решения задач компьютерного зрения. // Universum: технические науки. 2023. № 10-1 (115). С. 42-44.

8. Мартынов М. Д., Яблочникова И. О. Методы обнаружения и классификации для разработки программно-аппаратного комплекса обнаружения очагов лесных пожаров с помощью компьютерного зрения. // Вестник науки, №6 (75), том 1, 2024, с. 1472–1488.

9. Шолле Ф. Глубокое обучение на Python. – СПб.: Питер, 2018. – 400 с.

10. Андриянов Н.А., Дементьев В.Е., Ташлинский А.Г. Обнаружение объектов на изображении: от критериев байеса и неймана-пирсона к детекторам на базе нейронных сетей. // Компьютерная оптика. 2022. Т. 46. № 1. С. 139-159.

11. Емалетдинова Л.Ю., Назаров М.А. Нейросетевой алгоритм распознавания объекта на изображении на основе эталонного контура. // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. 2020. Т. 4. С. 137-141.

12. Шилин А.Н., Рощин Д.А. Применение частотного метода обработки изображения для повышения точности определения параметров визирной цели. // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2023. Т. 66. № 3. С. 200-209.

13. Томакова Р.А., Петрик Е.А Методы и алгоритмы цифровой обработки изображений. Курск, 2020.

14. Хрящев Д.А. Об одном методе анализа цифрового изображения с применением гистограмм. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2010. № 1. С. 109-113.

15. Bonner S.R., Hoffman Ch.M., Linn R.R., Tinkham W.T., Atchley A.L., Sieg C.H., Varner J.M., O'Brien J.J., Hiers J.K. Forest structural complexity and ignition pattern influence simulated prescribed fire effects. // Fire Ecology. 2024. Т. 20. № 1. С. 82.

16. Рапаков Г.Г., Горбунов В.А., Дианов С.В., Елизарова Л.В. Исследование LSTM -нейросетевого подхода при моделировании временных рядов. // Вестник Череповецкого государственного университета. 2023. № 3 (114). С. 47-54.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕХНОЛОГИИ..... 3

Кириченко И. Г.

АНКЕРНЫЕ СИСТЕМЫ КРЕПЛЕНИЯ ПОДПОРНЫХ СТЕН В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ..... 3

Пушкина Е. А., Кесельман Б. М.

ОРГАНИЗАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МАРШРУТИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ БАНКОВСКИХ ПЕРЕВОДОВ (НА ПРИМЕРЕ ООО «ОЗОН БАНК»)..... 9

Пушкина Е. А., Кесельман Б. М.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ И ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ КОММУНИКАЦИЙ В УПРАВЛЕНИИ БИЗНЕС ПРОЦЕССАМИ КРУПНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ 15

Калугин Н. А.

ВОПРОСЫ БАЛАНСИРОВКИ НАГРУЗКИ zVirt 20

Куреев М. С., Шагалиев Т. С.

ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ОТ АТАКИ DOUBLE TAGGING НА L2+ УСТРОЙСТВАХ..... 30

Тихомиров М. Р.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ОБОБЩЕННОГО УРАВНЕНИЯ БЮРГЕРСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ РЕЗАНИИ ОХЛАЖДЕННОЙ РЫБЫ .. 38

Паплаускас С. А., Артюшенко К. С.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ С УЧЁТОМ СОЛНЕЧНОГО СВЕТА И ОРИЕНТАЦИИ ЗДАНИЯ 44

Сафронов М. А.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОСТАБИЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА СВЧ-СИГНАЛА ДИАПАЗОНА 2,45 ГГЦ ДЛЯ ПОРТАТИВНЫХ МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ 49

Газданов М. К.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОНТЕНТА 56

Газданов М. К.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВЕБ-ТРЕНАЖЁРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ/ОГЭ 64

Яценко Е. О., Благовещенская М. М., Благовещенский В. Г.

КОМПОЗИЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАТНЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРНОГО ПРОДУКТА. ВЗАИМОСВЯЗЬ КИПиА и SCADA 71

Рябов А. А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ И МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ 76

Козлова Ю. Д.

РОЛЬ ПЛАТФОРМЫ KUBERNETES В ОБЕСПЕЧЕНИИ КАЧЕСТВА И УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ПРОГРАММНЫХ СЕРВИСОВ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ 81

Демина Ю. В.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ОБТЕКАНИЯ ТЕЛ 90

Рубцов В. В., Гараев И. Н.

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РЕЗЕРВУАРОВ ХРАНЕНИЯ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ 95

Михиенков К. С., Шамрин М. Д.

АРХИТЕКТУРА ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ СТРАХОВАНИЯ ЖИЗНИ И ЗДОРОВЬЯ 100

Кокорин А. А., Тирских В. В.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА 107

Открыт приём рукописей в новый журнал «Здоровый образ жизни»

Публикует научные и научно-популярные статьи в целях пропаганды здорового образа жизни и популяризации научных исследований в этой сфере.

Научные статьи размещаются в рубрике "Научная среда" и в составе ежемесячных комплектов направляются на размещение в elibrary.ru

СПЕЦИАЛЬНОСТИ ВАК:

030203. Общественное здоровье, организация и социология здравоохранения
030133. Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия
050804. Физическая культура и профессиональная физическая подготовка
050806. Оздоровительная и адаптивная физическая культура
050300. Психология
050800. Педагогика

https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=192513

Публикация в первом номере – бесплатно!

Email: journalzozh@ya.ru