

# МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

ISSN 2072-0297

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



16+

22 2026  
ЧАСТЬ I

# Молодой ученый

## Международный научный журнал

### № 22 (625) / 2026

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

*Главный редактор:* Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

*Редакционная коллегия:*

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, доктор педагогических наук (Узбекистан)  
Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук  
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)  
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук  
Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук  
Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук  
Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)  
Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук  
Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)  
Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)  
Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук  
Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)  
Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук  
Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук  
Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук  
Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук  
Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук  
Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук  
Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения  
Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)  
Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)  
Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук  
Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук  
Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук  
Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук  
Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук  
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)  
Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук  
Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук  
Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук  
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук  
Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук  
Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук  
Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук  
Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)  
Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)  
Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук  
Рахмонов Азизхон Боситхонович, доктор педагогических наук (Узбекистан)  
Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук  
Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук  
Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук  
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)  
Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук  
Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук  
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры  
Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук (Узбекистан)  
Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук  
Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

*Международный редакционный совет:*

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)  
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)  
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)  
Ахмеденов Кажмурат Максutowич, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)  
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)  
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)  
Буриев Хасан Чутбаевич, доктор биологических наук, профессор (Узбекистан)  
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)  
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)  
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)  
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)  
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Досманбетов Динар Бакбергенович, доктор философии (PhD), проректор по развитию и экономическим вопросам (Казахстан)  
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)  
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)  
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)  
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, доктор педагогических наук, и.о. профессора, декан (Узбекистан)  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)  
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)  
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)  
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)  
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)  
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)  
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)  
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)  
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)  
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)  
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)  
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)  
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)  
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)  
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)  
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)  
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)



На обложке изображен Павел Александрович Флоренский (1882–1937), священник Русской православной церкви, богослов, религиозный философ, поэт, инженер.

Павел Флоренский родился в 1882 году в городе Евлахе, который расположен на территории современного Азербайджана. Отец его, Александр Иванович, был инженером и работал на железной дороге. Хотя сам Александр Иванович происходил из династии священнослужителей, к религии он относился весьма сдержанно. Его жена принадлежала к знатному роду крупных армянских землевладельцев и исповедовала армяно-григорианскую веру. По воспоминаниям Павла, родители старались избегать разговоров о религии.

Довольно рано мальчик увлекся математикой, а после поступления в гимназию показал блестящие результаты в учебе. Не ограничиваясь учебной программой, Павел изучал все доступные ему на тот момент материалы по физике, астрономии и геологии. Он закончил гимназию с золотой медалью и поступил на физико-математический факультет Московского университета. Там он познакомился с теми, чьи имена впоследствии оказались неразрывно связаны с культурой Серебряного века: Андреем Белым, Дмитрием Мережковским, Зинаидой Гippiус, Александром Блоком.

В годы студенчества Флоренский обратился к трудам религиозного мыслителя Владимира Соловьева. Вообще вопросами философии он интересовался еще в гимназии. Он увлекался модным в то время толстовством и даже хотел отказаться от дальнейшего обучения, но отец советовал ему продолжить образование. Перед выпуском из университета, когда Флоренскому предложили остаться на математической кафедре, молодой человек уже был настроен на поступление в Московскую духовную академию. Затем Флоренский принял священнический сан и занял должность редактора богословского журнала.

В мировоззрении Флоренского наука и религия не противоречили друг другу, а, напротив, были неразрывно связаны. Наиболее значимая теологическая работа Павла Флоренского, «Столп и утверждение Истины» (1914), примечательна благодаря особому взгляду автора на мир, его попытке найти в окружающей среде указания на истину православия.

В работе «Храмовое действо как синтез искусств» (1918) отец Павел подошел к богослужению как к проявлению «высшего синтеза разнородных художественных деятельностей» — синтезу искусств, который восходит к античной трагедии, соединяя поэзию, музыку и хореографию. Он воспринимал богослужение как целостный организм, живущий реальной жизнью в формах православного церковного искусства, имеющего национальные традиции на русской почве: многоярусный иконостас, знаменный распев и другие.

Информацию собрала ответственный редактор  
Екатерина Осянина

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФИЗИКА

- Стекленева Л. С., Дереновский И. А., Филатов А. Ю.**  
Титанат бария, титанат стронция и твердые растворы на их основе: основные свойства и области применения ..... 1

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Аракелян О. С.**  
Методы обеспечения удобства пользовательского интерфейса в системах управления задачами ..... 4
- Данилов А. С.**  
Имитационное моделирование как средство выбора правил фильтрации при защите от DDoS-атак ..... 6
- Данилов А. С.**  
Многоуровневая защита веб-приложений от DDoS-атак на основе фильтрации и ограничения трафика ..... 7
- Данилов А. С.**  
Выбор и применение правил фильтрации трафика при защите информационных систем от DDoS-атак ..... 9
- Зарембо И. А.**  
Виды графического интерфейса в виртуальных средах и применение их в образовательных симуляторах ..... 11
- Зарембо И. А.**  
Разработка интерактивной виртуальной лаборатории для исследования основной и высшей волны в круглом волноводе ..... 13
- Клюева М. А., Погуляева У. И.**  
Влияние веб-технологий на повышение эффективности работы сотрудников и организации ..... 18
- Козлов К. Д., Рюмшин И. Н.**  
Эволюция систем безопасности: как искусственный интеллект меняет видеонаблюдение на объектах ..... 19

- Козлов К. Д., Рюмшин И. Н.**  
Экосистема низкоорбитальных мега-группировок: от ретрансляции сигналов к орбитальным вычислениям и прямой связи с мобильными устройствами ..... 22
- Кораблева В. А.**  
Автоматизация контроля качества данных на основе SQL-процедур в корпоративных информационных системах ..... 24
- Кораблева В. А.**  
Архитектурные подходы к обеспечению качества данных в финансовых системах управленческой отчетности ..... 26
- Корнилаев М. А.**  
Обоснование разработки автоматизированной системы кадрового учёта для оборонного предприятия ..... 28
- Кузнецов Ф. Р.**  
Сравнительный анализ графовых баз данных для использования с Universal Dependencies ..... 30
- Лобанова А. В.**  
Применение технологий искусственного интеллекта в деятельности организации: области внедрения и оценка эффективности ... 36
- Лобанова А. В.**  
Технологии искусственного интеллекта как фактор цифровой трансформации современной организации ..... 37
- Маркова А. С.**  
Анализ предметной области автоматизированного отбора случаев для контрольно-экспертных мероприятий в системе обязательного медицинского страхования ..... 39
- Мехоношин Р. Н.**  
Совершенствование производственной деятельности ПАО «Уралкалий» на основе технологий цифровых двойников и предиктивной аналитики ..... 42
- Мухаметова Л. Р.**  
Сравнение стратегий распределения очередей RSS между ядрами CPU для DDoS-трафика ..... 45

**Ропеева П. К., Селиверстова Е. В.**

Эволюция нормативно-правовых актов  
в системе электронного документооборота.....47

**Семеонушкова И. С.**

Подход к балансировке синхронных  
и асинхронных коммуникаций  
в распределённой Agile-команде .....51

**Скалазубов К. К.**

Анализ речи с использованием  
Praat и Librosa .....53

**Форат М. И.**

Методы машинного обучения  
в классификации качества атмосферного  
воздуха: от ансамблей к гибридным  
нейросетевым моделям.....55

**Шувалова О. А.**

Прототип информационной системы  
классификации и оценки прыжков  
в фигурном катании с применением  
компьютерного зрения и машинного  
обучения .....57

## ФИЗИКА

### Титанат бария, титанат стронция и твердые растворы на их основе: основные свойства и области применения

Стекленева Любовь Сергеевна, кандидат физико-математических наук, старший преподаватель;

Дереновский Игорь Александрович, курсант;

Филатов Андрей Юрьевич, курсант

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

*В статье представлен обзор сегнетоэлектрических материалов семейства перовскита — титаната бария ( $\text{BaTiO}_3$ ), титаната стронция ( $\text{SrTiO}_3$ ) и твердых растворов на их основе ( $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ ). Рассмотрены ключевые физические свойства данных материалов, обуславливающие их значимость в современной технике, а также основные области их применения.*

**Ключевые слова:** сегнетоэлектрик, пьезоэлектрик, перовскит, титанат бария, титанат стронция, титанат бария-стронция.

Титанат бария и титанат стронция представляют собой сегнетоэлектрические материалы, принадлежащие к семейству перовскитов, широко применяющиеся в различных областях электронной техники и энергетики, а в последние годы — также в биомедицине и квантовых технологиях. Интерес к этим материалам обусловлен уникальным сочетанием сегнетоэлектрических, пьезо- и пирозлектрических свойств, которые могут быть направленно модифицированы путем изменения химического состава, введения легирующих добавок или перехода в наноструктурированное состояние. Возможность плавного управления характеристиками делает их особенно привлекательными для создания устройств нового поколения, от сверхминиатюрных конденсаторов до квантовых процессоров.

В структуре перовскита  $\text{ABO}_3$ , представленной на рис. 1, катионы  $\text{Ba}^{2+}$  (или  $\text{Sr}^{2+}$ ) располагаются в вершинах кубической решетки, катионы  $\text{Ti}^{4+}$  занимают центры кислородных октаэдров, а ионы  $\text{O}^{2-}$  находятся в центрах граней, что создает условия для возникновения спонтанной поляризации [1]. Такое расположение ионов обуславливает высокую чувствительность кристаллической решетки к внешним воздействиям — температуре, электрическому полю, механическому напряжению, что лежит в основе большинства практических применений этих материалов.

Одна из важнейших особенностей кристаллической структуры  $\text{BaTiO}_3$  — её сильная зависимость от температуры, которая определяет уникальные свойства материала. При температуре выше  $120^\circ\text{C}$  титанат бария суще-

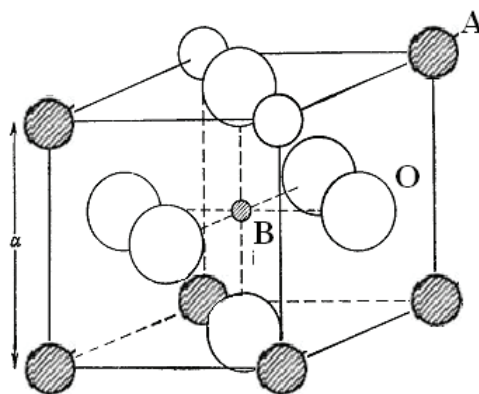


Рис. 1. Кристаллическая структура кубического перовскита  $\text{ABO}_3$  [1]

ствуется в кубической параэлектрической фазе, лишенной спонтанной поляризации. При охлаждении ниже точки Кюри ( $T_C \approx 120^\circ\text{C}$ ) происходит фазовый переход первого рода в тетрагональную сегнетоэлектрическую фазу, сопровождающийся смещением иона титана относительно центра кислородного октаэдра и возникновением электрического дипольного момента. При дальнейшем понижении температуры наблюдаются последовательные переходы в орторомбическую (при  $5^\circ\text{C}$ ) и ромбоэдрическую (при  $-90^\circ\text{C}$ ) фазы, каждая из которых сохраняет сегнетоэлектрические свойства.

Температура сегнетоэлектрического фазового перехода в титанате бария может быть повышена или понижена путем электрического или гидростатического воздействия. Существенное влияние на сегнетоэлектрический фазовый переход также оказывают дефекты кристаллической решетки, связанные с нарушениями стехиометрии, которые могут создавать локальные поля и влиять на движение доменных стенок, тем самым затормаживая структурные фазовые превращения [2].

Титанат бария обладает высокой диэлектрической проницаемостью ( $\epsilon$ ). В зависимости от температуры, способа получения и обработки значения  $\epsilon$  могут варьироваться в широких пределах: для объемных керамических образцов:  $\epsilon$  достигает 1000–5000 при комнатной температуре, а вблизи точки Кюри диэлектрическая проницаемость может возрастать до 10 000 и более. Такая высокая диэлектрическая проницаемость объясняется подвижностью доменных границ и возможностью переориентации спонтанной поляризации под действием внешнего поля, причем вклад доменной динамики особенно велик в поликристаллических образцах.

Другой важной в практическом аспекте характеристикой титаната бария является достаточно высокий пьезоэлектрический отклик ( $d_{33} \approx 190$  пК/Н). Легирование титаната бария небольшими количествами циркония, кальция, олова или гафния позволяет увеличить пьезомодуль  $d_{33}$  до 300–400 пК/Н, что в совокупности с экологической безопасностью позволяет титанату бария конкурировать с цирконатом-титанатом свинца на рынке пьезоэлектрических компонентов.

Титанат стронция представляет собой потенциальный сегнетоэлектрик, обладающий при комнатной температуре высокосимметричной кубической кристаллической решеткой перовскита с параметром ячейки 3,905 Å, что несколько меньше, чем у  $\text{BaTiO}_3$  (3,994 Å) [3]. Вблизи температуры 110 К титанат стронция претерпевает структурный фазовый переход в тетрагональную сегнетоэластическую фазу, в которой кристалл разбивается на множество доменов, но сегнетоэлектрический порядок при этом не возникает. Несмотря на аномально высокую диэлектрическую проницаемость, наблюдаемую при низких температурах (более 20 000 при 5 К), сегнетоэлектрический фазовый переход в  $\text{SrTiO}_3$  не происходит вплоть до абсолютного нуля из-за квантовых флуктуаций, которые подавляют формирование дальнего порядка.

Именно поэтому титанат стронция рассматривается как виртуальный сегнетоэлектрик.

При комнатной температуре диэлектрическая проницаемость  $\text{SrTiO}_3$  составляет 150–450, но при этом материал демонстрирует чрезвычайно низкие диэлектрические потери в микроволновом диапазоне ( $\text{tg } \delta \approx 0,001\text{--}0,01$  на частотах до 10 ГГц), что обуславливает его ценность для СВЧ-электроники.

При переходе от объемной керамики к тонким пленкам и наноструктурированному состоянию  $\text{BaTiO}_3$  и  $\text{SrTiO}_3$  демонстрируют ярко выраженные размерные эффекты, которые являются определяющими для работы мемристоров, тонкопленочных конденсаторов и интегральных СВЧ-устройств. Наноразмерные структуры могут быть получены также созданием твердых растворов на основе титаната бария и титаната стронция ( $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ ). Данные материалы обладают возможностью плавного регулирования свойств (температуры Кюри и диэлектрической проницаемости) простым изменением соотношения бария и стронция, что открывает широкие перспективы для применения в современной электронике.

При увеличении доли стронция температура фазового перехода линейно снижается, и при концентрациях  $x \approx 0,5\text{--}0,6$  она оказывается вблизи комнатной температуры, что позволяет повысить диэлектрическую проницаемость при 20–25°C. Для титаната бария-стронция (BST) характерна также выраженная диэлектрическая нелинейность — зависимость диэлектрической проницаемости от внешнего электрического поля (эффект диэлектрической управляемости), что используется в перестраиваемых конденсаторах и фазовращателях. Введение некоторых дополнительных легирующих добавок (Mg, Mn, Fe, Co, Ni, Ca, Zr) позволяет дополнительно модифицировать свойства BST: снизить диэлектрические потери, уменьшить гистерезис, повысить температурную стабильность и управляемость [4].

Многообразие свойств  $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{SrTiO}_3$  и твердых растворов BST обуславливает широчайший спектр их применения в современной электронике. Многослойные керамические конденсаторы (MLCC) на основе титаната бария занимают более 35 % мирового рынка пассивных электронных компонентов и используются в микропроцессорах, мобильных устройствах и системах связи благодаря способности сохранять высокую емкость при миниатюрных размерах, причем управление составом твердых растворов позволяет создавать элементы с заданными свойствами [5]. Особую категорию представляют вариконды — конденсаторы, емкость которых нелинейно зависит от приложенного напряжения, и для их изготовления применяются керамики на основе твердых растворов  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ .

Пьезоэлектрические свойства  $\text{BaTiO}_3$  позволяют создавать датчики давления, вибрации и ускорения для систем автоматизации и станков с ЧПУ, а также гидроакустические преобразователи для гидролокаторов, эхолотов и сонаров. Экологичность и биосовместимость делают  $\text{BaTiO}_3$  предпочтительным материалом для медицинских применений, таких как УЗИ-датчики, биосен-



соры и стимуляторы костной ткани. В оптике кристаллы  $\text{BaTiO}_3$  используются в электрооптических модуляторах для волоконно-оптической связи, нелинейно-оптических преобразователях частоты лазерного излучения и для записи голографических решеток. BST-материалы находят широкое применение в СВЧ-электронике — перестраиваемых фазовращателях, фильтрах и варикондах для систем связи 5G/6G и фазированных антенных решеток (АФАР), где они обеспечивают время переключения 10–100 нс, что в 100 раз быстрее механических систем [6]. Высокая стабильность  $\text{BaTiO}_3$  и способность сохранять эффективность в сложных условиях эксплуатации делают его предпочтительным материалом для оптических модуляторов в системах LiDAR (лазерное обнаружение и определение дальности), применяемых в оборонной и космической технике.

Наноразмерный титанат бария привлекает внимание исследователей как перспективный материал для создания мемристоров — энергонезависимых элементов с переключаемым сопротивлением, которые служат основой для нейроморфных вычислительных систем, имитирующих работу человеческого мозга.

Титанат стронция и твердые растворы на его основе находят широкое применение в устройствах микроволновой электроники, сочетая высокую диэлектрическую управляемость с низкими микроволновыми потерями, что позволяет создавать перестраиваемые радиочастотные компоненты для систем связи и радиолокации нового поколения. Наиболее перспективные разработки по применению  $\text{SrTiO}_3$  и BST лежат в области квантовых технологий: благодаря своей природе квантового параэлектрика, титанат стронция проявляет сильную нелинейную восприимчивость и управляемый диэлектрический отклик при низких температурах, что позволяет создавать параметрические усилители и другие квантовые схемы с уникальными характеристиками для считывания состояний кубитов в квантовых процессорах [7].

Таким образом, уникальное сочетание фундаментальных свойств, возможность направленной модификации и экологическая безопасность обеспечивают титанату бария, титанату стронция и их твердым растворам ведущее место среди функциональных материалов современной электроники и смежных высокотехнологичных отраслей.

#### Литература:

1. Смоленский Г. А. Физика сегнетоэлектрических явлений / Г. А. Смоленский, В. А. Боков, В. А. Исупов [и др.]. — Л.: Наука, 1985. — 476 с.
2. Струков Б. А. Физические основы сегнетоэлектрических явлений в кристаллах / Б. А. Струков, А. П. Леванюк. — М.: Наука, 1983. — 240 с.
3. Лайнс М. Сегнетоэлектрики и родственные им материалы / М. Лайнс, А. Гласс. — М.: Мир, 1981. — 736 с.
4. Haertling G. H. Ferroelectric Ceramics: History and Technology / G. H. Haertling // Journal of the American Ceramic Society. — 1999. — Vol. 82. — № 4. — P. 797–818. — DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1999.tb01840.x>
5. Phase transitions and glasslike behavior in  $\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x\text{TiO}_3$  / V. V. Lemanov, E. P. Smirnova, P. P. Syrnikov, E. A. Tarakanov // Phys. Rev. B. — 1996. — Vol. 54. — № 5. — P. 3151–3157. — DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.54.3151>
6. Ferroelectric Materials for Microwave Tunable Applications / A. K. Tagantsev, V. O. Sherman, K. F. Astafiev [и др.]. // Journal of Electroceramics. — 2003. — № 11. — С. 5–66. — DOI: <https://doi.org/10.1023/B:JECR.0000015661.81386.e6>
7. Three-Wave Mixing Element with Quantum Paraelectric Materials / I. R. Eric, S. W. Christopher, S. Jamison [и др.]. // Phys. Rev. Applied. — 2026. — № 25. — С. 024091. — DOI: <https://doi.org/10.1103/wbdc-p8pq>

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## Методы обеспечения удобства пользовательского интерфейса в системах управления задачами

Аракелян Оксана Сергеевна, студент  
Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

*В статье рассматриваются методы обеспечения удобства пользовательского интерфейса в системах управления задачами. Проведен анализ существующих решений и выявлены ключевые проблемы, связанные с перегруженностью интерфейса, низкой интуитивностью и недостаточной отзывчивостью систем. Определены основные факторы, влияющие на пользовательский опыт, и предложены методы повышения удобства интерфейса, включая минимализм, визуальную иерархию, интерактивность и адаптивность. Рассмотренные подходы могут быть использованы при разработке современных веб-приложений, ориентированных на малый бизнес.*

**Ключевые слова:** пользовательский интерфейс, UX, Kanban, системы управления задачами, веб-приложения, малый бизнес.

Современные системы управления задачами являются важным инструментом организации работы как отдельных специалистов, так и целых команд. Их применение позволяет структурировать рабочие процессы, распределять задачи и контролировать их выполнение. Особенно значимую роль такие системы играют в малом бизнесе, где эффективность работы напрямую зависит от удобства используемых инструментов.

Несмотря на большое количество доступных решений, многие системы управления задачами обладают существенными недостатками с точки зрения пользовательского интерфейса. Пользователи сталкиваются со сложной навигацией, перегруженностью функционала и необходимостью выполнения большого количества действий для решения простых задач. Это приводит к снижению производительности и увеличению времени адаптации сотрудников.

В условиях высокой конкуренции программных продуктов ключевым фактором становится не только функциональность системы, но и удобство ее использования. Удобный интерфейс позволяет сократить время обучения, снизить количество ошибок и повысить удовлетворенность пользователей.

Целью данной работы является анализ методов обеспечения удобства пользовательского интерфейса и формирование рекомендаций по их применению при разработке систем управления задачами.

Анализ современных систем управления задачами показывает, что большинство проблем связано не с недостатком функциональности, а с особенностями реализации интерфейса.

Одной из ключевых проблем является перегруженность интерфейса. Разработчики стремятся включить максимальное количество функций, что приводит к усложнению структуры и увеличению количества элементов управления. В результате пользователь сталкивается с избыточной информацией, что затрудняет восприятие и замедляет выполнение задач.

Другой важной проблемой является высокий порог вхождения. Многие системы требуют предварительной настройки, изучения документации и освоения сложных механизмов взаимодействия. Это особенно критично для малого бизнеса, где отсутствуют ресурсы для длительного обучения сотрудников.

Также существенным недостатком является недостаточная отзывчивость интерфейса. Задержки при выполнении операций, таких как создание задач или их перемещение, нарушают рабочий процесс и снижают эффективность использования системы.

Кроме того, часто наблюдается отсутствие логической структуры интерфейса. Пользователь не всегда понимает, где находится нужная функция и каким образом выполнить необходимое действие. Это увеличивает когнитивную нагрузку и приводит к ошибкам.

Таким образом, основные проблемы интерфейсов систем управления задачами можно свести к следующим факторам:

- избыточная сложность;
- низкая интуитивность;
- слабая визуальная организация;
- недостаточная скорость работы.

Удобство интерфейса определяется совокупностью характеристик, влияющих на взаимодействие пользователя с системой.

Во-первых, важную роль играет когнитивная нагрузка. Чем меньше усилий требуется пользователю для понимания интерфейса, тем выше его удобство. Простота восприятия достигается за счет логичной структуры и минимизации лишних элементов.

Во-вторых, значимым фактором является скорость выполнения операций. Пользователь ожидает мгновенной реакции системы на свои действия. Даже небольшие задержки могут восприниматься как серьезный недостаток.

В-третьих, важна визуальная организация информации. Четкое разделение элементов, использование контрастов и группировка объектов позволяют быстрее ориентироваться в интерфейсе.

Еще одним фактором является предсказуемость поведения системы. Пользователь должен понимать, какой результат приведет к тому или иному действию. Это снижает вероятность ошибок и повышает уверенность при работе.

Наконец, важным аспектом является адаптивность интерфейса. Возможность работы с системой на различных устройствах повышает ее доступность и удобство использования.

Одним из наиболее эффективных методов является использование принципа минимализма. Он предполагает отказ от избыточных элементов и концентрацию на ключевых функциях системы. Минималистичный интерфейс снижает когнитивную нагрузку и позволяет пользователю быстрее освоить систему. При этом второстепенные функции могут быть скрыты в дополнительных меню или настройках.

Четкая структура интерфейса является основой удобства использования. В системах управления задачами эффективным решением является использование иерархической модели, включающей рабочие пространства, доски, списки и задачи. Такая структура соответствует логике выполнения задач и позволяет пользователю легко ориентироваться в системе.

Визуальная иерархия позволяет выделить ключевые элементы интерфейса и упростить восприятие информации. Это достигается за счет использования размеров, цветов и расположения элементов. Например, задачи могут быть представлены в виде карточек, сгруппированных по этапам выполнения. Это позволяет визуально отслеживать прогресс работы.

#### Литература:

1. Аракелян О. С. Анализ CRM-систем: альтернативы Trello // Вестник научных конференций. 2025. № 3–3 (115). С. 17–19.

Современные интерфейсы должны поддерживать интерактивные механизмы взаимодействия. Одним из наиболее эффективных решений является использование технологии drag-and-drop, позволяющей перемещать задачи между этапами выполнения. Прямое взаимодействие с элементами интерфейса сокращает количество действий и делает работу с системой более естественной.

Интерфейс должен мгновенно реагировать на действия пользователя. Это достигается за счет оптимизации клиентской части приложения и применения механизмов мгновенного обновления данных. Обратная связь может выражаться в изменении состояния элементов, анимации или уведомлениях. Это помогает пользователю понимать результат своих действий.

Одной из целей проектирования интерфейса является минимизация количества шагов, необходимых для выполнения задачи. Это достигается за счет использования контекстных меню, автоматизации действий и оптимизации пользовательских сценариев.

Адаптивный дизайн позволяет обеспечить корректную работу системы на различных устройствах, включая мобильные телефоны и планшеты. Это особенно важно в условиях удаленной работы и необходимости быстрого доступа к системе из любой точки.

Возможность настройки интерфейса под индивидуальные предпочтения пользователя повышает удобство работы. Это может включать выбор цветовой схемы, изменение структуры отображения задач и настройку уведомлений. Персонализация способствует повышению вовлеченности пользователей и улучшению их опыта взаимодействия с системой.

В результате проведенного исследования были выявлены основные проблемы пользовательских интерфейсов систем управления задачами и предложены методы их решения.

Установлено, что ключевыми факторами удобства являются простота интерфейса, логичность структуры, высокая скорость отклика и минимизация когнитивной нагрузки. Применение принципов минимализма, визуальной иерархии и интерактивности позволяет существенно повысить эффективность работы пользователей.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке современных веб-приложений, ориентированных на малый и средний бизнес.

Перспективы дальнейших исследований связаны с использованием технологий искусственного интеллекта для адаптации интерфейса под поведение пользователей и автоматизации рабочих процессов.

## Имитационное моделирование как средство выбора правил фильтрации при защите от DDoS-атак

Данилов Александр Сергеевич, студент магистратуры  
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

*В статье рассматривается применение имитационного моделирования для оценки эффективности правил фильтрации трафика при распределенных атаках отказа в обслуживании. Показано, что модель позволяет заранее проверить влияние защитных правил на пропуск вредоносного трафика, загрузку ресурсов и вероятность ложной блокировки легитимных пользователей.*

**Ключевые слова:** DDoS-атака, имитационная модель, фильтрация трафика, вероятность пропуска атаки, ложное срабатывание, защита информации.

Имитационное моделирование является одним из способов предварительной оценки эффективности защитных мер при распределенных атаках отказа в обслуживании. В условиях реальной эксплуатации администратор не всегда может проверить новое правило фильтрации непосредственно на боевом контуре, поскольку ошибочная блокировка способна нарушить доступ пользователей к сервису. Модель позволяет воспроизвести поток запросов, задать параметры атаки и оценить последствия выбора конкретного набора правил [1].

При DDoS-атаке нагрузка формируется большим числом источников, поэтому простое сравнение текущего трафика со средним значением не всегда дает достаточный результат. Необходимо учитывать распределение запросов во времени, долю повторяющихся соединений, тип протокола, частоту обращений к ресурсоемким функциям и реакцию серверной инфраструктуры. Имитационная модель удобна тем, что позволяет изменять эти параметры независимо и наблюдать, как меняется вероятность пропуска вредоносного трафика.

Основная задача моделирования состоит не только в том, чтобы подтвердить факт атаки, но и в том, чтобы выбрать такие правила фильтрации, которые снижают нагрузку без чрезмерного ущерба для легитимных пользователей. Для этого в модель включаются сведения о допустимой пропускной способности канала, производительности средств защиты, времени обработки запроса, количестве отказов и количестве ошибочных блокировок.

В рамках такой постановки каждое правило можно рассматривать как отдельный элемент системы защиты.

Одно правило может ограничивать число соединений с одного адреса, другое — запрещать пакеты с некорректными флагами, третье — направлять подозрительные HTTP-запросы на дополнительную проверку. Совокупность правил образует набор, который должен применяться с учетом ограничений по ресурсам и допустимого уровня риска.

При построении модели важно отделять признаки атаки от признаков обычного увеличения посещаемости. Например, резкий рост числа запросов может быть связан не только с вредоносной активностью, но и с рекламной кампанией или публикацией новости. Поэтому критерии фильтрации должны оцениваться в связке: адрес источника, частота обращений, тип запроса, повторяемость маршрута и нагрузка на сервер.

Для формальной оценки можно использовать показатель вероятности пропуска атаки. Он отражает долю вредоносных запросов, которые прошли через систему защиты и достигли защищаемого ресурса. Чем меньше этот показатель, тем выше эффективность фильтрации. Одновременно требуется учитывать вероятность ложной блокировки, так как чрезмерно строгие правила могут быть опасны для доступности сервиса не меньше, чем сама атака [2].

Имитационное моделирование должно быть циклическим процессом. Сначала задается профиль нормальной нагрузки, затем формируются сценарии атаки, после чего модель рассчитывает последствия применения правил. Полученные метрики используются для корректировки порогов и повторного запуска эксперимента. Такой подход

Таблица 1. Параметры имитационной модели для оценки правил фильтрации

Компонент модели	Основные параметры	Назначение в оценке защиты
Источник трафика	Количество узлов, интенсивность запросов, распределение адресов	Определяет масштаб атаки и нагрузку на фильтр
Сетевой канал	Пропускная способность, допустимая задержка, процент потерь	Показывает момент перегрузки инфраструктуры
Правило фильтрации	Стоимость проверки, порог срабатывания, уровень строгости	Позволяет сравнить варианты защиты
Результат обработки	Число пропущенных атак, число ложных блокировок, время ответа	Используется для выбора наиболее устойчивого набора правил



позволяет не ограничиваться одним набором настроек, а последовательно искать более устойчивое решение.

Важным преимуществом моделирования является возможность безопасно проверять недопустимые и пограничные ситуации. Например, можно оценить, что произойдет при резком увеличении числа SYN-запросов, при появлении большого числа HTTP-запросов к одной странице или при сочетании нескольких видов атаки. В реальной сети такие эксперименты были бы рискованными, а в модели они позволяют заранее определить слабые места.

Особое значение имеет учет ресурсов системы защиты. Если правило требует глубокого анализа каждого пакета, оно может оказаться полезным при малой нагрузке, но неприемлемым при массовой атаке. Поэтому в модели необходимо фиксировать стоимость проверки и сравнивать ее с выигрышем в снижении вероятности пропуска атаки. На практике сначала целесообразно применять дешевые сетевые проверки, а затем направлять спорный трафик на более сложный анализ.

Модель также помогает выстроить порядок включения правил. При обнаружении слабой аномалии достаточно ограничить частоту запросов или включить серый список. При росте нагрузки можно добавить фильтрацию по про-

токолам и источникам, а при критическом состоянии — временно отключить отдельные ресурсоемкие функции. Такой сценарный подход согласуется с принципом многоуровневой защиты, при котором меры применяются постепенно и с учетом текущей ситуации [3].

Практическим результатом моделирования становится не абстрактная оценка защищенности, а набор рекомендаций для настройки средств фильтрации. В него входят пороговые значения, допустимое число соединений, порядок проверки запросов, условия перехода к более строгому режиму и критерии возврата к нормальной работе. Эти рекомендации могут быть использованы при подготовке регламентов реагирования и при настройке средств мониторинга.

Следовательно, имитационная модель является важным инструментом выбора правил фильтрации при защите от DDoS-атак. Она позволяет учитывать особенности конкретной информационной системы, заранее оценивать последствия включения правил и снижать риск ошибочной блокировки легитимных пользователей. Наиболее эффективным является применение модели совместно с мониторингом, журналированием событий и регулярным пересмотром параметров защиты.

#### Литература:

1. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. — СПб.: Питер, 2021.
2. Мельников В. П., Клейменов С. А., Петраков А. М. Информационная безопасность и защита информации. — М.: Академия, 2020.
3. Баранова Е. К., Бабаш А. В. Информационная безопасность и защита информации. — М.: РИОР, 2019.
4. ГОСТ Р 57580.1–2017. Безопасность финансовых операций. Защита информации финансовых организаций. Базовый состав организационных и технических мер. — М.: Стандартинформ, 2017.
5. ФСТЭК России. Методический документ. Меры защиты информации в государственных информационных системах. — М., 2014.

## Многоуровневая защита веб-приложений от DDoS-атак на основе фильтрации и ограничения трафика

Данилов Александр Сергеевич, студент магистратуры  
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

*В статье рассматриваются особенности защиты веб-приложений от распределенных атак отказа в обслуживании. Основное внимание уделяется сочетанию сетевой фильтрации, веб-экрана приложений, ограничения частоты запросов и мониторинга. Показано, что эффективная защита должна строиться как многоуровневая система с обратной связью.*

**Ключевые слова:** DDoS-атака, веб-приложение, WAF, ограничение частоты запросов, фильтрация трафика, мониторинг, доступность.

Защита веб-приложений от DDoS-атак требует учета не только сетевого трафика, но и логики работы прикладного сервиса. Веб-сайт может оставаться доступным на уровне канала связи, но фактически перестать обслу-

живать пользователей из-за перегрузки базы данных, очередей обработки или отдельных ресурсоемких функций. Поэтому многоуровневая защита должна объединять сетевые, транспортные и прикладные механизмы [1].

Наиболее сложными для обнаружения являются атаки прикладного уровня. В этом случае злоумышленник не обязательно создает экстремально большой поток пакетов. Он может имитировать поведение обычного пользователя, открывать страницы, отправлять поисковые запросы, обращаться к форме авторизации или многократно запускать операции, требующие обращения к базе данных. Внешне такие запросы могут выглядеть корректными, но их суммарный эффект приводит к отказу в обслуживании.

Многоуровневый подход означает, что трафик не должен проверяться только в одной точке. Часть нагрузки целесообразно отсеивать на уровне провайдера или сети доставки контента, часть — на межсетевом эк-

ране, часть — на уровне веб-экрана приложений, а поведенческие признаки должны передаваться в систему мониторинга. Такая архитектура снижает вероятность того, что один перегруженный компонент станет единственной точкой отказа.

Особое место занимает правило ограничения частоты запросов. Оно позволяет временно снизить интенсивность обращений от конкретного клиента, подсети, токена или сессии. Однако такое правило требует осторожной настройки, поскольку пользователи, находящиеся за одним провайдерским адресом или корпоративным шлюзом, могут быть ошибочно восприняты как один источник атаки.

Таблица 1. Уровни защиты веб-приложения при DDoS-атаке

Уровень защиты	Основная функция	Роль при противодействии DDoS
CDN и Anycast	Распределение входящего потока между узлами	Снижает влияние объемных атак на основной канал
Межсетевой экран	Фильтрация по адресам, портам, протоколам и состоянию соединения	Отсекает грубые и явно некорректные пакеты
WAF	Проверка HTTP-запросов, URI, заголовков и параметров	Защищает прикладную логику сервиса
Мониторинг	Сбор метрик, журналов и признаков аномалий	Позволяет корректировать правила во время атаки

Веб-экран приложений выполняет более глубокий анализ запросов, чем обычная сетевая фильтрация. Он может учитывать путь запроса, заголовки, параметры формы, частоту обращения к конкретным страницам, наличие типовых признаков автоматизации и результаты прошлых проверок. При DDoS-атаке WAF полезен тем, что позволяет защищать именно те участки приложения, которые создают наибольшую нагрузку.

При этом WAF не должен становиться единственным средством защиты. Если весь вредоносный поток достигает веб-экрана, сам WAF может быть перегружен. Поэтому предварительная фильтрация на сетевом уровне и ограничение скорости запросов остаются необходимыми. Чем раньше отсеивается очевидно вредоносный трафик, тем меньше ресурсов требуется для защиты прикладного уровня [2].

Пользовательский или вредоносный трафик сначала проходит через распределенную инфраструктуру, затем через веб-экран приложений и правила ограничения частоты. Результаты проверки передаются в мониторинг, который позволяет уточнять пороги и выявлять новые шаблоны атаки.

Важным элементом такой схемы является обратная связь. Если мониторинг фиксирует рост ошибок, задержек или повторяющихся запросов, система может временно усилить фильтрацию. Например, для части клиентов включается дополнительная проверка, для подозрительных URI вводится более жесткий лимит, а обращения к тяжелым операциям переводятся в очередь или временно ограничиваются. Это позволяет сохранить работоспособность ключевых функций сервиса.

Прикладная DDoS-атака часто использует легитимные маршруты приложения. Поэтому простая блокировка по IP-адресу может быть недостаточной или даже вредной. Более устойчивым решением является комбинация признаков: адрес источника, сессия, cookie, пользовательский агент, частота запросов, глубина переходов, доля ошибок и обращение к критическим функциям. Чем точнее профиль нормального поведения, тем безопаснее можно применять ограничительные правила.

Большое значение имеет подготовка правил до начала атаки. Организация должна заранее определить критичные страницы, допустимые значения нагрузки, признаки автоматизированного поведения и порядок включения защитных режимов. В противном случае во время инцидента администратор будет вынужден принимать решения вручную, что увеличивает риск ошибки и задерживает реакцию [4].

Не менее важна проверка последствий фильтрации. После включения ограничений необходимо отслеживать не только снижение нагрузки, но и жалобы пользователей, рост отказов авторизации, увеличение времени ответа и изменение бизнес-показателей. Защита не должна превращаться в самостоятельную причину недоступности сервиса. Поэтому правила должны иметь срок действия, условия отмены и понятные критерии эффективности.

Таким образом, защита веб-приложений от DDoS-атак должна строиться как согласованная система сетевых, транспортных и прикладных мер. Наиболее эффективной является архитектура, в которой CDN, межсетевой экран,

WAF, ограничения частоты и мониторинг работают совместно. Такой подход позволяет снижать нагрузку, сохранять доступность сервиса и уменьшать вероятность ложной блокировки добросовестных пользователей.

После завершения атаки необходимо провести анализ журналов и уточнить правила. В отчет включаются источники нагрузки, сработавшие фильтры, длительность инцидента, число заблокированных запросов и признаки ложных срабатываний. Накопленная статистика используется для корректировки профиля нормального поведения и подготовки новых сценариев реагирования.

Дополнительной мерой является деградация второстепенных функций. Во время атаки сервис может временно отключать сложный поиск, генерацию отчетов, тя-

желые фильтры каталога или массовую выгрузку данных. При этом базовые операции остаются доступными. Такой режим особенно важен для систем, где полное отключение ресурса недопустимо, а сохранение минимальной функциональности имеет приоритет.

Для повышения устойчивости веб-приложения также целесообразно разделять пользователей по степени доверия. Постоянные клиенты, авторизованные пользователи, новые посетители и клиенты с аномальным поведением могут обслуживаться с разными лимитами. Такой подход не означает отказ в доступе, а позволяет мягко перераспределять нагрузку и применять более строгие проверки только к тем запросам, которые создают повышенный риск.

#### Литература:

1. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. — СПб.: Питер, 2021.
2. Мельников В. П., Клейменов С. А., Петраков А. М. Информационная безопасность и защита информации. — М.: Академия, 2020.
3. Баранова Е. К., Бабаш А. В. Информационная безопасность и защита информации. — М.: РИОР, 2019.
4. ГОСТ Р 57580.1–2017. Безопасность финансовых операций. Защита информации финансовых организаций. Базовый состав организационных и технических мер. — М.: Стандартинформ, 2017.
5. ФСТЭК России. Методический документ. Меры защиты информации в государственных информационных системах. — М., 2014.

## Выбор и применение правил фильтрации трафика при защите информационных систем от DDoS-атак

Данилов Александр Сергеевич, студент магистратуры  
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

*В статье рассматривается проблема противодействия распределенным атакам отказа в обслуживании. Основное внимание уделяется правилам фильтрации трафика, критериям их выбора и сочетанию сетевых, транспортных и прикладных методов защиты. Показано, что эффективная защита от DDoS-атак должна строиться не только на блокировке подозрительных пакетов, но и на постоянной оценке нагрузки, ресурсов системы и вероятности пропуска вредоносного трафика.*

**Ключевые слова:** DDoS-атака, фильтрация трафика, правила фильтрации, защита информации, сетевой трафик, отказ в обслуживании.

Распределенные атаки отказа в обслуживании относятся к числу наиболее распространенных угроз доступности информационных систем. Их цель состоит в создании такой нагрузки на канал связи, серверное оборудование, сетевые устройства или прикладной сервис, при которой легитимные пользователи теряют возможность получить доступ к ресурсу. В отличие от обычной атаки отказа в обслуживании, DDoS-атака выполняется из множества источников: зараженных рабочих станций, серверов, маршрутизаторов, устройств интернета вещей и арендованных облачных узлов [1].

На практике DDoS-атака редко сводится только к большому числу однотипных запросов. Злоумышленник может

сочетать несколько векторов воздействия: перегрузку полосы пропускания, исчерпание таблиц соединений, создание большого числа неполных TCP-сессий, отправку запросов к ресурсоемким функциям веб-приложения. Поэтому защита должна включать обнаружение признаков атаки, выбор набора правил фильтрации, контроль побочных эффектов и последующую корректировку настроек.

Под правилом фильтрации трафика в рамках данной статьи понимается формализованное условие, по которому сетевой пакет, поток или запрос относятся к разрешенным, ограничиваемым либо запрещенным. Условие может учитывать IP-адрес источника, порт назначения, протокол, частоту соединений, размер пакета, наличие

аномальных флагов, поведение клиента, параметры HTTP-запроса и результаты предыдущих проверок. Чем больше признаков используется, тем точнее фильтрация, однако тем выше требования к ресурсам системы защиты.

Наиболее общую классификацию DDoS-атак удобно представить через уровень воздействия на инфраструктуру. Такая классификация помогает понять, какие признаки должны использоваться в правилах фильтрации и где именно целесообразно размещать защитные механизмы.

Таблица 1. Основные типы DDoS-атак и возможные меры фильтрации

Тип атаки	Объект перегрузки	Признаки	Примеры фильтрации
Объемная	Канал связи	Резкий рост входящего потока, большое число однотипных пакетов	Ограничение скорости, блокировка отраженного трафика, фильтрация по протоколам
Протокольная	Сетевые устройства и таблицы состояний	Много неполных соединений, аномальные TCP-флаги	SYN cookies, ограничение новых соединений, фильтрация некорректных пакетов
Прикладная	Веб-сервис и база данных	Много запросов к тяжелым операциям, повторяющиеся URI	WAF-правила, лимиты на клиента, проверка поведения

На сетевом уровне применяются правила, которые анализируют адреса источников и назначения, протоколы, порты, размер пакетов и служебные признаки. Такие правила эффективны при грубых объемных атаках, когда поток содержит большое число пакетов одного типа. Преимущество сетевой фильтрации состоит в высокой скорости обработки, а недостаток — в сравнительно малой информативности признаков.

На транспортном и прикладном уровнях фильтрация становится более точной, но и более затратной. Система должна анализировать структуру соединений, частоту HTTP-запросов, повторяющиеся шаблоны, поведение сессии и признаки автоматизированных клиентов. Здесь используются правила веб-экрана приложений, ограничение частоты запросов, проверка JavaScript-заданий, капча, токены сессий и временное отключение ресурсоемких функций [2].

Фильтрация не является разовым действием. Сначала система получает поток входящего трафика и сравнивает его с нормальным профилем работы ресурса. Затем выявляются признаки атаки: аномальный рост запросов, изменение распределения протоколов, увеличение числа ошибок, появление повторяющихся шаблонов или превышение допустимых значений по соединениям. После этого выбирается набор правил, который должен снизить нагрузку и сохранить доступность для легитимных пользователей.

Важным элементом процесса является оценка ресурсов. Даже правильное правило может оказаться неэффективным, если его применение требует слишком больших вычислительных затрат. Поэтому правила должны ранжироваться по стоимости применения: сначала используются простые и быстрые проверки, затем более сложные механизмы анализа подключаются только для спорного или потенциально опасного трафика.

Для формализации выбора правил можно представить множество доступных правил как  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ . Каждому правилу соответствует бинарная переменная  $x_i$ , где  $x_i = 1$  означает, что правило применяется, а  $x_i = 0$  означает,

что правило не используется. Тогда набор включенных правил описывается вектором  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ . Для каждого правила можно определить потребление ресурсов, а также влияние на вероятность пропуска атаки и вероятность ошибочной блокировки легитимного трафика.

В практической системе защиты задача выбора правил может рассматриваться как поиск такого вектора  $X$ , при котором вероятность пропуска атаки минимальна, а суммарное потребление ресурсов не превышает допустимого ограничения. При этом вероятность пропуска атаки целесообразно оценивать не только теоретически, но и на основе имитационной модели или накопленной статистики. Такой подход позволяет учитывать реальные особенности нагрузки, структуру запросов и поведение пользователей конкретного сервиса [3].

Отдельного внимания заслуживает проблема ложных срабатываний. В период DDoS-атаки часть легитимных пользователей может выглядеть подозрительно, поскольку они повторяют запросы после ошибок, обновляют страницы или подключаются через общие адреса провайдеров. Поэтому правила фильтрации должны иметь градации реакции: замедление, ограничение частоты, дополнительную проверку или временное помещение в серый список [4].

Методы защиты от DDoS-атак можно разделить на организационные и технические. К организационным относятся разработка плана реагирования, определение ответственных лиц, заключение договора с провайдером защиты, подготовка резервных каналов связи и регулярное тестирование процедур. К техническим относятся фильтрация на маршрутизаторах и межсетевых экранах, использование систем предотвращения вторжений, веб-экранов приложений, сетей доставки контента, Anycast-инфраструктуры и специализированных центров очистки трафика [5].

Таким образом, правила фильтрации трафика при DDoS-атаках должны рассматриваться как адаптивный набор мер, а не как статический список запретов. Их



выбор зависит от типа атаки, текущей нагрузки, доступных ресурсов и допустимого уровня риска. Наиболее перспективным является подход, при котором решение о включении правил принимается на основе монито-

ринга, оценки ресурсов и моделирования последствий. Это позволяет повысить устойчивость информационной системы и одновременно снизить вероятность блокировки легитимных пользователей.

#### Литература:

1. ФСТЭК России. Рекомендации по повышению защищенности информационной инфраструктуры от угроз безопасности информации, связанных с атаками типа «отказ в обслуживании». — М., 2024.
2. ФСТЭК России. Требования по безопасности информации к средствам защиты от воздействий типа «отказ в обслуживании», утвержденные приказом ФСТЭК России от 30 июля 2018 г. № 132. — М., 2018.
3. ФСТЭК России. Информационное сообщение от 24 марта 2022 г. № 240/22/1549. — М., 2022.
4. Абрамов А. Г. Защита от DDoS-атак своими руками: оперативные меры и свободно распространяемые средства // Программные продукты и системы. — 2022. — № 4. — С. 572–582.
5. Козырева Н. И. Современные методы предотвращения DDoS-атак и защиты веб-серверов // Современные научные исследования и инновации. — 2025.

## Виды графического интерфейса в виртуальных средах и применение их в образовательных симуляторах

Зарембо Иван Алексеевич, студент магистратуры

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

*В статье рассматривается явление иммерсивности в виртуальных средах, определяются типы графического интерфейса на основе того, как они представлены в виртуальной среде и их влиянию на вовлеченность пользователя. Представлены примеры сформулированных категорий графического интерфейса в рамках разработанного автором виртуального симулятора.*

**Ключевые слова:** пользовательский интерфейс, диететический интерфейс, виртуальные симуляторы, виртуальные лаборатории.

**П**од виртуальной средой или реальностью подразумевается компьютерная модель среды, в которой пользователь может взаимодействовать с её компонентами и наблюдать за изменениями модели в результате произведенных действий. Одним из основных компонентов виртуальной среды, который одновременно может быть использован для оказания влияния на неё пользователем и предоставления обратной связи о состоянии симулируемой среды является графический интерфейс. Цель данного исследования, изучить существующие виды графического интерфейса и рассмотреть возможность их применения в образовательных симуляторах для повышения пользовательского опыта.

Качество пользовательского опыта при взаимодействии с интерактивными виртуальными средами тесно связано с определениями иммерсивности. Иммерсивность, происходящее от английского слова immersion — погружение, означает способ восприятия, создающий эффект погружения в искусственно созданную среду, при котором человек начинает воспринимать себя не только наблюдателем, но и участником наблюдаемого действия. Гордон Каллеха подчёркивал, что иммерсивность не

может быть достигнута без одновременного использования присутствия и телеприсутствия наблюдателя [1]. Под телеприсутствием понимается создание ощущения нахождения в ином месте за счёт использования технологических устройств, как например устройств для передачи изображения или звука (монитор, шлемы виртуальной реальности и пр) и контроллеров, с помощью которых пользователь способен передавать обратную связь системе; а под более расплывчатым определением «присутствия» подразумевается пребывание в виртуальной среде, т. е. выстраивание самой среды, с которой пользователь взаимодействует через элементы телеуправления, таким образом, чтобы она вовлекала пользователя в себя. Именно второе определение присутствия ближе к чувству иммерсивности.

Важным определением для категоризации элементов интерфейса в интерактивных виртуальных средах является диетезис. Изначально в контексте компьютерных программ данное определение было использовано при исследовании видеоигр. Так Александр Галоуэй под диетезисом определял все нарративные действия игрового мира, а под не-диетезисом игровые элементы, которые на-

ходятся внутри всей игровой системы, но вне той части, которая представляет вымышленный персонажей и истории, т. е. элементы, с которыми не может взаимодействовать аватар игрока, но с которыми может взаимодействовать сам пользователь [2]. В контексте виртуальных симуляторов и тренажеров, под диегезисом мы можем определить ту часть виртуального пространства, которая отвечает за имитацию реального физического пространства и объектов, существующих в нём. Для более подробного разделения элементов графического интерфейса мы можем характеризовать их по двум признакам:

1. Является ли элемент интерфейса частью имитируемой среды?

2. Визуализирован ли элемент интерфейса, как часть трехмерного виртуального пространства?

На основе этих двух признаков можно выделить следующие категории элементов пользовательского интерфейса:

1. Недиегетические — объекты на экране, которые не представлены в пространстве виртуального мира и не имеющие объяснения своему существованию условиями повествования вымышленного или имитируемого мира. К ним относятся такие элементы интерфейса, которые присущи любым другим электронным приложениям — экраны меню, всплывающие окна, объекты HUD(head-up display). Данные элементы интерфейса как правило не меняют своего расположения на экране при перемещении пользователем камеры, с помощью которой он ориентируется в моделируемом пространстве.

2. Пространственный — тип элементов интерфейса, которые представлены объектами в виртуальном пространстве, но не существуют в реальном мире или не имеют нарративного обоснования своему существованию. Как правило к этому типу относятся объекты, призванные помочь ориентироваться в виртуальном пространстве и заострить внимание на важных объектах виртуального мира. Примерами является подсветка контура трехмерных моделей, указатели направления или всплывающие окна, следующие за трехмерными объектами.

3. Мета — тип интерфейса, который не представлен в виртуальном пространстве игрового мира, но имеющий нарративное обоснование своему существованию. Данный тип интерфейса применяется для передачи состояния аватара пользователя, например через изменения фильтра изображения на экране, или упрощенного представления существующего предмета, например взаимодействие с телефоном игрового персонажа только в виде окна игрового оверлея.

4. Диегетические — т. е. представленные внутри игрового пространства и имеющие объяснение своему существованию в рамках нарратива виртуального мира. Подобные элементы хоть и встречаются реже, но помогают повысить чувство иммерсивности пользователя внутри виртуальной среды. В качестве примера диегетических элементов интерфейса можно привести приборные панели в симуляторах автомобильной, авиационной и рабочей техники, кнопки на физическом оборудовании, визуализация интерактивных меню на трехмерных моделях телеэкранов или физических консолей.

Данные теоретические категории в последствии были применены на практике при разработке виртуальной лаборатории по исследованию электромагнитных волн в замкнутых системах, чтобы повысить уровень вовлеченности студентов при работе с ней. Среди диегетических элементов интерфейса стоит выделить электронные дисплеи, отображающие точное численное значение изменяемых входных параметров, которые изменяет пользователь с помощью интерактивных объектов, ручки для их настройки и кнопки для включения генератора и приемника. Среди пространственных элементов можно выделить цветные контуры, которые подсказывают, какие элементы лабораторной установки являются доступными пользователю для взаимодействия с помощью компьютерной мыши. Визуальное представление данных элементов интерфейса на трехмерных моделях лабораторного оборудования представлено на рисунках 1 и 2.

В ходе исследования был произведен анализ зарубежных исследований диегетических интерфейсов в виртуальных средах и сформированы категории графических



Рис. 1. Элементы диегетического и пространственного интерфейса на трехмерной модели генератора СВЧ

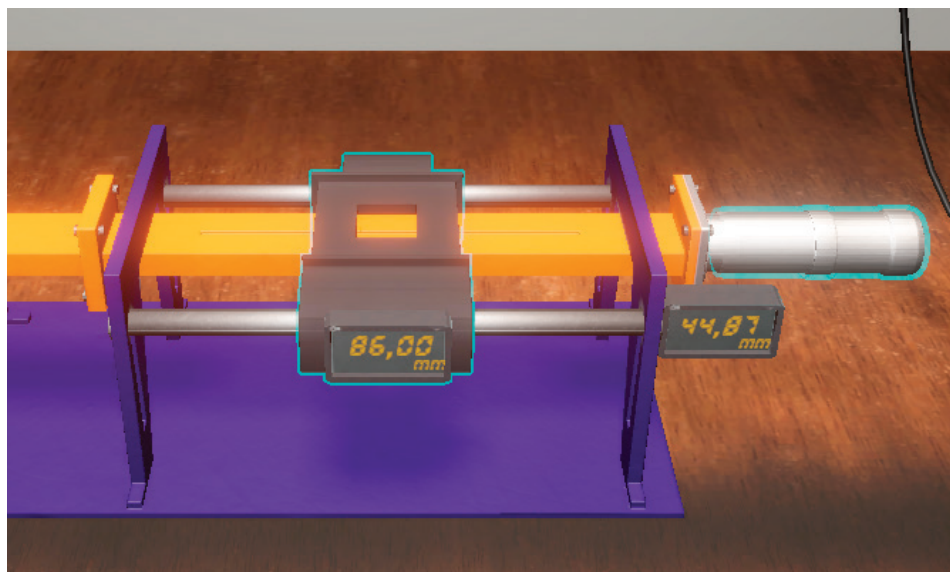


Рис. 2. Элементы диегетического и пространственного интерфейса на трехмерной модели прямоугольного волновода

интерфейсов на основе их представления в виртуальном пространстве. В результате полученные сведения были применены при разработке интерактивного виртуаль-

ного симулятора лабораторной среды, оказав влияние на проектирование интерфейса и интерактивных элементов внутри приложения.

#### Литература:

1. Calleja, Gordon In-Game: From Immersion to Incorporation / Gordon Calleja. — MIT Press, 2011.
2. Galloway, A. R. Gaming: Essays on Algorithmic Culture / A. R. Galloway. — Minneapolis, London: University of Minnesota Press, 2006..
3. Seo, G. Towards the Utilization of Diegetic UI in Virtual Reality Educational Content / G. Seo, B. -. Bae. — // HCI International — Posters' Extended Abstracts. —, 2018. — С. 111–115..
4. Marre, Q. Video Game Interfaces and Diegesis: The Impact on Experts and Novices' Performance and Experience in Virtual Reality / Q. Marre, L. Caroux, J. -. Sakdavong. — // International Journal of Human–Computer Interaction. — 2021. — № 37(12). — С. 1089–1103.
5. Kim, Ye-Eun User Interface Analysis and Diegetic Design Guide for Virtual Reality Content / Ye-Eun Kim, Soong-Hyun Kim. — // Journal of Digital Contents Society. — 2023. — № 24(11). — С. 2639–2647..
6. Seo, G. Implementation of Immersive Virtual Reality Through the Analysis of Diegetic User Interface / G. Seo. — // HCI International 2020 — Posters. —, 2020. — С. 116–121.

## Разработка интерактивной виртуальной лаборатории для исследования основной и высшей волны в круглом волноводе

Зарембо Иван Алексеевич, студент магистратуры  
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

*В статье рассматривается процесс проектирования и разработки интерактивной виртуальной лаборатории для исследования основной и высшей волны в круглом волноводе, выполненной в мультиплатформенной среде разработки Unity.*

**Ключевые слова:** Unity, симуляторы, моделирование, виртуальные лаборатории, учебные компьютерные программы.

В современной системе образования наблюдается постепенное внедрение электронных технологий. Одним из подобных электронных инструментов являются электронные симуляторы, которые могут быть использованы для обучения как студентов медицинских, так и инженерных направлений. К преимуществам использования электронных симуляторов можно отнести возможность их использования при дистанционном обучении, более свободный доступ



студентов к моделируемому оборудованию, исследование аварийных или экстремальных ситуаций без дополнительного риска, снижение потенциальных затрат на приобретение физического оборудования [1].

В данной работе представлен процесс проектирования и разработки одной из трех виртуальных лабораторий по исследованию электромагнитных волн в направляющих системах, разработанных в рамках одного интерактивного приложения-симулятора для студентов, обучающихся на кафедре радиоэлектроники и телекоммуникаций ИРИТ-РТФ. Разработка производилась в мультиплатформенной среде Unity с применением языка программирования C#, т. к. финальный результат должен быть выпущен одновременно в виде настольного приложения для персональных компьютеров и WebGL приложения для его применения на электронной образовательной площадке elearn.

В рамках рассматриваемой лабораторной работы пользователь исследует основную волну  $H_{11}$  и высшую волну  $E_{01}$  в круглом волноводе. Стенд данной лабораторной работы (рисунок 1) состоит из генератора СВЧ, измерительного усилителя, круглого волновода с вращающейся секцией со штырем для измерения амплитуды радиальной составляющей электрического поля, малый прямоугольный волновод, подсоединенный с помощью кабеля к генератору СВЧ и двух сменяемых переходов от прямоугольного волновода к круглому. Первый переход является плавным и имеет изогнутую в плоскости вектора электрического поля  $E$  секцию (данный переход подключен к круглому волноводу на рисунке 1), второй переход является скачкообразным, содержит внутри диэлектрическую втулку для уменьшения поля волны  $H_{11}$  и выполняет роль возбудителя двухволнового режима работы установки (данный переход на рисунке 1 отключен от установки и лежит на столе рядом с ней).

Выполнение лабораторной работы поделено на два этапа. На первом этапе при подключенном изогнутом плавном переходе к круглому волноводу, пользователь занимается исследованием волны  $H_{11}$  в одноволновом режиме. Для этого вначале, поворачивая вращающуюся секцию определяются одно значение угла поворота, при котором напряженность магнитного поля равно максимуму. При этом зафиксированном положении вращающейся секции, путем перемещения поршня, определяются узлы амплитуды, т. е. значения смещения поршня, при которых напряженность магнитного поля равна нулю. На основе этих значений вычисляется длина волны в волноводе. После путем перемещения поршня с шагом 2–3 мм составляется зависимость напряженности квадрата магнитного поля от положения поршня. После установки поршня в положение, в котором амплитуда электромагнитной волны максимальна, путем поворота вращающейся секции волновода с шагом  $15^\circ$  снимается зависимость напряженности магнитного поля от положения вращающейся секции. На втором этапе плавный переход к круглому волноводу заменяется на возбудитель двухволнового режима. Вращательная секция устанавливается в положение, в котором значение напряженности магнитного поля основной волны  $H_{11}$  равно нулю. Путем перемещения поршня определяют и записывают два положения поршня, при ко-

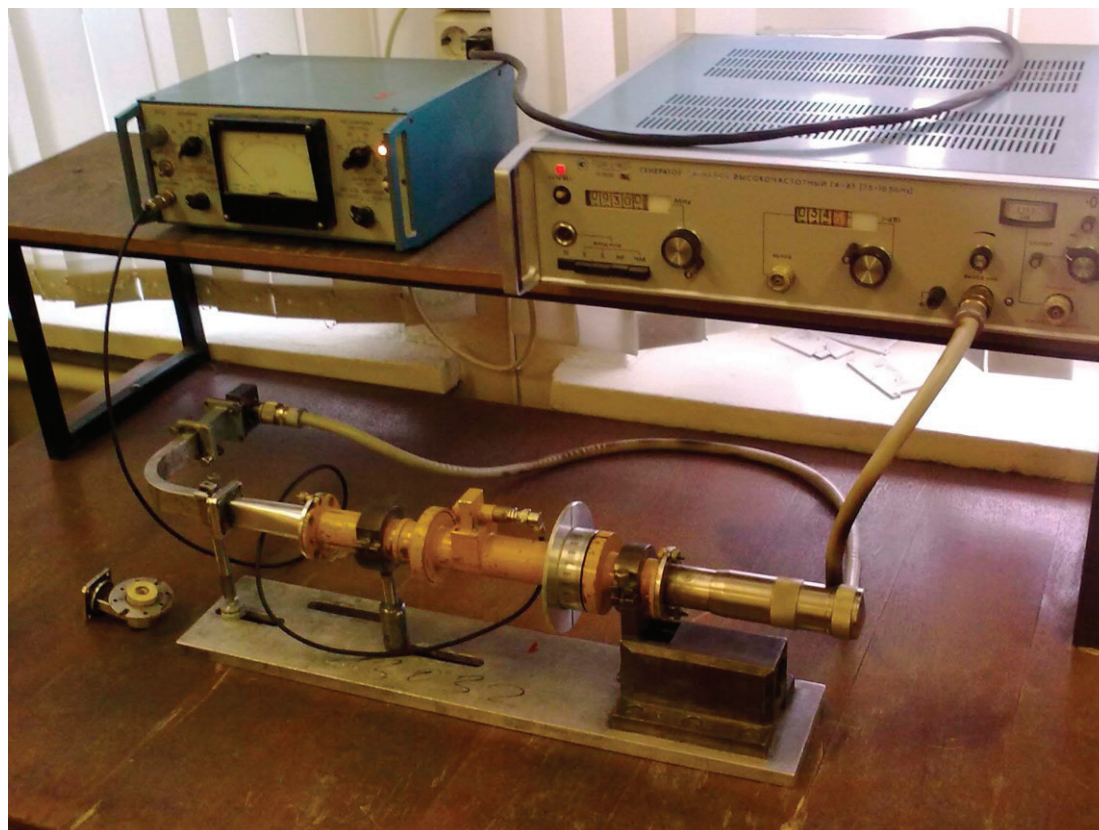


Рис. 1. Фотография моделируемой лабораторной установки



тором значение напряженности магнитного поля высшей волны  $E_{01}$  равно нулю. На основе этого вычисляется значение длины волне  $E_{01}$ . Аналогично первому этапу работы путем перемещений поршня и вращающейся секции волновода снимаются зависимости значения напряженности магнитного поля от измеренных положений.

На основе описанного алгоритма выполнения лабораторной работы можно выделить отдельные элементы имитационной модели, которые должны быть доступны пользователю для взаимодействия (рисунок 2). Меняя состояния данных компонентов на трехмерных моделях внутри симулятора, пользователь будет менять значения переменных, которые влияют на значение волны, принимаемой измерительным усилителем.



Рис. 2. Диаграмма компонентов имитационной модели лабораторной установки

На основе полученной диаграммы компонентов и теоретических материалов об исследуемых нами физических процессах [2], была построена математическая модель, определяющая значение уровня сигнала на приемнике. Используемые в математическом описании переменные и константы представлены в таблицах 1 и 2. Диапазоны числовых значений были экспериментально взяты на основе лабораторной установки, используемой в ИРИТ-РТФ. Математическое описание волны, распространяемой в круглом волноводе представлено в формулах 1–5.

Длина создаваемой генератором волны в свободном пространстве:

$$\lambda = c/f \quad (1)$$

Длина высшей волны  $E_{01}$  в волноводе, м:

$$\lambda_B^{01} = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2,613a}\right)^2}} \quad (2)$$

Длина основной волны  $H_{11}$  в волноводе, м:

$$\lambda_B^{11} = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{3,413a}\right)^2}} \quad (3)$$

$Z$  — расстояние от штыря до КЗ поршня вдоль волновода, м,

$$Z = Z_{КЗ} + Z_{ш}$$

$$f(\varphi) = \begin{cases} \sin(\varphi) \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda_B^{11}} z\right) & \text{— для плавного перехода} \\ p_{под} \cdot \sin(\varphi) \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda_B^{11}} z\right) + 1 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda_B^{01}} z\right) & \text{— для ступенчатого} \\ & \text{перехода} \end{cases} \quad (4)$$

Уровень сигнала на приемнике  $U_s$ :

$$U_s = p_n \cdot ((n_r \cdot |f| \cdot p_r)^2 \cdot (1 - p_{yn}) \cdot n_n + n_{yn}) \cdot 100 \quad (5)$$

Таблица 1. Переменные, используемые в математической модели

Переменная	Что означает	Принимаемые значения
f	Частота генератора	От 7500 до 10500 ГГц
$z_{кз}$	Положение поршня	От 0 до 0,07 м
$\varphi$	Угол поворота вращательной секции	От 0° до 360°
$n_{г}$	Положение регулятора ослабления на генераторе	От 0 до 2
$n_{п}$	Положение регулятора усиления на приемнике	От 0 до 2
$n_{п}$	Положение регулятора установки нуля	От 0 до 1 Начальное положение генерируется случайным образом при запуске в диапазоне [0,04 ... 0,15]
$p_{г}$	Положение выключателя генератора	1 — вкл, 0 — выкл
$p_{г}$	Положение выключателя приемного усилителя	1 — вкл, 0 — выкл
$p_{ун}$	Положение переключателя установки нуля	1 — вкл, 0 — выкл

Таблица 2. Константы, используемые в математической модели

Константа	Что означает	Значение
a	Радиус волновода	0,015 м
$z_{ш}$	Расстояние от начала поршня до штыря в круглом волноводе	0,12 м
c	Скорость света	$3 \cdot 10^8$ м/с
$p_{под}$	Эффективность подавления волны $H_{11}$ в ступенчатом переходе	0,5

В приложении данные формулы, описывающие построенную математическую модель, применяются в программном коде бэкендовой составляющей программы(рисунок 3) из нескольких классов и выводят результат вычислений на дисплей приемника в килогерцах.

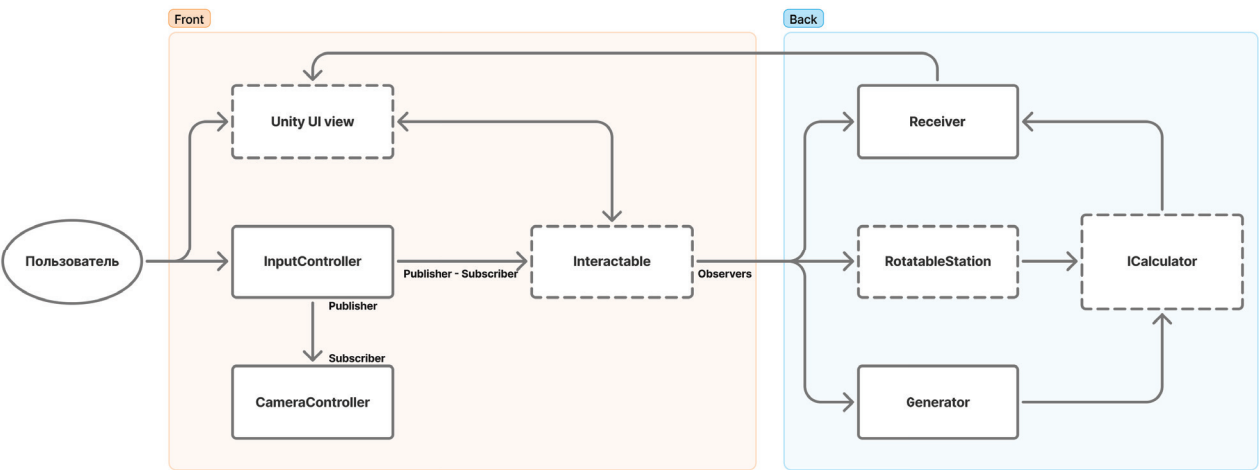


Рис. 3. Архитектура компонентов на игровой сцене в Unity, где представлена модель лабораторной установки

Для настройки зависимых переменных используются трехмерные модели генератора, усилителя и круглого волновода, к интерактивным элементам которых привязаны частные реализации абстрактного класса Interactable, которые отвечают за поведение этих компонентов (регуляторов, выключателей, подвижного поршня, вращающейся секции волновода) в зависимости от проводимых пользователем операций. Пользователь взаимодействует с имитационной моделью с помощью компьютерной мыши, перемещение и изменение состояния кнопок которой отслеживается классом InputController. Данный класс взаимодействует с реализациями класса Interactable и CameraController, отвечающий за перемещение камеры и её приближение/отдаление, по паттерну поведения Publisher — Subscriber.

Для визуального представления лабораторной установки были созданы трехмерные модели применяемого оборудования с помощью программы Blender. Текстурирование готовых трехмерных моделей было выполнено в программе Adobe Substance 3D Painter в соответствии стандартом Universal Render Pipeline для Unity, в результате чего на каждую модель были созданы текстурные карты нормалей (отвечающую за рельефность поверхности), альбедо(отвечающую за базовый цвет поверхности) и металлической гладкости(отвечающую за отражение света поверхностью). Экран готового прототипа представлен на рисунке 4.



Рис. 4. Экран разработанной виртуальной лаборатории

В ходе данной работы был произведен анализ методических материалов по исследованию электромагнитных волн в направляющих системах, построены диаграммы имитационной модели лабораторной установки и архитектуры сцены в среде Unity, построены трехмерные модели реального лабораторного оборудования и разработан прототип приложения для среды WebGL. Дальнейшее развитие проекта предполагает создание двух других лабораторных работ, касающихся электромагнитных волн, внутри одного приложения, которое будет передано на кафедру радиоэлектроники и телекоммуникаций ИРИТ-РТФ для обучения студентов.

#### Литература:

1. Сохатюк, Ю. В. Использование виртуальных лабораторий — фактор повышения качества и эффективности формирования профессиональных компетенций у студентов / Ю. В. Сохатюк. — Текст: непосредственный // Педагогика: традиции и инновации: материалы I Междуна. науч. конф. (г. Челябинск, октябрь 2011 г.). Т. 2. — Челябинск: Два комсомольца, 2011. — С. 146–150.
2. Соловьянова, И. П. Расчет и измерение параметров электромагнитных волн в направляющих системах и на естественных трассах: учебно-методическое пособие / И. П. Соловьянова, Ю. Е. Мительман. — Текст: непосредственный.
3. Козлов, А. В. Цифровизация обучения студентов технических специальностей / А. В. Козлов. — Текст: непосредственный // Современное педагогическое образование. — 2022. — № 10. — С. 201–205.
4. Кирюхина, Н. В. Иммерсивные технологии в обучении физике / Н. В. Кирюхина, Н. А. Плеханова. — Текст: непосредственный // Проблемы современного педагогического образования. — 2023. — № 79. — С. 133–136.
5. Корнеева, Н. Ю. Иммерсивные технологии в современном профессиональном образовании / Н. Ю. Корнеева, Н. В. Уварина. — Текст: непосредственный // Современное педагогическое образование. — 2022. — № 6. — С. 17–22.

## Влияние веб-технологий на повышение эффективности работы сотрудников и организации

Клюева Мария Андреевна, студент;

Погуляева Ульяна Ильинична, студент

Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина

*Статья посвящена влиянию веб-технологий на операционную эффективность сотрудников и организаций. Рассматриваются механизмы автоматизации процессов с помощью веб-приложений: сокращение временных затрат, уменьшение ошибок, повышение прозрачности. Приводятся примеры цифровизации рабочих процессов, анализируются факторы успеха внедрения. Модульные веб-решения рассматриваются как эффективный инструмент повышения производительности труда независимо от отраслевой принадлежности.*

**Ключевые слова:** веб-технологии, автоматизация, эффективность, веб-приложение, база данных, производительность труда, цифровизация процессов.

В условиях цифровой экономики организации различных профилей (производственные, образовательные, административные) нуждаются в повышении эффективности внутренних процессов [1]. Несмотря на распространение ИТ, многие операции по-прежнему выполняются вручную: сбор данных, расчет показателей, обработка запросов, формирование отчетности. Это приводит к нерациональным затратам времени, ошибкам и снижению прозрачности.

Внедрение веб-инструментов автоматизации позволяет перевести повторяющиеся операции в цифровую среду, обеспечить централизованное хранение и доступ к информации [3]. Цель статьи — выявить и обосновать механизмы влияния веб-технологий на эффективность труда сотрудников и организации в целом.

### Теоретические аспекты влияния веб-технологий на эффективность

Эффективность труда — соотношение результатов и затраченных ресурсов (времени, трудозатрат, издержек) [2]. Веб-технологии воздействуют на эти компоненты через автоматизацию, ускорение обмена информацией и снижение нагрузки на персонал.

Основные направления автоматизации:

1. Перевод рутинных операций в цифровой формат (замена бумажных документов веб-формами и базами данных);
2. Централизованное хранение и обработка информации;
3. Асинхронное взаимодействие (без синхронного присутствия);
4. Разграничение прав доступа в зависимости от роли [3].

Механизмы повышения эффективности:

1. сокращение времени выполнения стандартных задач;
2. снижение ошибок за счёт валидации данных;
3. рост прозрачности процессов для руководителя;
4. удобство работы без специальных технических знаний.

### Общий анализ автоматизации типовых рабочих процессов

Сценарий 1: Обработка входящих запросов. При приёме запросов по телефону или email сотрудник вручную фиксирует информацию, передаёт её, контролирует исполнение. При большом потоке — потери данных и задержки. Внедрение веб-формы с асинхронной отправкой автоматизирует прием: пользователь заполняет поля, система проверяет ввод, сохраняет запрос в БД и уведомляет ответственного. Сотрудник освобождается от рутины, риск потери информации минимален [3].

Сценарий 2: Расчет сводных показателей. При расчете рейтингов или объёмов работ сбор данных ведется в разрозненных таблицах, консолидация занимает часы или дни [4]. Веб-приложение с формами для ввода, автоматическим алгоритмом расчёта и формированием отчёта сокращает время операции в разы. Единая база данных исключает дублирование, проверки предотвращают некорректный ввод.

Общие черты: модульная архитектура, разделение ролей, защита информации, адаптивный интерфейс.

### Факторы успеха внедрения и получаемые эффекты

Ключевые факторы успеха:

1. Простота интерфейса (работа без длительного обучения);
2. Гибкость хранения данных (реляционные таблицы, JSON) [5];
3. Защищённость (от спама, SQL-инъекций, несанкционированного доступа), включая соблюдения требований обработки персональных данных [6];
4. Модульность (независимые блоки для масштабирования).

Количественные эффекты: сокращение времени обработки операции (с часов до минут), уменьшение ошибок, рост числа обработанных запросов [2]. Качественные изменения: повышение положительного опыта пользователей.



## Результаты и факторы успеха веб-автоматизации

Веб-приложения обеспечивают кроссплатформенный доступ (любое устройство с браузером, без установки ПО), что снижает порог внедрения. Централизованное обновление серверной части упрощает поддержку. Модульная архитектура позволяет автоматизировать процессы поэтапно, начиная с наиболее трудоемких участков, без остановки работающих модулей [5].

Организационные факторы: успех зависит от формализации самого процесса — только четко описанные операции могут быть корректно перенесены в цифровую среду [1]. Интерфейс должен быть интуитивно понятен, чтобы обучение персонала не стало затратным этапом.

Ограничения: зависимость от стабильного интернет-соединения (снимается развитием PWA и локального кэширования). Перспективы: интеграция через REST API, аналитические панели для руководителей, мобильные приложения.

Исследование подтверждает, что веб-технологии — действенный инструмент повышения эффективности работы сотрудников и организаций. Автоматизация повторяющихся операций, централизация данных и разграничение доступа сокращают временные затраты, уменьшают число ошибок и делают процессы прозрачнее. Положительный эффект достигается даже при компактных модульных решениях. Практическая значимость достигается за счет универсальности в отраслях различного профиля.

## Литература:

1. Гарифуллин Б. М., Зябриков В. В. Цифровая трансформация бизнеса: модели и алгоритмы // КЭ. 2018. № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-biznesa-modeli-i-algoritmy> (дата обращения: 31.05.2026).
2. Дадалко В. А., Коровин Д. И., Подольский А. Г., Топчий П. П. Влияние цифровых технологий на производительность труда работников предприятий оборонно-промышленного комплекса // Известия ВУЗов ЭФиУП. 2019. № 4 (42). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tsifrovyyh-tehnologiy-na-proizvoditelnost-truda-rabotnikov-predpriyatij-oboronno-promyshlennogo-kompleksa> (дата обращения: 31.05.2026).
3. Лапидус Л. В. Цифровая экономика: управление электронным бизнесом и электронной коммерцией [Электронный ресурс]: учебник / Л. В. Лапидус. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. — URL: <http://i.uran.ru/webcab/system/files/bookspdf/cifrovaya-ekonomika-upravlenie-elektronnym-biznesom-i-elektronnoy-kommerciy/cifrovaya.pdf> (дата обращения: 31.05.2026).
4. Суходолова, Е. М. Информационная система как основа эффективного управления вузом / Е. М. Суходолова // КиберЛенинка: науч. электрон. б-ка. — 2021. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnaya-sistema-kak-osnova-effektivnogo-upravleniya-vuzom-1> (дата обращения: 31.05.2026).
5. Трофимов В. В., Ильина О. П. Информационные системы и технологии в экономике и управлении [Электронный ресурс]: учебник. — URL: <https://library.rosvuz.ru/files/library/book/d4fa501faaafcb389d19f2106df8ee5d.pdf> (дата обращения: 31.05.2026).
1. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» (ред. от 02.07.2021) // Собрание законодательства РФ. — 2006. — № 31. — Ст. 3451. — URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_61801/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/) (дата обращения: 31.05.2026).

## Эволюция систем безопасности: как искусственный интеллект меняет видеонаблюдение на объектах

Козлов Кирилл Дмитриевич, сотрудник;

Рюмшин Иван Николаевич, сотрудник

Научный руководитель: Меркулов Павел Александрович, сотрудник

Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации (г. Орел)

*В статье автор исследует трансформацию систем видеонаблюдения благодаря внедрению технологий искусственного интеллекта. Рассматриваются принципы работы нейросетей, методы серверной и бортовой аналитики, а также примеры применения реальных интеллектуальных систем на объектах.*

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, видеонаблюдение, системы безопасности, нейросети, умные камеры.

## Введение

Много лет подряд безопасность охраняемых объектов зависела от охранников, которые часами смотрели на де-

сятки экранов. Но человеческий глаз быстро устает, внимание рассеивается, и в итоге камеры чаще всего просто записывали видео, чтобы потом посмотреть, как именно произошла кража или авария.

Сегодня всё изменилось. На смену обычной видеозаписи пришел искусственный интеллект (ИИ). Он превратил обычные камеры и микрофоны в умных помощников, которые никогда не спят. Давайте разберемся, как работают эти технологии на понятном языке, какие скрытые процессы за ними стоят и какие реальные системы уже используются в мире.

### **От простой картинки к пониманию: как ИИ смотрит видео**

Чтобы камера начала «понимать» то, что она снимает, используют нейросети — специальные программы, которые работают по принципу человеческого мозга.

Сначала систему долго учат, и это значительный труд целых команд инженеров по данным (Data Engineer). Они не просто «показывают картинки», а вручную размечают миллионы кадров. Специалисты выделяют на видео контуры объектов, сложные ракурсы машин, необычные позы людей (например, человек присел или тянется за чем-то), а также различные типы их взаимодействия с предметами. Изучив такие размеченные массивы данных, ИИ начинает сам узнавать объекты даже в нестандартных ситуациях.

В реальном времени это работает так:

- Обнаружение движения: программа замечает, что в кадре что-то изменилось.

- Распознавание: ИИ сравнивает объект с тем, что он видел раньше. Он легко отличит человека от большой собаки или легковую машину от фуры, не обращая внимания на дождь или снег.

- Анализ поведения: система следит за объектом и понимает, что он делает: просто идет по дорожке, стоит слишком долго на одном месте или пытается перелезть через забор.

- Тревога: если происходит что-то запрещенное, система сама моментально отправляет сигнал охраннику.

Важное достижение современных нейросетей — это борьба с ложными срабатываниями. Раньше датчики движения пищали от любого шевеления ветки или пролетевшей птицы, из-за чего охранники просто выключали звук. Сегодняшний ИИ умеет игнорировать такие «помехи», реагируя только на реальную угрозу.

### **Где находится «мозг» системы: серверы против умных камер**

Многие думают, что камеры просто снимают, а весь анализ происходит где-то в мощном компьютере. На самом деле сегодня ИИ работает по двум разным сценариям:

- Аналитика на сервере. Камера работает как обычный «глаз» и передает видео по кабелю на центральный компьютер (сервер). И уже там мощные видеокарты с ИИ анализируют, что происходит. Это удобно для больших объектов, где установлено много старых камер: их не нужно менять, достаточно просто поставить умную программу на главный компьютер.

- Аналитика на борту (внутри камеры). Это более современный подход. В саму камеру встраивают мощный микрочип. Камера сама «думает», анализирует видео и распознает лица прямо на месте. На пульт охраны она отправляет не тяжелое видео, а только текстовое сообщение (например: «Обнаружен человек у ворот») и короткий ролик с нарушителем. Это сильно экономит интернет-трафик и место на жестких дисках.

### **Зрение сквозь темноту: ИИ и тепловизоры**

Обычные камеры становятся бесполезными, если на улице полная темнота, густой туман или сильный снегопад. В таких случаях на помощь приходят тепловизоры — камеры, которые «видят» не свет, а тепло, исходящее от объектов.

Когда тепловизор работает в паре с искусственным интеллектом, охрана получает идеальный инструмент. ИИ анализирует тепловое пятно и понимает его форму. Он легко отличит теплый двигатель проехавшей машины от температуры тела человека, который крадется в кустах за сотни метров от забора. Спрятаться от такой системы невозможно ни в камуфляже, ни под покровом ночи.

### **Умный слух: как ИИ анализирует звуки**

Камеры не всесильны: им могут мешать слепые зоны. Поэтому современные системы научились не только смотреть, но и слушать. ИИ анализирует звуки и может распознать их причину:

- Шаги: программа отличит звук шагов человека от шума ветра и даже поймет, идет кто-то спокойно или бежит.

- Шум мотора: по звуку движущейся машины ИИ заранее определяет, едет ли это легковой автомобиль, тяжелый грузовик или мотоцикл.

- Тревожные звуки: система сразу поднимет тревогу, если услышит звон разбитого стекла, громкие крики или звук работающей пилы (когда пытаются спилить замок).

Искусственный Интеллект не просто подает сигнал тревоги, он может самостоятельно управлять другими системами на объекте:

- Управление шлагбаумами: камера считывает номер машины, ИИ проверяет его по базе, и, если машина принадлежит сотруднику, система сама открывает ворота. Охраннику не нужно нажимать кнопку.

- Обнаружение дыма и огня: ИИ научились распознавать дым и пламя по видео быстрее, чем сработают датчики на потолке. Заметив огонь, система может сама включить сирену и разблокировать двери для эвакуации.

### **Реальные системы безопасности, которые уже работают**

Объективно оценить рынок можно, посмотрев на решения, которые установлены на множестве объектов по всему миру:

1. Macroscop: умный поиск по архивам. Эта программа отлично справляется с поиском. Если что-то случилось, охраннику больше не нужно часами перематывать видео. Он просто пишет в программе: «Найти человека в синей куртке, который появился с 14:00 до 15:00». ИИ за несколько секунд сам просматривает видео со всех камер и показывает, куда пошел этот человек.

2. TRASSIR: защита периметра и контроль касок. Системы от компании TRASSIR помогают охранникам не отвлекаться по пустякам, фильтруя животных и птиц. Кроме того, на строительных и промышленных объектах эта система умеет в реальном времени следить, надели ли рабочие каски и защитные жилеты.

3. Hikvision и Dahua: умный анализ транспорта и городских улиц. Эти компании первыми начали массово внедрять чипы с ИИ прямо в доступные камеры, сделав акцент на анализе сложных сцен. Их алгоритмы специализируются на «умных городах»: они умеют на огромной скорости распознавать автомобильные номера, четко отличать пешеходов от велосипедистов или машин, фиксировать нарушения ПДД (например, проезд на красный свет или выезд на встречную полосу) и собирать статистику для управления светофорами, чтобы уменьшить пробки на улицах.

4. Axis и Sound Intelligence: камеры, которые умеют слушать. Шведская компания Axis выпускает камеры со встроенными «умными» микрофонами. Они настроены на распознавание агрессии. Например, если люди начинают громко ссориться на повышенных тонах, микрофон это слышит и зовет охрану еще до того, как начнется драка.

5. AxxonSoft: распознавание лиц и защита приватности. Эта система используется для пропуска людей на территорию («проход по лицу»). При этом ИИ AxxonSoft

умеет на лету находить лица случайных прохожих на заднем фоне и «замыливать» их (делать нечеткими), чтобы не нарушать закон о защите личных данных.

### Безопасность самих систем: угрозы хакеров

Развитие умного наблюдения привело к новому серьезному вызову — уязвимости самих систем. Сегодня современная IP-камера или видеосервер — это мощные компьютеры, подключенные к локальной сети или интернету. Если такая система защищена слабыми паролями или имеет уязвимости, хакеры могут перехватить видеопоток, подменить картинку или полностью отключить наблюдение на объекте. Сегодня вендоры уделяют колоссальное внимание защите от взлома, внедряя строгие стандарты киберзащиты, такие как шифрование трафика по протоколу HTTPS и использование безопасных профилей стандарта ONVIF. Это гарантирует, что интеллектуальный помощник сам не станет лазейкой для злоумышленников.

### Заключение

Искусственный интеллект не заменяет человека, но становится его главным помощником. Умные камеры и микрофоны не устают, не отвлекаются на телефон и могут следить за сотнями мест одновременно. Главный плюс современных систем в том, что они помогают предотвратить проблему до того, как она случится. Благодаря тому, что камеры сами распознают лица, слышат звуки разбитого стекла, видят тепло в полной темноте и умеют управлять воротами, у охраны появляется самое главное — время, чтобы быстро и правильно отреагировать.

### Литература:

1. Воеводин С. В. Системы охранного телевидения. — Екатеринбург: УрФУ, 2013.
2. Дамьяновски В. Библия видеонаблюдения. — М.: Ай-Эс-Эс Пресс, 2006.
3. Рассел С. Искусственный интеллект: современный подход. — М.: Вильямс, 2019.
4. Тявловский К. Л. Проектирование систем охранного телевидения. — Минск: БНТУ, 2021.

## Экосистема низкоорбитальных мега-группировок: от ретрансляции сигналов к орбитальным вычислениям и прямой связи с мобильными устройствами

Козлов Кирилл Дмитриевич, сотрудник;

Рюмшин Иван Николаевич, сотрудник

Научный руководитель: Глинкин Николай Алексеевич, сотрудник  
Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации (г. Орел)

*В статье исследуется эволюция низкоорбитальных спутниковых систем связи (LEO) в условиях перехода к модели мега-группировок. Анализируются критические изменения в архитектуре, вызванные внедрением технологии Direct-to-Cell (D2C), развитием межспутниковых лазерных линий (ISL) и интеграцией бортовых высокопроизводительных вычислений.*

**Ключевые слова:** связь, спутники, технологии, орбита, сеть, сигнал, топология.

### Введение

Современный этап развития инфокоммуникационных технологий характеризуется стиранием границ между наземными и космическими сегментами сетей. Если первое поколение низкоорбитальных систем рассматривалось преимущественно как средство обеспечения широкополосного доступа в труднодоступных регионах через специализированное абонентское оборудование, то к 2026 году парадигма сместилась в сторону создания глобальной динамической инфраструктуры.

Ключевым вызовом является переход от архитектуры «прозрачной ретрансляции» к архитектуре активного сетевого узла, обладающего функциями маршрутизации, обработки данных и прямого взаимодействия с немодифицированным пользовательским оборудованием.

### Баллистические закономерности и электродинамика сверхнизких околоземных орбит

Приоритетным направлением эволюции спутниковых систем считается эксплуатация сверхнизких околоземных орбит в диапазоне высот 250–350 км. Переход на такие высоты даёт значительный выигрыш в энергетическом потенциале радиолиний и сокращает задержку сигнала до 10–12 мс, что критически важно для приложений реального времени. Однако ключевым ограничивающим фактором в VLEO является плотность остаточной атмосферы.

В период 2025–2026 годов для нейтрализации данного воздействия современные космические платформы оснащаются высокоэффективными двигательными установками, работающими на криптоне или йоде.

Ещё одним ключевым ограничивающим фактором является Доплеровская декомпенсация. При реализации прямого канала связи между спутником и обычным смартфоном (стандарты LTE/NR) доплеровский сдвиг частоты достигает критических значений до 20–30 ppm. Стандартные абонентские терминалы не обладают достаточным динамическим диапазоном для коррекции таких

отклонений. Решение данной проблемы переносится на сторону космического аппарата. Бортовой цифровой процессор сигналов осуществляет превентивную коррекцию несущей частоты для каждого формируемого луча в зависимости от вектора относительной скорости спутника и географического центра зоны обслуживания.

### Архитектурная трансформация: оптическая связность и D2C

Внедрение когерентных оптических терминалов связи ознаменовало переход от радиальных топологий к полностью связанной меш-сети. Современные системы ISL обеспечивают пропускную способность до 200 Гбит/с на канал. Это позволяет реализовать концепцию «космической магистрали», где данные передаются между континентами по кратчайшему пути в вакууме, минуя наземные узлы агрегации.

Реализация связи со стандартным смартфоном требует решения задачи крайне низкого энергетического потенциала линии «Земля-Космос». В связи с чем разработана технология Direct-to-Cell (D2C). Максимальная мощность передатчика обычного смартфона достигает 23 дБм, при этом его антенна имеет ненаправленную (изотропную) диаграмму. Чтобы достичь требуемого отношения сигнал/шум (SNR), на борту спутников используются фазированные антенные решётки (ФАР) с эффективной площадью более 60–80 м<sup>2</sup>.

Использование технологии цифрового формирования луча позволяет создавать сверхчувствительные зоны обслуживания, которые динамически адаптируются под плотность абонентов, компенсируя низкое усиление антенн пользовательских устройств.

### Сетевая архитектура и протокольное взаимодействие

Современная архитектура LEO-систем базируется на спецификациях 3GPP Release 17/18, которые определяют спутниковый сегмент как неземную сеть — Non-Terrestrial Network. В этой схеме спутник выполняет роль базовой станции следующего поколения — gNodeB.



Ключевым инженерным решением является разделение функций между космическим и наземным сегментами — Split Architecture. Существует два основных подхода: Transparent Payloads и Regenerative Payloads.

В архитектуре Transparent Payloads спутник функционирует только на физическом уровне, выступая в роли ретранслятора сигналов на наземную станцию, где размещено ядро сети. В противоположность этому, при подходе Regenerative Payloads спутник берёт на себя функции уровней PHY, MAC и RLC. Это позволяет выполнять демодуляцию и декодирование сигнала непосредственно на борту. Такая возможность имеет критическое значение для технологии Direct-to-Cell, поскольку даёт возможность корректировать ошибки в канале связи до того, как данные будут отправлены в магистральную сеть.

Построение сети на базе межспутниковых лазерных линий превращает группировку в динамический граф. В отличие от наземных сетей, топология здесь изменяется каждую секунду из-за высокой орбитальной скорости аппаратов.

Для управления такой динамической сетью применяются адаптированные протоколы маршрутизации, которые учитывают задержки распространения сигнала и предсказуемость перемещения узлов — а именно Contact Graph Routing и Segment Routing.

С точки зрения построения сети, связь со смартфоном реализуется через создание «виртуальных сот». Группировка формирует на поверхности Земли сетку из сотен тысяч точечных лучей. Каждый луч работает на частотах наземных операторов-партнеров (например, 1.9 ГГц в США или 1.8/2.1 ГГц в Европе).

Основная сложность — процесс передачи обслуживания абонента от одной базовой станции к другой во время вызова или сеанса передачи данных. В наземных сетях абонент перемещается между вышками, а в ЛEO-сетях спутник проносится над неподвижным абонентом. Сеть должна обеспечить бесшовную передачу сессии от одного спутника к другому каждые 2–3 минуты. Это реализуется через механизм Conditional Handover, где смартфон получает инструкции о переключении заранее, основываясь на данных о траектории грядущего спутника.

#### Литература:

1. Пехтерев С. В., Макаренко С. И., Ковальский А. А. Описательная модель системы спутниковой связи Starlink // Системы управления, связи и безопасности. 2022. № 4. С. 190–255. DOI: 10.24412/2410-99162022-4-190-255;
2. Спутниковая связь и вещание: Справочник // В. А. Бартеков, Г. В. Болотов, В. Л. Быков и др.; Под ред. Л. Я. Кантора. М.: Радио и связь, 1997. 528 с.
3. Majumdar, A. K. Free-Space Laser Communications / A. K. Majumdar, J. C. Ricklin. — Текст: непосредственный // Системы управления, связи и безопасности. — 2008.
4. SpaceX satellite Internet project status update [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://cis471.blogspot.com/2017/08/spacex-satellite-internet-project-status.html>

#### Математическая модель построения сети и пропускная способность канала

Математическая модель построения сети опирается на уравнение дальности связи и отношение мощности сигнала к плотности шума ( $C/N_0$ ):

$$\frac{C}{N_0} = EIRP + \left(\frac{G}{T}\right) - L_{free} - k,$$

где

$EIRP$  — эквивалентная изотропно-излучаемая мощность спутника;

$G/T$  — добротность приемной системы (критически низкая у смартфона);

$L_{free}$  — потери при распространении в свободном пространстве.

Чтобы компенсировать эти потери и обеспечить скорость передачи данных хотя бы в несколько Мбит/с (достаточно для голоса и мессенджеров), сеть 2026 года использует массивированные ФАР с узкой диаграммой направленности (менее  $1^\circ$ ), что требует прецизионного наведения и стабилизации платформы спутника.

#### Заключение

Низкоорбитальные системы связи трансформировались в многофункциональные вычислительные платформы. Однако устойчивость этой индустрии будет напрямую зависеть от жесткости международных норм по контролю космического мусора и способности инженеров преодолеть энергетический барьер малых космических аппаратов. С точки зрения построения сети, мега-группировки 2026 года представляют собой трехмерную программно-определяемую сеть. В ней спутники перестали быть окончательными устройствами и стали полноценными узлами коммутации и обработки. Главным технологическим достижением является стандартизация интерфейса NTN, что превратило космос в прозрачное расширение наземной инфраструктуры 5G/6G, обеспечивающее глобальную связность без необходимости изменения клиентского оборудования.

## Автоматизация контроля качества данных на основе SQL-процедур в корпоративных информационных системах

Кораблева Виктория Анатольевна, студент магистратуры  
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

*В статье рассматривается подход к автоматизации контроля качества данных операционных расходов на основе автономной цепочки SQL-процедур. Предложено решение, обеспечивающее автоматический запуск проверок, динамическую параметризацию и блокировку зависимых этапов обработки при выявлении критических отклонений. Реализация подхода позволила сократить время выполнения проверок, снизить влияние человеческого фактора и повысить воспроизводимость результатов. Полученные результаты подтверждают возможность применения разработанного механизма в корпоративных системах обработки больших объемов данных.*

**Ключевые слова:** контроль качества данных, SQL-процедуры, автоматизация, операционные расходы, OLAP, аналитические системы, обработка данных, корпоративные информационные системы, ETL, мониторинг данных.

В условиях цифровой трансформации организаций и постоянного роста объемов данных особую значимость приобретает обеспечение качества информации, используемой в аналитической, управленческой и регламентированной отчетности. Современные корпоративные информационные системы функционируют в среде высокой интеграционной нагрузки: данные поступают из множества автоматизированных систем, проходят последовательные этапы обработки, трансформации и агрегирования, после чего используются для формирования аналитических показателей и принятия управленческих решений. При этом даже незначительные ошибки в данных способны привести к серьезным последствиям: искажению итоговых показателей, нарушению сроков подготовки отчетности, увеличению трудозатрат аналитических подразделений и снижению достоверности управленческой информации [1].

Особенно актуальной данная проблема становится в процессах обработки финансовых данных, где данные характеризуются высокой степенью детализации, большим количеством аналитических признаков и сложной структурой взаимосвязей между источниками. В подобных процессах данные проходят многоэтапную обработку в аналитических витринах и OLAP-структурах, причем результаты каждого этапа становятся основой для последующих расчетов. В результате ошибка, допущенная на раннем этапе обработки, может распространяться по всей цепочке, затрагивая значительное количество зависимых расчетов и отчетных форм.

На практике контроль качества данных в подобных процессах часто выполняется вручную либо частично автоматизирован с использованием разрозненных SQL-запросов, Excel-файлов и локальных проверок. Аналитики осуществляют сверку данных между различными источниками, контролируют полноту загрузки, проверяют корректность агрегатов, анализируют отклонения между периодами и отслеживают согласованность данных на различных этапах обработки. Однако при росте объемов информации и увеличении количества обработок ручной подход становится неэффективным. Существенно возрас-

тают временные затраты на выполнение проверок, увеличивается риск пропуска ошибок, а воспроизводимость результатов начинает зависеть от квалификации и опыта конкретного специалиста.

Дополнительной проблемой является ограниченность ресурсов аналитических подразделений. Значительная часть рабочего времени специалистов тратится не на анализ причин отклонений и развитие бизнес-логики, а на выполнение повторяющихся технических операций. При этом часть проверок иногда в принципе невозможно выполнить вручную из-за большого объема данных, сложности вычислений или необходимости оперативной реакции на отклонения. Все это приводит к формированию устойчивого запроса на автоматизацию процессов контроля качества данных.

В научной литературе и корпоративной практике существует несколько основных подходов к решению данной задачи. Наиболее распространенным направлением является использование ETL-платформ и специализированных систем управления качеством данных (Data Quality Management). Такие решения позволяют централизованно реализовывать правила проверки и автоматизировать часть операций контроля [2]. Однако внедрение подобных систем часто сопровождается высокой стоимостью разработки и сопровождения, длительным циклом интеграции, а также сложностью оперативной адаптации под изменяющиеся бизнес-требования.

Другим направлением являются методы интеллектуального анализа данных и технологии машинного обучения, позволяющие выявлять аномалии и прогнозировать отклонения [3]. Несмотря на высокий потенциал подобных решений, их применение в корпоративной среде ограничивается необходимостью накопления обучающих выборок, сложностью интерпретации результатов и повышенными требованиями к информационной безопасности. Кроме того, для многих задач контроля качества данных критически важны прозрачность логики проверки и полная воспроизводимость результатов, что затрудняет использование «непрозрачных» моделей.

В этих условиях особую практическую значимость приобретают подходы, основанные на использовании SQL-инструментария как самостоятельной платформы автоматизации контроля качества данных. Преимуществами такого подхода являются предсказуемость результатов, возможность интеграции в существующую архитектуру обработки данных, отсутствие необходимости модификации исходных систем и высокая скорость адаптации бизнес-правил. Кроме того, SQL-процедуры позволяют реализовывать сложные проверки непосредственно на уровне хранилищ и аналитических витрин, минимизируя необходимость промежуточных выгрузок и ручной обработки данных.

В рамках проведенного исследования был разработан и апробирован подход к автоматизации контроля качества данных операционных расходов на основе автономной цепочки SQL-процедур, встроенной в существующий процесс обработки данных. Архитектура решения была построена таким образом, чтобы запуск процедур контроля выполнялся автоматически после завершения загрузки и обработки аналитических витрин (рис. 1). При этом каждая процедура реализовывала отдельный класс проверок: контроль полноты данных, проверку корректности агрегатов, анализ отклонений между отчетными периодами, поиск дублирующихся записей и проверку согласованности данных между взаимосвязанными источниками.



Рис. 1. Последовательность автоматизированного процесса

Одной из особенностей предложенного подхода стала реализация динамической параметризации SQL-процедур. Использование параметров позволило унифицировать механизм проверок и обеспечить возможность повторного применения процедур для различных наборов данных без изменения программной логики. Это существенно упростило сопровождение решения и повысило скорость адаптации проверок при изменении структуры аналитических витрин или бизнес-требований.

Дополнительно в рамках исследования был реализован механизм централизованного логирования результатов проверок. Информация о выявленных отклонениях, времени выполнения процедур и статусах обработки сохранялась в отдельной таблице, что обеспечило возможность последующего анализа данных и формирования отчетности по результатам контроля. Наличие централизованного журнала позволило повысить прозрачность процессов и упростить поиск причин возникновения ошибок.

Практическая апробация разработанного подхода продемонстрировала существенное повышение эффектив-

ности процессов контроля качества данных. В результате внедрения автоматизированной цепочки SQL-процедур время выполнения отдельных критичных проверок сократилось с 63 до 3 минут, что соответствует ускорению более чем в 20 раз. В среднем по реализованным сценариям контроля было достигнуто ускорение процессов в 5–10 раз, а часть проверок, ранее невыполнимых вручную из-за объема данных и сложности вычислений, стала доступна для регулярного использования. Автоматизация позволила существенно сократить вовлеченность аналитиков и разработчиков в рутинные операции, аналитики сосредоточились преимущественно на анализе выявленных отклонений и развитии логики проверок. Дополнительным эффектом стало более раннее выявление ошибок.

Полученные результаты подтверждают эффективность применения SQL-ориентированного подхода для автоматизации контроля качества данных в корпоративных информационных системах. Предложенное решение обладает высокой адаптивностью, не требует существенного изменения архитектуры существующих процессов и может быть масштабировано.

#### Литература:

1. Горленко, О. А. «Статистические методы в управлении качеством: учебник и практикум для вузов» / О. А. Горленко, Н. М. Борбаць. — Москва: Юрайт, 2020. — 306 с.
2. Исаев, Г. Н. «Управление качеством информационных систем: учебное пособие» / Г. Н. Исаев. — Москва: ИНФРАМ, 2020. — 247 с.
3. Шелухин, О. И. «Сетевые аномалии. Обнаружение, локализация, прогнозирование» / О. И. Шелухин. — Москва: Техносфера, 2019. — 448 с.

## Архитектурные подходы к обеспечению качества данных в финансовых системах управленческой отчетности

Кораблева Виктория Анатольевна, студент магистратуры  
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

*В статье рассматриваются основные проблемы обеспечения качества данных в распределенных корпоративных хранилищах, используемых в крупных организациях и финансовом секторе. Проанализированы причины возникновения ошибок при многоэтапной обработке информации, а также современные методы контроля полноты, согласованности и достоверности данных. Особое внимание уделено архитектурным особенностям распределенных систем хранения, механизмам автоматизированного мониторинга и роли SQL-технологий в обеспечении качества данных. Рассмотрены перспективы применения ИИ-моделей для выявления аномалий и повышения надежности корпоративной отчетности.*

**Ключевые слова:** качество данных, корпоративные хранилища данных, распределенные системы, SQL, ETL, OLAP, управленческая отчетность, Data Quality, информационные системы.

В условиях цифровой трансформации данные становятся одним из ключевых ресурсов управления. Крупные компании, банки, телекоммуникационные и промышленные предприятия ежедневно обрабатывают большие массивы информации из разных автоматизированных систем и используют корпоративные хранилища для ее консолидации, хранения и анализа.

Развитие таких хранилищ требует высокой производительности и масштабируемости и повышает риски снижения качества данных: ошибки одного этапа распространяются по всей системе и искажают отчетность. Особенно критична эта проблема в финансовом секторе, где некорректные данные ведут к финансовым потерям, нарушению регуляторных требований, снижению доверия к аналитике и репутационным рискам.

Согласно исследованиям IBM, организации ежегодно теряют значительные ресурсы вследствие использования данных низкого качества [1]. При этом в распределенных корпоративных хранилищах вероятность возникновения ошибок возрастает из-за большого количества интеграций, промежуточных преобразований и зависимости между этапами обработки.

Под качеством данных обычно понимается степень соответствия информации установленным требованиям и целям ее использования [2]. В научной литературе выделяются основные характеристики качества данных: полнота, достоверность, согласованность, актуальность и непротиворечивость. Нарушение любой из этих характеристик снижает надежность аналитических процессов и эффективность принятия решений.

Одной из наиболее распространенных проблем распределенных корпоративных хранилищ является несогласование данных между различными системами-источниками. В крупных организациях информация о бизнес-процессах часто хранится в нескольких автоматизированных системах, разработанных в разное время и использующих различные модели данных. В результате даже идентичные показатели могут интерпретироваться по-разному, что приводит к расхождениям в отчетности.

Другой распространенной проблемой являются ошибки трансформации данных в ETL-процессах. На этапе извлечения, преобразования и загрузки информация проходит множество операций: агрегация, фильтрация, изменение форматов, расчет производных показателей. Ошибки в логике преобразований способны приводить к потере записей, искажению значений и нарушению агрегатных зависимостей.

Серьезную проблему представляет и высокая степень взаимозависимости аналитических витрин. В распределенных архитектурах данные часто передаются между несколькими уровнями хранилища, где каждая следующая витрина формируется на основании результатов предыдущей. При отсутствии механизмов раннего контроля ошибка, возникшая на одном из этапов, распространяется на все зависимые структуры, что существенно усложняет ее локализацию.

Традиционный подход к обеспечению качества данных основывается на ручном контроле со стороны специалистов сопровождения. Подобная модель предполагает выполнение выборочных сверок, анализ выгрузок и поиск отклонений с использованием MS Excel и SQL-запросов. Однако с ростом объемов данных и усложнением корпоративных архитектур ручной подход не может обеспечить необходимый уровень надежности и масштабируемости.

Современные методы обеспечения качества данных ориентированы на автоматизацию контроля и внедрение механизмов непрерывного мониторинга. Одним из наиболее распространенных подходов является реализация автоматизированных проверок на уровне корпоративного хранилища данных. В рамках данного подхода контроль осуществляется непосредственно в процессе обработки информации и включает несколько уровней валидации.

Первый уровень контроля связан с проверкой полноты данных. На данном этапе осуществляется анализ наличия обязательных записей, корректности загрузки и соответствия объемов данных ожидаемым значениям. Подобные проверки позволяют своевременно выявлять ошибки процессинга и предотвращать формирование неполной отчетности.



Второй уровень контроля ориентирован на обеспечение согласованности информации между различными источниками данных. Для этого используются механизмы перекрестной сверки, сравнение агрегатных показателей и анализ расхождений между системами. Особенно важны подобные проверки в финансовых организациях, где данные часто поступают одновременно из бухгалтерских, аналитических и операционных систем.

Третий уровень контроля связан с анализом динамики показателей и поиском аномалий. На данном этапе система выявляет нетипичные изменения значений, резкие отклонения от исторических данных и нарушения ожидаемых закономерностей. Подобные проверки позволяют обнаруживать ошибки, которые невозможно выявить стандартными правилами валидации.

На практике одним из наиболее эффективных инструментов реализации автоматизированного контроля качества данных является SQL. Использование SQL-процедур обеспечивает высокую производительность при работе с большими объемами информации, прозрачность логики проверок, возможность автоматизации и интеграции без необходимости внедрения дополнительных программных платформ.

SQL-механизмы позволяют реализовывать широкий спектр проверок: контроль полноты данных, проверку ссылочной целостности, анализ агрегатных зависимостей, сравнение данных между источниками и выявление дублирующихся записей. Кроме того, SQL обеспечивает возможность автоматического запуска процедур контроля в рамках существующих ETL-процессов и корпоративных расписаний обработки данных.

В распределенных корпоративных хранилищах важную роль играет механизм событийного мониторинга. Его задача заключается в автоматическом отслеживании завершения этапов обработки данных и запуске соответствующих процедур контроля. Подход позволяет реализовать непрерывную систему проверки качества данных без участия пользователя.

Дополнительным элементом современных архитектур является механизм блокировки зависимых процессингов. Если система выявляет критичное отклонение на раннем

этапе обработки, дальнейшее выполнение зависимых расчетов автоматически приостанавливается. Это позволяет предотвратить распространение ошибок по корпоративному хранилищу и сократить объем повторных вычислений.

В последние годы активно исследуются возможности применения технологий искусственного интеллекта для повышения качества данных. Методы машинного обучения позволяют выявлять скрытые закономерности, обнаруживать сложные аномалии и прогнозировать вероятность возникновения ошибок. Однако внедрение подобных технологий в корпоративных системах сопряжено с рядом ограничений, связанных с требованиями информационной безопасности, необходимостью интерпретируемости результатов и высокой стоимостью.

В связи с этим перспективным направлением является использование гибридных подходов, при которых классические SQL-проверки сочетаются с интеллектуальными методами анализа данных. SQL обеспечивает контроль формализованных бизнес-правил и воспроизводимость результатов, а алгоритмы машинного обучения используются для анализа исторических данных и поиска нетипичных отклонений.

Практический опыт показывает, что автоматизированные системы контроля качества данных заметно снижают трудозатраты, повышают достоверность отчетности и уменьшают зависимость от человеческого фактора, одновременно ускоряя выявление ошибок и повышая устойчивость корпоративных информационных систем. В условиях роста объемов данных и усложнения архитектуры корпоративных хранилищ обеспечение качества данных становится одной из ключевых задач, требующей перехода от ручного контроля к автоматизированным многоуровневым механизмам мониторинга и валидации, включая SQL-технологии, событийный контроль и интеллектуальный анализ данных.

Перспективы дальнейших исследований связаны с развитием интеллектуальных механизмов обнаружения аномалий, созданием самообучающихся систем контроля качества данных и совершенствованием архитектур распределенных корпоративных хранилищ в условиях дальнейшего роста объемов информации.

#### Литература:

1. IBM. Data quality [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.ibm.com/think/topics/data-quality> (дата обращения: 25.05.2026).
2. Морозова О. А., Петров В. И. Качество данных: принципы и методы управления. — Москва: ИнфраМ, 2018. — 224 с.

## Обоснование разработки автоматизированной системы кадрового учёта для оборонного предприятия

Корнилаев Максим Андреевич, студент

Уральский государственный экономический университет (г. Екатеринбург)

*В статье обоснована разработка автоматизированной системы учёта кадров для предприятия оборонно-промышленного комплекса. На основе анализа кадрового процесса и нормативных требований выявлены риски зависимости от внешних доработок, несогласованной отчётности и недостаточной трассируемости изменений. Предложена структура системы, включающая карточки работников, кадровые приказы, назначения, справочники, отчёты, ролевой доступ и аудит операций. Показано, что решение создаёт основу для повышения управляемости кадрового процесса и последующей оценки экономического эффекта по итогам опытной эксплуатации.*

**Ключевые слова:** кадровый учёт, автоматизированная система, оборонное предприятие, персональные данные, информационная безопасность, управление персоналом.

### Введение

Кадровый учёт на оборонном предприятии влияет не только на оформление трудовых отношений, но и на обеспеченность подразделений специалистами, своевременность перемещений персонала и достоверность управленческой отчётности. В условиях крупного производственного контура несвоевременное обновление кадровых сведений повышает риск ошибок в планировании ресурсов и затягивает принятие решений.

Трудовой кодекс Российской Федерации предусматривает защиту персональных данных работника, а Федеральный закон «О персональных данных» устанавливает требования к законности целей обработки и безопасности сведений [1; 2]. Поэтому кадровая система должна проектироваться одновременно как инструмент управления и как информационная система персональных данных.

Материалом исследования послужили обобщённые результаты обследования кадрового процесса, выполненного при подготовке выпускной квалификационной работы автора. В публикации не раскрываются конкретные сведения об инфраструктуре, составе подразделений и работниках предприятия. Объектом исследования является кадровый учёт на промышленном предприятии оборонного профиля; предметом — требования к автоматизации данного процесса.

### Материалы и методы

Использованы анализ действующей организации кадровой работы, изучение формируемых документов, интервьюирование пользователей и сопоставление выявленных проблем с нормативными требованиями к защите персональных данных. Оценка проводилась по четырём критериям: полнота функций, оперативность получения информации, контролируемость изменений и возможность дальнейшего сопровождения.

В исследуемом процессе кадровой службе требуется вести личные карточки, приказы о приёме, переводе и увольнении, сведения о назначениях, справочники и отчёты за заданный период. В материалах дипломного про-

екта также определены требования к ролевому доступу, журналированию операций и обмену разрешёнными данными с иными информационными контурами. Эти функции приняты как минимальное ядро системы.

### Результаты исследования

Анализ исходной организации работы выявил три группы ограничений. Использование внешне сопровождаемого программного продукта повышает зависимость от сроков и стоимости доработок при изменении внутренних процедур. Недостаточная гибкость отчётности увеличивает ручную обработку информации. Наконец, при работе с персональными данными отсутствие детального аудита затрудняет проверку ошибочных или несанкционированных изменений. Для промышленного предприятия эти ограничения становятся основанием для разработки системы, адаптированной к собственному кадровому процессу.

Собственная разработка обоснованна не во всех случаях. Её выбор оправдан, если предприятие действительно нуждается в специфических функциях, располагает ресурсами сопровождения и включает требования безопасности в проект до начала внедрения. При таких условиях система может охватывать полный цикл кадровой записи: регистрацию работника, оформление кадровой операции, сохранение истории назначения и получение отчёта на выбранную дату.

Цифровизация управления человеческими ресурсами промышленного предприятия требует оценки рисков и организационного сопровождения проекта [3]. Поэтому в предлагаемой системе контрольные функции равнозначны прикладным: наряду с ведением карточек и приказов необходимы ролевое разграничение доступа, аудит операций, централизованное ведение справочников и управляемая выгрузка сведений.

Постановление Правительства Российской Федерации № 1119 требует определять меры защиты информационных систем персональных данных с учётом актуальных угроз и уровня защищённости [4]. Приказ ФСТЭК России

Таблица 1. Проблемы кадрового процесса и проектные решения

Проблема	Проектное решение	Результат
Зависимость от доработок внешнего продукта	Модульная система с управляемым сопровождением	Контролируемое изменение функций
Ручная подготовка отдельных отчётов	Единая база и отчёты по периоду	Повышение оперативности данных
Риск неотслеживаемых изменений	Ролевой доступ и аудит операций	Трассируемость действий
Несогласованные справочники	Централизованные классификаторы	Единообразие кадровых записей

Источник: составлено автором по материалам обследования кадрового процесса.

№ 21 конкретизирует состав организационных и технических мер [5]. Для кадровой системы это означает необходимость аутентификации, распределения прав, регистрации событий, резервного копирования и восстановления данных. При этом применение требований законодательства о критической информационной инфраструктуре определяется не названием предприятия, а результатами категорирования соответствующего объекта [6].

На рис. 1 приведена укрупнённая схема предлагаемого решения. Кадровая служба выполняет операции в пределах предоставленной роли; система формирует данные и отчёты, а контрольные контуры обеспечивают проверяемость действий и регламентированный информационный обмен.

#### Оценка целесообразности внедрения

Проектирование системы целесообразно осуществлять поэтапно. На первом этапе внедряются карточки работников, приказы, назначения, справочники, отчётность и аудит. После проверки корректности данных подключаются интеграционные операции. До промышленной эксплуатации система должна пройти предварительные испытания, опытную эксплуатацию и приёмочные испытания в соответствии с подходом, закреплённым для автоматизированных систем [7].

Экономический эффект не следует подтверждать только расчётным снижением стоимости программ-

ного обеспечения. Оценке подлежат затраты на разработку, миграцию данных, сопровождение, защиту информации, обучение и испытания, а также фактические изменения времени оформления операции, срока подготовки отчёта и числа исправлений в кадровых данных. Материалы дипломного проекта содержат расчёт предполагаемой экономии, но для публикации корректно трактовать его как прогноз, проверяемый после опытной эксплуатации.

Таким образом, ожидаемый эффект разработки включает повышение оперативности отчётности, сохранение истории кадровых операций, контролируемость доступа к персональным данным и снижение зависимости от внешних доработок. Экономический результат должен подтверждаться наблюдаемыми показателями после пилотного внедрения.

#### Заключение

Разработка автоматизированной системы учёта кадров для оборонного предприятия обоснована совокупностью процессных и правовых требований: необходимостью оперативно вести кадровые операции, получать согласованную отчётность и обеспечивать защиту персональных данных. Минимальный состав системы включает карточки работников, приказы, историю назначений, справочники, отчётность, ролевой доступ и аудит действий. Представленный подход позволяет перейти от декла-



Рис. 1. Логика функционирования проектируемой системы кадрового учёта

рации преимуществ автоматизации к проверяемому внедрению, при котором безопасность оценивается до ввода системы в эксплуатацию, а экономический эффект — на основании фактических результатов пилотирования.

#### Литература:

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ. Глава 14. Защита персональных данных работника. URL: <https://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102074279> (дата обращения: 28.05.2026).
2. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных». URL: <https://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102108261> (дата обращения: 28.05.2026).
3. Подвербных О. Е., Соколова Е. Л., Самохвалова С. М. Реализация проектов цифровизации управления человеческими ресурсами промышленных предприятий: факторы кадровых рисков // Креативная экономика. 2024. Т. 18, № 12. С. 3613–3632. DOI: 10.18334/ce.18.12.122363.
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 01.11.2012 № 1119 «Об утверждении требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных». URL: <https://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102160483> (дата обращения: 28.05.2026).
5. Приказ ФСТЭК России от 18.02.2013 № 21 «Об утверждении Состав и содержания организационных и технических мер по обеспечению безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных». URL: <https://fstec.ru/dokumenty/vse-dokumenty/prikazy/prikaz-fstek-rossii-ot-18-fevralya-2013-g-n-21> (дата обращения: 28.05.2026).
6. Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации». URL: <https://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docrefs.xml=&oid=102463533&refs=1> (дата обращения: 28.05.2026).
7. ГОСТ Р 59792–2021. Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды испытаний автоматизированных систем. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181348> (дата обращения: 28.05.2026).

## Сравнительный анализ графовых баз данных для использования с Universal Dependencies

Кузнецов Федор Романович, студент магистратуры

Научный руководитель: Гатиатуллин Айрат Рафизович, кандидат технических наук, доцент

Казанский (Приволжский) федеральный университет

В статье представлен сравнительный анализ шести современных графовых систем управления базами данных (Neo4j, ArangoDB, Memgraph, JanusGraph, Amazon Neptune и TigerGraph) с точки зрения их применимости для хранения и обработки лингвистических корпусов в формате Universal Dependencies (UD). На основе специфики UD-данных (небольшой объём до 1 ГБ, аналитический характер нагрузки, редкая запись, потребность в параллельной обработке) формулируются ключевые критерии выбора: архитектура «в памяти» (in-memory), поддержка независимых реплик с полными копиями данных, наличие механизмов устойчивого хранения — снимки (snapshots), упреждающая журнализация (Write-ahead logging, WAL) — и развитая экосистема. Проведённое сравнение показывает, что большинство систем ориентированы на промышленные сценарии с терабайтными графами и дисковым хранением, что делает их избыточными для задач UD. Наиболее сбалансированным решением признаётся Memgraph, сочетающая обработку in-memory, горизонтальное масштабирование с федеративными репликами.

Universal Dependencies представляет собой современный международный стандарт синтаксической разметки естественного языка, используемый для построения унифицированных лингвистических текстовых корпусов (treebank) для различных языков. Основной единицей хранения данных в UD является предложение, представленное в виде дерева зависимостей, где вершинами выступают токены, а рёбрами — синтаксические отношения между ними. На данный момент Universal Dependencies включает более 150 языков и сотни размеченных корпусов, активно применяемых в задачах компьютерной лингвистики, машинного перевода, информационного поиска и обработки естественного языка.

Стандартным форматом хранения данных в Universal Dependencies является формат CoNLL-U (Computational natural language learning, universal) — текстовый табличный формат, в котором каждый токен предложения описывается



набором атрибутов: лексемой, частью речи, морфологическими признаками, идентификатором родительского токена и типом синтаксической зависимости. Несмотря на простоту, переносимость и удобство ручной обработки, формат CoNLL-U обладает рядом ограничений при работе с крупными корпусами данных. Текстовое представление требует последовательного чтения файлов, усложняет выполнение сложных запросов по синтаксическим структурам и не обеспечивает эффективной навигации по графу зависимостей.

С точки зрения структуры данных текстовый корпус Universal Dependencies естественным образом представляет собой ориентированный граф или дерево зависимостей. Каждый токен может быть интерпретирован как вершина графа, а синтаксическая связь между токенами — как ориентированное ребро с набором атрибутов. В связи с этим использование графовых баз данных представляется перспективным подходом к хранению и обработке UD-корпусов. Графовые СУБД обеспечивают эффективное выполнение запросов обхода (traversal-запросов), поиск синтаксических паттернов, анализ связности и обработку сложных зависимостей между элементами предложения.

Дополнительную актуальность данному подходу придаёт рост объёмов лингвистических корпусов. Крупнейшие текстовые корпуса Universal Dependencies содержат миллионы токенов и десятки миллионов связей между ними, что создаёт повышенные требования к производительности систем хранения и скорости выполнения запросов. Традиционные реляционные базы данных и файловое хранение CoNLL-U не всегда обеспечивают достаточное удобство и эффективность при выполнении задач синтаксического анализа, поиска зависимостей фиксированной глубины и корпусной аналитики.

Цель работы — провести сравнительный анализ современных графовых систем управления базами данных с точки зрения их применимости к хранению и обработке Universal Dependencies.

### Краткий обзор баз данных для анализа

Neo4j является одной из наиболее распространённых графовых СУБД, использующих модель графа свойств. Система ориентирована на эффективную обработку связей между объектами и выполнение запросов обхода графа. В качестве языка запросов используется Cypher, позволяющий декларативно описывать шаблоны графовых структур. Более подробную информацию можно посмотреть в документации [1]. На момент написания статьи количество фиксированных изменений в репозитории базы — более 81 тыс., количество ответвлений репозитория — 2,6 тыс., количество звёзд — 16,5 тыс. [2].

Memgraph представляет собой высокопроизводительную графовую СУБД, ориентированную на обработку данных в оперативной памяти. Система совместима с языком запросов Cypher и поддерживает выполнение операций обхода графа в реальном времени. Архитектурные особенности Memgraph обеспечивают высокую скорость обработки графовых запросов и низкие задержки при работе с динамически изменяемыми данными [3]. На момент написания статьи количество фиксированных изменений в репозитории базы — чуть менее 5 тыс., количество ответвлений репозитория — 225, количество звёзд — 4 тыс. [4].

ArangoDB относится к классу многомодельных систем управления базами данных и поддерживает одновременно документную, графовую и ассоциативную модели хранения. Система использует собственный язык запросов AQL, объединяющий средства работы с документами и графами. ArangoDB также поддерживает кластеризацию и распределённое хранение данных. Подробнее архитектура ArangoDB описана в [5]. Количество фиксированных изменений в репозитории — более 52 тыс., количество ответвлений репозитория — 881, количество звёзд — более 14 тыс. [6].

TigerGraph представляет собой распределённую графовую СУБД, предназначенную для обработки сверхкрупных графов и аналитических задач высокой сложности. Система поддерживает параллельное выполнение операций обхода графа и использует собственный язык запросов GSQL. Основными преимуществами TigerGraph являются высокая масштабируемость и возможность эффективной обработки графов с миллиардами вершин и рёбер. Более подробное архитектурное описание TigerGraph приведено в [7]. Исходные коды базы не являются публично доступными.

Amazon Web Services Neptune является управляемой облачной графовой СУБД, предоставляемой в инфраструктуре Amazon Web Services. Система поддерживает несколько моделей графовых данных и различные языки запросов, включая Gremlin и SPARQL. Neptune обеспечивает автоматическое масштабирование, резервирование данных и отказоустойчивость, что делает систему пригодной для промышленного применения. Список добавленных функций можно посмотреть в истории обновлений базы [8]. Исходные коды базы не являются публично доступными.

JanusGraph представляет собой распределённую графовую систему управления базами данных с открытым исходным кодом, ориентированную на обработку графов большого объёма в промышленных средах. Система совместима с языками запросов Gremlin (через фреймворк для вычислений Apache TinkerPop) и поддерживает выполнение операций обхода графа на кластерах с горизонтальным масштабированием. Архитектурные особенности JanusGraph обеспечивают высокую доступность и отказоустойчивость за счёт использования внешних бэкенд-хранилищ (Cassandra, HBase, Bigtable) и поисковых движков (Elasticsearch, Solr). В отличие от систем с нативным графовым хранением, JanusGraph отделяет управление графом от физического хранения данных, что позволяет обрабатывать графы с миллиардами

вершин и рёбер, но вносит дополнительные накладные расходы на сетевые взаимодействия между компонентами. Документация системы JanusGraph доступна в [9]. Количество фиксированных изменений в репозитории — более 7,3 тыс., количество ответвлений репозитория — 1,2 тыс., количество звёзд — более 5,8 тыс. [10].

### Сравнение баз данных

Общая аналитическая таблица

	Neo4J	ArangoDB	Memgraph	JanusGraph	Amazon Neptune	TigerGraph
Лицензия	Есть community- и enterprise-версии	Есть community- и enterprise-версии	Есть community- и enterprise-версии	Полностью открытая база	Полностью enterprise-база	Полностью enterprise-база
Количество звёзд на GitHub	16,6 тыс.	14,2 тыс.	4,1 тыс.	5,8 тыс.	Исходные коды закрыты	Исходные коды закрыты
Тип хранения данных	Property graph	Бинарный JSON	In-memory property graph	Зависит от бэк-енд-базы	Property graph	Property graph
Язык запросов	Cypher	AQL	Cypher	Gremlin	openCypher SPARQL Gremlin	GSQL
Транзакционность	ACID	ACID	ACID	Зависит от бэк-енд-базы	ACID	ACID

Корпуса Universal Dependencies обладают характерной особенностью, существенно отличающей их от типичных промышленных графовых нагрузок. Даже для наиболее полно представленных языков, таких как русский или чешский, размер аннотированного корпуса не превышает 1 ГБ. Для большинства языков объёмы оказываются ещё скромнее. Это принципиально меняет требования к архитектуре хранения данных.

В классических сценариях использования графовых баз данных — социальные сети, рекомендательные системы, графовые нейронные сети (Graph neural network, GNN) — объёмы измеряются терабайтами, и полное размещение графа в оперативной памяти становится экономически нецелесообразным или технически невозможным. Поэтому большинство коммерческих СУБД, включая Neo4j и Amazon Neptune, используют дисковое хранение с кэшированием наиболее часто используемых данных в оперативной памяти. Такой подход оправдан для больших графов, но вносит неизбежные накладные расходы: управление страницами, синхронизацию кэша и диска, предсказание паттернов доступа.

В случае с UD ситуация прямо противоположная. Поскольку весь корпус легко помещается в оперативную память даже на скромных вычислительных ресурсах (современные ноутбуки и серверы начального уровня оснащаются 16–32 ГБ RAM), использование дискового хранения становится не только избыточным, но и вредным. Дисковые операции вносят задержки на порядки выше, чем доступ к памяти, а механизмы кэширования добавляют архитектурную сложность без реальной необходимости.

Таким образом, для UD предпочтительны базы данных in-memory, которые полностью размещают граф в оперативной памяти и выполняют все операции непосредственно над данными в RAM. Такой подход обеспечивает минимальные задержки при обходах графа и полностью устраняет проблему узких мест, связанных с вводом-выводом. Из рассматриваемых систем архитектуру in-memory предлагает Memgraph. TigerGraph также обладает высокой производительностью, но её архитектура ориентирована на распределённую обработку больших данных и не даёт преимуществ на малых объёмах. Neo4j, ArangoDB, JanusGraph и Neptune являются преимущественно дисковыми системами.

Характер работы с UD-данными также существенно отличается от типичных OLTP-сценариев. Процесс загрузки корпуса в базу данных происходит, как правило, однократно — на этапе инициализации исследовательской среды. После этого все последующие операции носят исключительно аналитический характер: обход синтаксических деревьев, поиск определённых паттернов зависимостей, подсчёт статистики по типам связей, сравнение языковых структур. Запись новых данных либо отсутствует, либо происходит крайне редко (например, при добавлении вручную размеченных предложений).

Этот паттерн нагрузки имеет два важных следствия. Во-первых, требования к производительности записи минимальны. База данных не обязана поддерживать высокоинтенсивные операции вставки, обновления или удаления. Во-вторых, и это более существенно, нет необходимости в строгих гарантиях согласованности типа линейной или сериализуемой изоляции транзакций. Для аналитических задач на статичных или редко изменяющихся данных вполне

достаточно модели Eventual Consistency, в которой все реплики в конечном счёте приходят к согласованному состоянию, но в конкретный момент времени могут незначительно различаться.

Отсутствие жёстких требований к согласованности открывает возможности для использования архитектур, которые были бы неприемлемы в банковских или финансовых приложениях. В частности, становится возможным развёртывание множества независимых реплик с асинхронной синхронизацией или даже с отсутствием синхронизации в реальном времени (например, загрузка каждой реплики независимо из внешнего источника при инициализации).

Из рассматриваемых систем большинство (Neo4j, ArangoDB, JanusGraph) предоставляют полную ACID-поддержку с сильной согласованностью, что для UD-сценария является избыточным и потенциально замедляющим фактором. Memgraph, напротив, позволяет настраивать уровень согласованности и эффективно работает в режимах, не требующих строгих гарантий.

Ключевым требованием, вытекающим из описанного выше паттерна нагрузки, является необходимость эффективной параллельной аналитики. Поскольку объём данных невелик, а аналитических запросов может выполняться много (например, перебор различных лингвистических гипотез, параллельная обработка нескольких языков), возникает естественное желание масштабировать вычислительные ресурсы горизонтально.

Оптимальная архитектура для такого сценария предполагает, что на каждом узле кластера одновременно размещаются две компоненты: полная реплика графовых данных и воркер-процесс (worker), исполняющий аналитический код. Такой подход позволяет проводить вычисления локально, без передачи данных по сети между узлами. Воркер обращается к локальной реплике, выполняет необходимые обходы графа и возвращает результат. Поскольку данные не покидают узел, устраняются задержки, связанные с сетевым вводом-выводом, и повышается общая пропускная способность системы пропорционально количеству узлов. Есть два основных способа организации такой архитектуры.

Первый способ — использование федеративных реплик. Система разворачивается с несколькими независимыми экземплярами базы данных, каждый из которых содержит полную копию данных. Загрузка данных в каждую реплику может происходить независимо — например, из внешнего источника, такого как Kafka или объектное хранилище. Воркеры подключаются к «своей» реплике и выполняют анализ. Преимуществом этого подхода является полная независимость узлов (выход из строя одного из них не влияет на работу остальных), а недостатком — необходимость синхронизации данных между репликами при обновлениях. Но, как отмечалось выше, для UD-сценария с редкими записями эта проблема решается простым перезапуском загрузки.

Второй способ — использование распределённой СУБД с поддержкой параллельных запросов. В этом случае управление распределением данных и координацией запросов берёт на себя сама база данных. Это удобно, но накладывает дополнительные ограничения: как правило, требуется централизованный координатор, а запросы могут выполняться не на всех узлах одновременно. Кроме того, распределённые СУБД обычно предполагают шардирование данных (то есть разбиение графа на части), а не полные реплики на каждом узле, что увеличивает сетевой трафик при обходах, затрагивающих несколько шардов. Другой проблемой такого подхода является ограничение количества узлов в кластере базы, например в Neo4j это 20 реплик.

Для UD-сценария первый подход (независимые федеративные реплики) представляется более предпочтительным, поскольку он проще, прозрачнее и даёт исследователю полный контроль над распределением нагрузки. Из рассматриваемых систем этот подход наилучшим образом поддерживают Memgraph (через интеграцию с Kafka и возможность создания независимых реплик) и, с оговорками, TigerGraph. Neo4j с архитектурой Fabric требует централизованного координатора, а JanusGraph и ArangoDB ориентированы на шардирование, а не на полные реплики.

Несмотря на то, что архитектура in-мемори является предпочтительной для UD-сценария, она создаёт уязвимость: при падении узла (сбой питания, ошибка программного обеспечения, плановое обновление) все данные, хранившиеся в оперативной памяти, теряются. Для исследовательского проекта потеря размеченного корпуса может быть неприемлемой, особенно если загрузка данных была трудоёмкой или данные были получены в результате длительных вычислений.

Поэтому важно, чтобы либо база данных in-мемори поддерживала устойчивое хранение — периодическую запись состояния на диск (снимок) и ведение журнала изменений (упреждающая журнализация), — либо состояние полностью хранилось во внешней системе. Это позволяет после перезапуска восстановить состояние базы без необходимости повторной загрузки всего корпуса из внешнего источника. Memgraph реализует оба механизма: система автоматически создаёт снимки состояния с настраиваемой периодичностью и ведёт журнал упреждающей записи. В случае аварийного завершения работы Memgraph при следующем запуске восстанавливает последнее согласованное состояние из снимка и применяет изменения из журнала. TigerGraph также имеет механизмы устойчивости, но они строятся на распределённой архитектуре и требуют развёртывания нескольких узлов. Neo4j, ArangoDB и JanusGraph, будучи дисковыми системами, по определению сохраняют данные на диске, но за это приходится платить производительностью.

Наконец, важным практическим аспектом является простота разработки. Наличие объектно-графового маппера (Object graph mapper, OGM), позволяющего описывать вершины и рёбра как классы и работать с ними через знакомые паттерны, существенно ускоряет разработку и снижает порог входа. Среди рассматриваемых систем только у TigerGraph нет развитой поддержки OGM.

### Использование предлагаемой схемы для машинного обучения

Предлагаемая архитектура, объединяющая графовую базу данных in-memory Memgraph и библиотеку Stanza для парсинга CoNLLU, также будет эффективно работать с алгоритмами машинного обучения. Выбранная топология с множеством независимых реплик, содержащих полные копии графа синтаксических зависимостей, и локальных воркеров-обработчиков на каждом узле обеспечивает максимальную пропускную способность при выполнении вычислительно интенсивных задач.

В традиционных распределённых архитектурах обучение моделей на графовых данных часто сталкивается с проблемой узкого места, связанного с необходимостью обмена промежуточными представлениями между вычислительными узлами. Каждая итерация требует передачи данных по сети, что порождает задержки и ограничивает масштабируемость. В предложенной архитектуре, где каждый воркер имеет доступ к полной локальной копии графа, эта проблема устраняется: все операции выполняются на месте, без обмена данными между узлами. Это позволяет достичь линейного ускорения при добавлении вычислительных мощностей и обрабатывать большие объёмы лингвистических данных за время, ограниченное лишь производительностью локального оборудования.

Статичный характер UD-корпусов (однократная загрузка с последующим отсутствием изменений) создаёт благоприятные условия для предварительного вычисления и кэширования признаков. Структуры синтаксических деревьев могут быть заранее преобразованы в необходимую форму и сохранены в оперативной памяти, что существенно ускоряет как обучение, так и этап предсказания. Природа in-memory системы Memgraph обеспечивает мгновенный доступ к любым вершинам и их контексту, что особенно важно для задач, требующих многократных итеративных обходов графа.

Кроме того, интеграция Memgraph с Apache Kafka предоставляет встроенный механизм для построения конвейеров потокового обучения. Новые размеченные предложения могут поступать через поток, обновлять граф на одной из реплик, а асинхронный механизм распространения изменений гарантирует, что все воркеры в конечном счёте получат актуальные данные без блокировок и простоев. Это позволяет строить адаптивные модели, которые могут быть дообучены по мере расширения корпуса.

Архитектура также эффективна для обучения моделей на небольших выборках, где критически важно быстрое извлечение релевантных паттернов из графа. Локальность вычислений в сочетании с хранением in-memory позволяет выполнять все операции максимально быстро, что делает предложенную топологию пригодной для сценариев интерактивного анализа и экспериментирования с гиперпараметрами.

Таким образом, выбранная топология не только решает задачи хранения и анализа синтаксических зависимостей Universal Dependencies, но и представляет собой оптимальную платформу для применения методов машинного обучения на графовых данных, обеспечивая максимальную пропускную способность и эффективное использование вычислительных ресурсов.

### Заключение

Проведённый анализ шести графовых систем управления базами данных — Neo4j, ArangoDB, Memgraph, JanusGraph, Amazon Neptune и TigerGraph — позволил оценить их пригодность для решения задач, связанных с хранением и обработкой лингвистических корпусов в формате Universal Dependencies. На основе специфических требований, вытекающих из природы UD-данных, были сформулированы ключевые критерии выбора: объём корпусов (не более 1 ГБ) делает предпочтительной архитектуру in-memory; аналитический характер нагрузки и редкая запись позволяют использовать модели слабой согласованности; оптимальная архитектура предполагает наличие множества независимых реплик с полными копиями данных и локальными воркерами-обработчиками; дополнительные требования включают устойчивое хранение (снапшоты, упреждающая журнализация), интеграцию с внешними источниками данных, поддержку Cypher и развитую экосистему с наличием объектно-графового маппера.

Сравнительный анализ показал, что большинство рассматриваемых систем изначально проектировались для иных сценариев использования. Neo4j, являясь отраслевым стандартом и обладая наиболее зрелой экосистемой, страдает от архитектуры on-disk и ограниченности горизонтального масштабирования. ArangoDB предоставляет мультимодельную гибкость и бесплатное шардирование, но цена за это — снижение производительности графовых обходов из-за надстройки графа поверх документной модели. JanusGraph ориентирована на промышленные масштабы, но её избыточная сложность и высокие операционные затраты делают систему непригодной для исследовательских проектов на малых данных. Amazon Neptune и TigerGraph являются промышленными базами данных, которые также заточены под большие объёмы и работу с диском.

Наиболее сбалансированным решением, которое наилучшим образом соответствует сформулированным критериям, является Memgraph. Архитектура in-memory этой системы позволяет полностью разместить UD-корпус в оперативной памяти, обеспечивая минимальные задержки при обходах синтаксических деревьев. Поддержка горизонталь-



ного масштабирования с независимыми репликами, каждая из которых содержит полную копию данных, соответствует оптимальному паттерну размещения аналитического кода непосредственно на узле с данными. Интеграция с Apache Kafka предоставляет механизм независимой загрузки реплик из внешнего источника, что упрощает федеративную архитектуру. Механизмы устойчивого хранения (снэпшоты, упреждающая журнализация) гарантируют восстановление состояния после перезапуска без необходимости повторной загрузки корпуса. Полная совместимость с языком Cypher обеспечивает переносимость запросов и снижает порог входа, а официальная библиотека GraphQLAlchemy предоставляет развитую поддержку Python с объектно-графовым отображением.

Вместе с тем необходимо отметить, что представленный анализ носит теоретический характер и основан на изучении документации, отраслевых обзоров и результатов независимых тестов, выполненных в иных контекстах. Для получения окончательного и обоснованного заключения о производительности каждой из рассмотренных систем применительно к конкретной задаче Universal Dependencies требуется проведение дополнительного нагрузочного тестирования. В рамках такого исследования необходимо выполнить нагрузочное тестирование каждой графовой СУБД по отдельности в фиксированном, строго контролируемом окружении. Только на основе количественных результатов такого нагрузочного тестирования можно будет сделать окончательный вывод о том, какая из систем действительно обеспечивает наилучшую производительность и наиболее эффективно использует ресурсы для задач Universal Dependencies. Подробнее нагрузочное тестирование графовых баз данных описано в [11; 12].

#### Литература:

1. Clustering. — Текст: электронный // neo4j.com: [сайт]. — URL: <https://neo4j.com/docs/operations-manual/current/clustering/> (дата обращения: 18.05.2026).
2. Neo4j. — Текст: электронный // github.com: [сайт]. — URL: <https://github.com/neo4j/neo4j> (дата обращения: 16.05.2026).
3. How high availability works in Memgraph. — Текст: электронный // memgraph.com: [сайт]. — URL: <https://memgraph.com/docs/clustering/high-availability/how-high-availability-works> (дата обращения: 16.05.2026).
4. Memgraph. — Текст: электронный // GitHub: [сайт]. — URL: <https://github.com/memgraph/memgraph> (дата обращения: 15.05.2026).
5. Cluster deployments. — Текст: электронный // ArangoDB Documentation: [сайт]. — URL: <https://docs.arango.ai/arangodb/stable/deploy/cluster/> (дата обращения: 18.05.2026).
6. ArangoDB. — Текст: электронный // GitHub: [сайт]. — URL: <https://github.com/arangodb/arangodb> (дата обращения: 18.05.2026).
7. TigerGraph: A Native MPP Graph Database. — Текст: электронный // arxiv.org: [сайт]. — URL: <https://arxiv.org/pdf/1901.08248> (дата обращения: 21.05.2026).
8. Changes and Updates to Amazon Neptune. — Текст: электронный // aws.amazon.com: [сайт]. — URL: <https://docs.aws.amazon.com/neptune/latest/userguide/doc-history.html> (дата обращения: 17.05.2026).
9. Architectural Overview. — Текст: электронный // janusgraph.org: [сайт]. — URL: <https://docs.janusgraph.org/getting-started/architecture/> (дата обращения: 14.05.2026).
10. JanusGraph. — Текст: электронный // GitHub: [сайт]. — URL: <https://github.com/JanusGraph/janusgraph> (дата обращения: 14.05.2026).
11. Robert Campbell McColl, David Ediger, Jason Poovey, Dan Campbell and David A. Bader A Performance Evaluation of Open Source Graph Databases // Proceedings of the first workshop on Parallel programming for analytics applications. — 2014. — № 14. — С. 11–18.
12. Timothy G. Armstrong, Vamsi Ponnepanti, Dhruva Borthakur and Mark Callaghan LinkBench: a Database Benchmark Based on the Facebook Social Graph // SIGMOD '13: Proceedings of the 2013 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. — 2013. — № 1. — С. 1185–1196.

## Применение технологий искусственного интеллекта в деятельности организации: области внедрения и оценка эффективности

Лобанова Анастасия Викторовна, студент

Научный руководитель: Насырова Светлана Ирековна, кандидат экономических наук, доцент  
Уфимский университет науки и технологий

*В статье автор разбирает, в каких именно процессах компании искусственный интеллект приносит измеримую пользу, и предлагает понятный способ оценить, окупается ли его внедрение. В качестве примера взята онлайн-школа: для неё описана модель, которая заранее находит учеников, готовых бросить учёбу, и помогает их удержать. Показано, как считать отдачу от такого решения через показатель ROI, и какие риски подстерегают при внедрении. Главный тезис: деньги приносит не сам прогноз, а действия, которые он запускает.*

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, отток клиентов, удержание, персонализация, ROI, риски внедрения, онлайн-образование.

Когда ИИ перестал быть экзотикой, на первый план вышел куда более приземлённый вопрос — не «работает ли это вообще», а «куда его приткнуть, чтобы был толк». Технология сама по себе ничего не приносит; пользу даёт привязка к конкретному процессу, где меньше неопределённости означает больше денег [3]. В этой статье я хочу показать это на живом примере и заодно предложить способ посчитать эффект.

### 1. Где ИИ реально пригождается в компании

Если пройтись по функциям, картина получается такая. В маркетинге и продажах ИИ сегментирует клиентов, предсказывает, кто что купит, и подбирает персональные предложения — по этому принципу работают рекомендации в любом маркетплейсе. В финансах он прогнозирует выручку, ловит аномалии и оценивает риски; на этом, по сути, держится кредитный скоринг крупных банков. В логистике — прогноз спроса и оптимизация запасов, в контроле качества — поиск брака по фото, в поддержке — боты и разбор тональности отзывов, в HR — оценка того, кто из сотрудников вот-вот уволится. Если присмотреться, почти везде это одна и та же задача — предсказать будущее по прошлым данным. И именно прогнозные задачи дают самый понятный денежный эффект, потому что позволяют действовать на опережение [2].

### 2. Пример: онлайн-школа и удержание учеников

Возьмём онлайн-школу средней руки — пара-тройка тысяч активных учеников, накопленные данные о платежах, посещаемости, прогрессе и обращениях в поддержку. Боль у таких компаний почти всегда одна: ученики бросают учёбу и не продлевают подписку, а это напрямую бьёт по выручке и по LTV — пожизненной ценности клиента.

Идея решения простая на словах и небанальная на практике: научить систему заранее видеть, кто собирается уйти, и вовремя реагировать. Модель собирает данные из CRM, платформы обучения, поддержки и маркетинга. На исторических примерах «ушёл / остался» она учится оценивать риск ухода для каждого ученика и раз в день пересчитывает этот риск. На выходе — не абстрактный отчёт, а список конкретных учеников с пометкой, почему по ним загорелась «красная лампочка»: перестал заходить на занятия, написал недовольное обращение, заканчивается оплаченный период. Дальше это попадает на дашборд куратора и в виде триггеров в CRM — позвонить, написать, дать персональное предложение. Смысл в том, что школа перестаёт реагировать на уже случившийся уход и начинает работать на опережение [3].

### 3. Как посчитать, окупается ли это

Чтобы разговор не остался на уровне «это полезно», нужен расчёт. Базовая формула отдачи знакома всем:  $ROI = (\text{Эффект} - \text{Затраты}) / \text{Затраты} \times 100 \%$ . Эффект от удержания удобно раскрыть так:  $\Delta = N \times \Delta r \times LTV$ , где  $N$  — сколько человек из группы риска мы успели «зацепить»,  $\Delta r$  — на сколько выросла доля оставшихся благодаря нашим действиям,  $LTV$  — сколько в среднем приносит один ученик.

Прикинем на цифрах. Пусть в школе 3 000 активных учеников, в зоне риска — 20 %, то есть 600 человек. Допустим, адресная работа поднимает удержание на 15 % ( $\Delta r = 0,15$ ), а средний LTV — 25 000 рублей. Тогда сохранённая выручка:  $600 \times 0,15 \times 25\,000 = 2\,250\,000$  рублей. Если на разработку и сопровождение решения ушло порядка 900 000 рублей, то  $ROI = (2\,250\,000 - 900\,000) / 900\,000 \times 100 \% \approx 150 \%$ . Цифры здесь условные, но логика важнее цифр: эффект создаёт не сам прогноз, а то, что компания по нему делает [5].

#### 4. Что может пойти не так

Рисков хватает, и их лучше назвать заранее. Если данные грязные — модель будет ошибаться, поэтому без аудита и подготовки данных начинать нет смысла. Если скоринг не вшит в ежедневную работу кураторов — он просто не повлияет ни на что. Сотрудники могут сопротивляться, пока не поймут, что система им помогает, а не следит за ними. Модель будет иногда ошибаться и поднимать ложную тревогу — значит, её надо регулярно переобучать. И отдельно — персональные данные: тут всё должно быть строго по закону [1].

#### Заключение

Самую ощутимую пользу ИИ приносит там, где он позволяет действовать заранее, — в прогнозных задачах. На примере онлайн-школы видно, как это выглядит вживую: модель предсказания оттока, встроенная в работу кураторов, плюс понятный расчёт окупаемости. И главный вывод остаётся тем же — ценность не в точности модели как таковой, а в действиях, которые она запускает, и в том, насколько плотно она вшита в реальные процессы компании.

#### Литература:

1. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации: Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 (с изм.) // Официальный интернет-портал правовой информации. — URL: <http://pravo.gov.ru> (дата обращения: 29.05.2026).
2. Дэвенпорт, Т. Аналитика как конкурентное преимущество / Т. Дэвенпорт, Дж. Харрис. — Москва: Альпина Паблишер, 2021. — 360 с.
3. Провост, Ф. Data Science для бизнеса / Ф. Провост, Т. Фосетт. — Москва: МИФ, 2019. — 368 с.
4. Брыньолфссон, Э. Машина, платформа, толпа / Э. Брыньолфссон, Э. Макафи. — Москва: АСТ, 2019. — 320 с.
5. Agrawal, A. Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence / A. Agrawal, J. Gans, A. Goldfarb. — Harvard Business Review Press, 2018. — 272 p.

## Технологии искусственного интеллекта как фактор цифровой трансформации современной организации

Лобанова Анастасия Викторовна, студент

Научный руководитель: Насырова Светлана Ирековна, кандидат экономических наук, доцент

Уфимский университет науки и технологий

*Статья посвящена тому, как технологии искусственного интеллекта меняют управление организацией и почему сегодня их стоит рассматривать не как отдельный ИТ-проект, а как часть цифровой трансформации. Автор разбирает основные направления ИИ — машинное обучение, нейросети, обработку языка, компьютерное зрение, экспертные системы — и показывает, чем интеллектуализация управления отличается от привычной автоматизации. Отдельно рассмотрено, почему многие ИИ-проекты не доходят до реального использования. Вывод простой: дело чаще не в самой технологии, а в зрелости данных и процессов компании.*

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, машинное обучение, цифровая трансформация, данные, автоматизация, управленческие решения.

Ещё несколько лет назад искусственный интеллект в бизнесе звучал как тема для крупных корпораций с собственными командами аналитиков. Сейчас картина другая. Облачные сервисы и генеративные модели сделали эти инструменты доступными даже небольшим компаниям, и вопрос сместился: уже не «можем ли мы применять ИИ», а «где именно его применить, чтобы это окупилось».

Поэтому ИИ всё чаще обсуждают не сам по себе, а в связке с цифровой трансформацией организации. И здесь важно сразу договориться о понятиях. В этой статье

я ставлю цель — разобраться, что такое технологии ИИ по существу и какую роль они играют в трансформации бизнеса.

#### 1. Что такое ИИ и из чего он состоит

Если убрать сложные формулировки, искусственный интеллект — это способность программных систем делать то, что раньше требовало человека: распознавать, понимать текст, прогнозировать, советовать. Для управленца удобнее думать о нём проще — как о технологии, которая

превращает данные в действия. На входе данные, на выходе — прогноз, решение или готовое действие [4].

Под «ИИ» обычно понимают сразу несколько разных вещей. Машинное обучение — это когда модель сама находит закономерности в исторических данных, а не работает по правилам, прописанным программистом. Нейросети и глубокое обучение нужны там, где данные сложные: картинки, звук, тексты; на них же построены генеративные модели вроде ChatGPT. Обработка естественного языка отвечает за работу с текстом и речью — чат-боты, разбор отзывов, анализ обращений. Компьютерное зрение «видит» — контроль качества на конвейере, распознавание документов. А экспертные системы и аналитические алгоритмы дают предсказуемый результат там, где всё регламентировано, например, в банковском скоринге. На практике эти кусочки почти всегда работают вместе.

## 2. Чем ИИ отличается от обычной автоматизации

Цифровую трансформацию удобно представить как лестницу из трёх ступеней. Сначала компания переводит документы и данные в цифру. Потом автоматизирует процессы — система делает что-то без человека, но строго по заданным правилам. И только на третьей ступени появляется собственно ИИ: система не просто исполняет правила, а выводит их сама и подстраивается под меняющиеся данные [1]. Вот эта разница и есть главная. Робот, который рассылает письма по расписанию, — это автоматизация. Модель, которая решает, кому и какое письмо отправить, чтобы человек не ушёл, — это уже ИИ.

Ценность для бизнеса складывается из нескольких вещей. ИИ снимает рутину и освобождает людей для задач посложнее. Он считает быстрее и точнее человека там, где данных слишком много. Он превращает накопленные данные из «мёртвого груза» в актив — и чем больше данных проходит через модель, тем она точнее. Наконец, он позволяет общаться с каждым клиентом индивидуально, даже когда клиентов десятки тысяч [2]. Важно, что

ИИ не запирается в одном отделе — он одновременно заходит и в маркетинг, и в финансы, и в логистику. Поэтому внедрять его точно, «в одном месте», обычно не получается: приходится менять и процессы, и подход к данным.

## 3. Почему ИИ-проекты часто буксуют

Здесь стоит быть честным: значительная часть таких проектов так и остаётся пилотами. Причём виновата редко сама технология. Чаще не хватает нормальных данных — они разбросаны по разным системам, противоречат друг другу, и модель просто не на чем учить. Бывает, что модель построили, а в реальный процесс её так и не встроили: красивый отчёт есть, а решения по нему никто не принимает. Добавьте сюда нехватку людей, которые умеют это сопровождать, и обычное человеческое сопротивление — мало кто рад, когда привычную работу меняет алгоритм.

Из всего этого следует один практический вывод. ИИ — не волшебная кнопка и не цель сама по себе. Это инструмент, и работает он ровно настолько, насколько готова к нему компания. Поэтому начинать разумнее не с выбора модной модели, а с честной оценки своих данных и процессов.

## Заключение

Технологии искусственного интеллекта стоит воспринимать как то, что переводит цифровую трансформацию с уровня «делаем по правилам» на уровень «система сама принимает решения». Пользу они приносят через снятие рутины, ускорение и уточнение решений, работу с данными как с активом и персонализацию. Но всё это срабатывает только при зрелых данных и процессах. Логичное продолжение этой темы — посмотреть, как ИИ применяется в конкретной организации и сколько это реально приносит, чему будут посвящены следующие части исследования.

## Литература:

1. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации: Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 (с изм.) // Официальный интернет-портал правовой информации. — URL: <http://pravo.gov.ru> (дата обращения: 29.05.2026).
2. Брыньолфссон, Э. Машина, платформа, толпа. Наше цифровое будущее / Э. Брыньолфссон, Э. Макафи. — Москва: АСТ, 2019. — 320 с.
3. Дэвенпорт, Т. О чём говорят цифры. Как понимать и использовать данные / Т. Дэвенпорт, Дж. Ким. — Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2021. — 304 с.
4. Russell, S. Artificial Intelligence: A Modern Approach / S. Russell, P. Norvig. — 4th ed. — Pearson, 2021. — 1136 p.
5. Agrawal, A. Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence / A. Agrawal, J. Gans, A. Goldfarb. — Harvard Business Review Press, 2018. — 272 p.



## Анализ предметной области автоматизированного отбора случаев для контрольно-экспертных мероприятий в системе обязательного медицинского страхования

Маркова Алёна Сергеевна, студент магистратуры

Научный руководитель: Белов Сергей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент

Астраханский государственный технический университет

*Статья посвящена анализу предметной области, связанной с отбором случаев оказания медицинской помощи для проведения медико-экономической экспертизы и экспертизы качества в системе обязательного медицинского страхования Российской Федерации. Актуальность темы обусловлена высокой трудоёмкостью и слабой автоматизацией существующего ручного процесса, что ведёт к ошибкам, пропуску значимых случаев и невыполнению нормативных объёмов контроля. Целью работы является системное исследование нормативных, организационных и информационных аспектов отбора, выявление ключевых проблем и обоснование требований к перспективной интеллектуальной системе поддержки. В ходе исследования проанализирована нормативная правовая база, прежде всего приказ Минздрава № 231н, задающий формальные критерии и количественные нормативы; детально рассмотрены шесть обязательных критериев отбора и пороговые значения по условиям оказания помощи. Проведён обзор существующих информационных систем (зарубежные FWA-решения, отечественные медицинские информационные системы) и научных методов глубокого обучения для табличных данных (TabNet, FT-Transformer), выявлены их ограничения в контексте российской специфики. Предложена теоретико-множественная формализация процесса отбора, включающая описание входных данных, критериев, правил группировки и расчёта дефицита нормативов. Новизна работы заключается в комплексном подходе к анализу предметной области, объединяющем нормативный, процессный и информационный аспекты, и в формальной постановке задачи двухэтапного отбора, что создаёт основу для проектирования гибридных систем, сочетающих детерминированные правила и методы машинного обучения. Основные выводы: существующий ручной процесс не удовлетворяет современным требованиям по оперативности и объективности; имеющиеся программные продукты не обеспечивают полного покрытия критериев и нормативов; необходима разработка специализированной гибридной системы, реализующей формальные правила и интеллектуальное ранжирование.*

**Ключевые слова:** обязательное медицинское страхование, контрольно-экспертные мероприятия, отбор случаев, анализ предметной области, нормативные критерии, формализация, автоматизация.

Система обязательного медицинского страхования (ОМС) Российской Федерации гарантирует гражданам получение бесплатной медицинской помощи, качество и объёмы которой контролируются страховыми медицинскими организациями (СМО). Основным механизмом контроля служат контрольно-экспертные мероприятия (КЭМ), включающие медико-экономическую экспертизу (МЭЭ) и экспертизу качества медицинской помощи (ЭКМП). Порядок проведения КЭМ регламентирован приказом Минздрава России от 19.03.2021 № 231н [1], который определяет исчерпывающий перечень формальных критериев для обязательного отбора случаев и минимальные нормативные объёмы проверок, дифференцированные по условиям оказания помощи.

Несмотря на наличие детальной нормативной базы, практическая реализация отбора остаётся трудоёмкой и слабо автоматизированной. Специалисты СМО вынуждены вручную обрабатывать многотысячные реестры счетов, сопоставлять данные из разрозненных источников и осуществлять добор недостающих до норматива записей, часто без чётких правил. Это приводит к значительным временным затратам, ошибкам и снижению эффективности контроля [2, 3].

Центральным документом, регулирующим отбор случаев на КЭМ, является упомянутый Приказ № 231н [1]. Для МЭЭ он устанавливает следующие обязательные критерии, каждый из которых должен проверяться при анализе реестра счетов: повторное обращение — наличие у одного застрахованного лица двух и более случаев с одинаковым кодом диагноза (первые три знака МКБ-10) в течение ограниченного временного окна (для амбулаторной помощи — 14 дней, для стационарной — 30 дней при условии, что длительность предыдущего случая не превышала трёх дней); жалоба застрахованного лица — поступление жалобы на доступность или сроки оказания помощи (при этом исключаются случаи, завершившиеся летальным исходом); онкологический случай с лекарственной терапией — код основного диагноза относится к классу C00–C97 (злокачественные новообразования) и в реестре зафиксирована услуга химиотерапии; диспансерное наблюдение — диагноз входит в перечень, требующий диспансерного учёта согласно приказу № 168н [4], но запись о профилактическом осмотре в установленные сроки отсутствует; несоответствие признака летального исхода — ситуация, когда в реестре счетов случай закрыт с благоприятным результатом, тогда как по данным реестра смертей застрахованное лицо умерло в период оказания помощи. ЭКМП дополнительно охватывает случаи летального исхода вне медицинской организации, если смерть наступила в течение семи дней после завершения лечения.

Помимо качественных критериев, Приказ № 231н задаёт количественные нормативы — минимальную долю случаев, подлежащих экспертизе, в разрезе каждой медицинской организации и типа условий оказания помощи: вне медицинской организации —  $\geq 2\%$ ; амбулаторно —  $\geq 0,5\%$ ; дневной стационар —  $\geq 6\%$ ; круглосуточный стационар —  $\geq 6\%$ . Эти пороговые значения выступают как обязательные контрольные цифры. Если после применения всех детерминированных критериев объём отобранных случаев оказывается ниже норматива, требуется дополнительный добор недостающего числа записей. Именно эта стадия сегодня представляет наибольшую сложность, так как не регламентирована формальными правилами. Таким образом, задача отбора структурно разделяется на две составляющие: гарантированное выявление случаев, удовлетворяющих жёстким условиям, и последующее ранжирование оставшихся для выполнения нормативных объёмов. Первая часть алгоритмизуема и может быть реализована продукционными правилами, вторая — требует применения методов, способных учитывать многомерные зависимости и обеспечивать воспроизводимость и прозрачность выбора.

Исследование практики работы ряда СМО (на основе открытых данных и публикаций) показывает, что процесс отбора строится по типовой схеме, включающей получение выгрузок реестров счетов, жалоб, смертей и ранее проведённых экспертиз из информационных систем территориальных фондов ОМС или медицинских организаций; ручную проверку полноты и корректности данных; последовательный просмотр записей экспертом на предмет соответствия критериям; фиксацию отобранных «обязательных» случаев с указанием основания; подсчёт количества отобранных случаев по каждой медицинской организации и условию оказания помощи, сравнение с нормативами; при выявлении дефицита — добор дополнительных случаев из числа оставшихся. Детальный анализ этого процесса позволил выделить следующие системные проблемы: высокая ресурсоёмкость (обработка месячного реестра, насчитывающего сотни тысяч записей, может занимать у одного эксперта от нескольких дней до двух недель); ошибки, обусловленные человеческим фактором (монотонный характер работы, утомляемость, различия в квалификации ведут к пропуску случаев или ошибочному включению); отсутствие системного подхода к добору (эксперт действует интуитивно, ориентируясь на наиболее заметные или дорогостоящие счета, что не гарантирует равномерности охвата и максимальной результативности проверок); разрозненность и неоднородность данных (информация рассредоточена по нескольким реестрам, встречаются расхождения в идентификаторах, форматах дат, кодировании диагнозов). В научной литературе подчёркивается, что достоверность первичной медицинской документации является критическим фактором качества экспертизы [5], а системный подход к контролю способствует повышению финансовой устойчивости медицинских организаций [2].

Анализ применяемых в настоящее время программных средств и научных разработок позволяет выделить три основные группы. Зарубежные системы выявления аномалий и мошенничества (Optum Fraud, Waste and Abuse Detection, SAS Fraud Management [6]) ориентированы на поиск подозрительных паттернов с использованием методов машинного обучения, но не привязаны к российским нормативным критериям, не имеют механизмов соблюдения регламентированных процентных нормативов и часто недоступны в РФ. Отечественные медицинские информационные системы (комплексы ТФОМС и внутренние системы СМО) автоматизируют преимущественно учётные функции, а модули отбора случаев для КЭМ реализуют жёстко заданные правила без функций добора и гибкой настройки нормативов. Научные работы в области глубокого обучения для табличных данных, такие как TabNet [7] и FT-Transformer [8], демонстрируют высокую точность классификации и интерпретируемость за счёт механизмов внимания, но не включают встроенных механизмов учёта нормативных ограничений. Их применение возможно только в составе гибридной системы, где формальные критерии обрабатываются отдельным модулем. Сравнительная характеристика подходов приведена в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение подходов к автоматизации отбора

Критерий	Зарубежные FWA-системы	Отечественные МИС	Научные ML-модели (TabNet, FT-Transformer)
Учёт критериев приказа № 231н	-	+	-
Автоматический добор до норматива	-	-	-
Интерпретируемость	Низкая	Высокая (правила)	Высокая (веса внимания)
Адаптация к изменениям нормативов	Отсутствует	Ручная	Отсутствует
Доступность в РФ	Ограничена	Доступна	Открытые реализации

Для строгого описания предметной области предлагается теоретико-множественная модель. Пусть  $\Omega$  — генеральная совокупность всех случаев оказания медицинской помощи за отчётный период. Каждый случай  $\omega \in \Omega$  описывается набором атрибутов:  $id$  — уникальный идентификатор,  $p$  — идентификатор пациента,  $mo$  — код медицинской организации,  $cond$  — условие оказания помощи (вне МО / амбулаторно / дневной стационар / стационар),  $diag$  — код диагноза

по МКБ-10, date\_begin, date\_end — даты начала и окончания, dur — длительность, cost — стоимость, result — результат («благоприятный» / «летальный»). Дополнительно определены множества: J — жалобы (с атрибутами id\_case, date\_complaint, type); D — смерти (с атрибутами p, date\_death). На основе этих данных формулируются шесть критериев

$$K = \{k_1, \dots, k_6\},$$

каждый из которых представляет собой предикат, определённый на  $\Omega$  (с возможным обращением к J и D). Например,  $k^1(\omega) = \exists \omega': p' = p, \text{diag}' = \text{diag}, \text{cond} = \text{амбулаторно}, \text{date}_{\text{begin}} - \text{date}_{\text{end}} \leq 14$ ;

$$k_5(\omega) = \exists d \in D: p_d = p, \text{date\_death} \in [\text{date\_begin}; \text{date\_end} + 7].$$

Множество обязательных случаев:

$$\Omega_{\text{mand}} = \cup \{i = 1..6\} \{\omega \in \Omega \mid k_i(\omega) = \text{true}\}.$$

Для каждой группы  $g = (\text{mo}, \text{cond})$  вычисляется фактический объём

$$V_{g\_mand} = |\Omega_{\text{mand}} \cap \Omega_g|$$

и требуемый объём

$$V_{g\_norm} = [\pi_{\text{cond}} \cdot |\Omega_g|].$$

Если  $V_{g\_mand} < V_{g\_norm}$ , фиксируется дефицит  $\Delta_g = V_{g\_norm} - V_{g\_mand}$ , и из множества кандидатов  $\Omega_g \setminus \Omega_{\text{mand}}$  необходимо отобрать  $\Delta_g$  записей. Задача этого отбора сводится к ранжированию кандидатов по некоторой оценке предпочтительности  $r(\omega)$ , вычисляемой на основе атрибутов случая и, возможно, исторических данных.

Таким образом, проведённый анализ показал, что процесс отбора случаев для КЭМ в системе ОМС характеризуется высокой степенью нормативной регламентации критериев и объёмов, но сохраняет существенную долю ручного труда на этапах проверки и добора. Основными проблемами являются большие временные затраты, влияние человеческого фактора, отсутствие системного подхода к дополнительному отбору и разрозненность источников данных. Существующие информационные системы либо не учитывают российскую нормативную специфику, либо автоматизируют лишь часть формальных проверок, не предлагая инструментов для обоснованного добора. Научные разработки в области глубокого обучения для табличных данных демонстрируют перспективные возможности ранжирования и интерпретации, однако требуют интеграции с детерминированными правилами. Предложенная формальная модель процесса и выделенные сущности создают основу для проектирования гибридной интеллектуальной системы, которая объединит продукционные алгоритмы проверки критериев с методами машинного обучения для ранжирования кандидатов. Такая система позволит не только сократить трудозатраты экспертов, но и повысить объективность и результативность контрольно-экспертных мероприятий.

#### Литература:

1. Приказ Минздрава России от 19.03.2021 № 231н «Об утверждении Порядка проведения контроля объемов, сроков, качества и условий предоставления медицинской помощи по обязательному медицинскому страхованию застрахованным лицам, а также ее финансового обеспечения» (ред. от 04.09.2024).
2. Цыганова О. А., Ясько Н. Н. Влияние результатов контрольно-экспертных мероприятий на формирование финансовой устойчивости медицинских организаций в системе обязательного медицинского страхования (на примере онкологической помощи) // Социальные аспекты здоровья населения. — 2025. — Т. 71, № 1.
3. Зигангареева Г. Г., Королева О. И., Хусаинова Д. К. Пути совершенствования внутреннего контроля качества и безопасности медицинской деятельности: как использовать результаты контроля в сфере обязательного медицинского страхования // Менеджер здравоохранения. — 2023. — № 6.
4. Приказ Минздрава России от 15.03.2022 № 168н «Об утверждении порядка проведения диспансерного наблюдения за взрослыми» (ред. от 28.02.2024).
5. Зигангареева Г. Г., Королева О. И., Хусаинова Д. К. Медицинская документация как элемент системы управления качеством медицинской помощи // Общественное здоровье и здравоохранение. — 2021. — № 3(71). — С. 24–28.
6. Bauder R. A., Khoshgoftaar T. M. The Detection of Medicare Fraud Using Machine Learning Methods with Excluded Provider Labels // Proceedings of the Thirty-First International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference (FLAIRS-31). — 2018.
7. Arik S. Ö., Pfister T. TabNet: Attentive Interpretable Tabular Learning // Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. — 2021. — Vol. 35, No. 8. — P. 6679–6687.
8. Gorishniy Y., Rubachev I., Khrulkov V., Babenko A. Revisiting Deep Learning Models for Tabular Data // Advances in Neural Information Processing Systems. — 2021. — Vol. 34.

## Совершенствование производственной деятельности ПАО «Уралкалий» на основе технологий цифровых двойников и предиктивной аналитики

Мехоношин Родион Николаевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Черникова Светлана Александровна, кандидат экономических наук, доцент  
Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова

*В данной научной статье рассмотрены вопросы повышения операционной эффективности производства и надежности промышленного оборудования ПАО «Уралкалий» в условиях цифровой трансформации. Предлагается комплексный подход к управлению активами на основе внедрения системы предиктивного обслуживания (Predictive Maintenance) и создания цифровых двойников (Digital Twins) ключевых производственных агрегатов. Анализируются особенности эксплуатации оборудования в агрессивных средах калийных рудников и предлагается архитектура системы мониторинга, позволяющая минимизировать внеплановые простои и оптимизировать затраты на техническое обслуживание и ремонт (ТОиР).*

**Ключевые слова:** ПАО «Уралкалий», цифровой двойник, предиктивное обслуживание, Industrial Internet of Things (IIoT), машинное обучение, надежность оборудования, калийная отрасль.

## Improving the production activities of PJSC Uralkali based on digital twin technologies and predictive analytics

Mekhonoshin Rodion Nikolayevich, master's student

Scientific advisor: Chernikova Svetlana Aleksandrovna, phd in economics, associate professor  
Perm State Agrarian and Technological University named after academician DN Pryanishnikov

*This scientific article discusses the issues of increasing the operational efficiency of production and reliability of industrial equipment of PJSC Uralkali in the context of digital transformation. An integrated approach to asset management is proposed based on the implementation of a predictive Maintenance system and the creation of Digital Twins of key production units. The features of equipment operation in aggressive environments of potash mines are analyzed and a monitoring system architecture is proposed that minimizes unplanned downtime and optimizes maintenance and repair costs (MRO).*

**Keywords:** Uralkali PJSC, digital twin, predictive maintenance, Industrial Internet of Things (IIoT), machine learning, equipment reliability, the potash industry.

**Введение.** Современная промышленность, стремясь к укреплению своего положения на рынке и устойчивому развитию, активно осваивает возможности цифровой трансформации. Эти тенденции особенно актуальны для капиталоемких отраслей со сложными условиями эксплуатации, таких как горнодобывающая промышленность, и в частности, производство калийных удобрений. ПАО «Уралкалий», будучи одним из мировых лидеров в этой сфере, сталкивается с комплексом специфических вызовов, требующих инновационных подходов к управлению производственными активами.

**Материалы и методы.** ПАО «Уралкалий», как ведущий мировой производитель калийных удобрений, сталкивается с рядом специфических трудностей, обусловленных масштабами деятельности и особенностями горно-геологической среды. Эффективность его производственной деятельности напрямую зависит от стабильной и безотказной работы сложного горно-шахтного и обогащательного оборудования.

Анализ существующей ситуации выявил ряд ключевых проблем, ограничивающих рост операционной эффективности производства:

1. Высокая стоимость активов и риски внеплановых простоев: оборудование, применяемое в калийной отрасли, характеризуется высокой ценой. Его внезапный выход из строя, ведет не только к прямым расходам на ремонт, но и к существенным косвенным убыткам из-за остановки производственных процессов (добыча, транспортировка, обогащение). Экстремальные условия эксплуатации — агрессивное воздействие соляной пыли, высокая влажность, абразивный износ, динамические и статические нагрузки — существенно сокращают ресурс узлов и агрегатов.

2. Недостаточная эффективность традиционных методов к ТОиР:

— Реактивный подход (далее — Repair-as-needed): Ориентирован на устранение поломок по мере их возникновения. Такой подход характеризуется высокой степенью риска, поскольку ремонт зачастую происходит в аварийном режиме, что ведет к повреждению сопряженных узлов, длительным простоям и увеличению трудозатрат.

— Регламентный подход (далее — Preventive Maintenance): Основан на планово-предупредительных ремонтах (далее — ППР) по заранее установленному графику, независимо от фактического состояния оборудования. Этот метод, хотя



и снижает риск внезапных отказов, приводит к избыточным затратам на замену, еще исправных компонентов, необоснованному выводу оборудования из эксплуатации и неоптимальному использованию запасных частей.

3. Трудности с мониторингом и диагностикой в реальном времени: удаленность объектов добычи, агрессивная среда и масштаб производственных комплексов затрудняют оперативный и точный мониторинг состояния оборудования. Традиционные методы не всегда позволяют выявлять дефекты на ранних стадиях.

4. Цифровое неравенство и потребность в интеграции: отсутствие единой, интегрированной системы управления производственными активами, объединяющей данные о состоянии оборудования, процессах ТОиР и управлении запасами, приводит к разрозненности информации, замедлению принятия решений и упущенным возможностям для оптимизации.

Таким образом, существующая модель технического обслуживания и ремонта, основанная на эмпирических графиках и реактивных действиях, демонстрирует свою неэффективность в условиях современной высокотехнологичной и конкурентной среды. Существует острая необходимость перехода к более интеллектуальным, проактивным и экономически обоснованным методам управления жизненным циклом производственных активов. Внедрение цифровых двойников и предиктивной аналитики является стратегически важным решением для снижения рисков, повышения надежности и оптимизации затрат ПАО «Уралкалий».

#### 1. Технология цифровых двойников в калийном производстве

Цифровой двойник (далее — Digital Twin) представляет собой виртуальную копию реального объекта, который синхронизируется с оригиналом в режиме реального времени посредством датчиков и систем IIoT (далее — Industrial Internet of Things).

Для ПАО «Уралкалий» наиболее перспективным является создание цифровых двойников для критического оборудования:

- Горно-шахтные комбайны: мониторинг состояния гидравлических систем и приводов.
- Подъемные машины: контроль состояния канатов, тормозных систем и двигателей шахтного подъема.
- Центрифуги и сушильные барабаны на обогатительных фабриках: отслеживание вибрации, температуры подшипников и дисбаланса роторов.

Цифровой двойник позволяет не только визуализировать текущее состояние, но и проводить имитационное моделирование работы оборудования в различных режимах нагрузки, что крайне важно для оптимизации добычных работ.

#### 2. Внедрение системы Predictive Maintenance (далее — PdM)

Система предиктивного обслуживания использует алгоритмы машинного обучения (Machine Learning), которые анализируют историю данных и текущие показатели датчиков для выявления аномалий и прогнозирования времени наступления отказа.

Этапы реализации системы для ПАО «Уралкалий»:

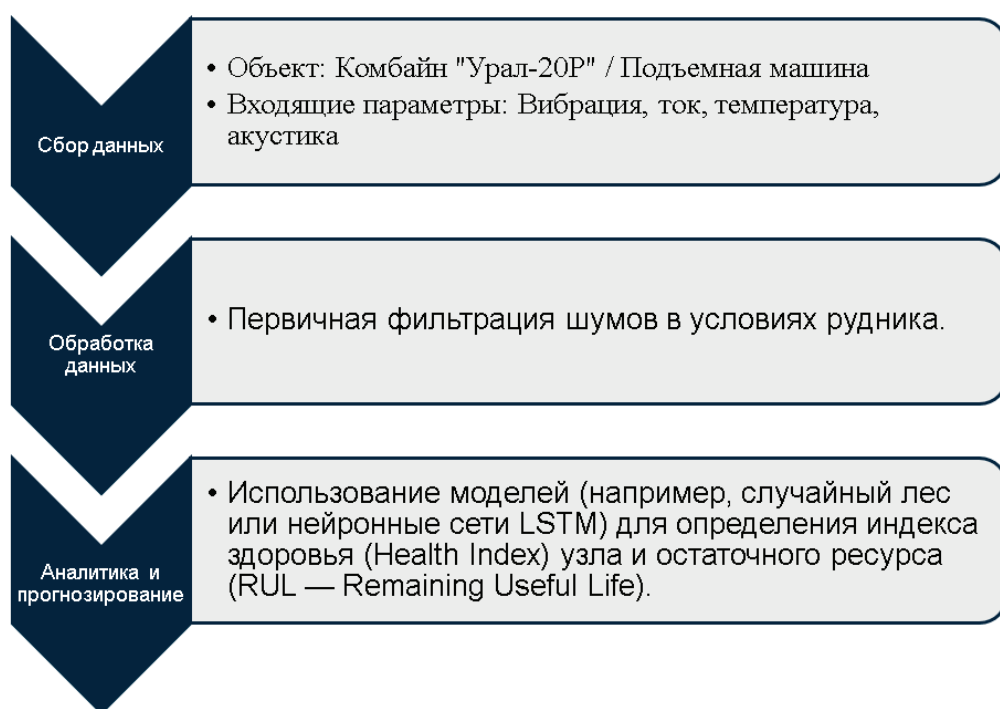


Рис. 1. Внедрение системы Predictive Maintenance

В отличие от стандартной диагностики, PdM позволяет обнаружить дефект (например, микротрещину в подшипнике) за несколько недель до критического отказа, давая возможность службе главного механика спланировать ремонт в технологическое окно.

### 3. Архитектура интегрированного решения

Для максимального эффекта предлагается интеграция систем. Цифровой двойник выступает в роли «контейнера данных» и визуального интерфейса, а предиктивные модели обеспечивают интеллектуальную составляющую.

Схема взаимодействия:

— Нижний уровень: Оборудование комбайна «Урал-20Р» оснащается прецизионными датчиками (вибрации, температуры, давления и тока). Основная задача — непрерывная фиксация физических параметров работы основных узлов: планетарных редукторов, гидронасосов и тяговых двигателей.

— Средний уровень: включает в себя бортовые контроллеры комбайна и подземную сетевую инфраструктуру. Здесь происходит первичная обработка сигналов (Edge Computing), позволяющая отсеять помехи, возникающие при разрушении горной породы, и передать «чистые» данные на сервер предприятия через шахтную сеть передачи данных.

— Верхний уровень: на базе платформы больших данных функционирует «Цифровой двойник» комбайна. В него интегрирована предиктивная модель, которая сравнивает текущие показатели с эталонными. При отклонении тренда (например, рост температуры подшипника при стабильной нагрузке) система автоматически передает информацию в SAP EAM, где формируется заявка на технический осмотр в ближайшее технологическое окно.

**Результаты исследований.** Внедрение предложенных технологий позволит достичь следующих технико-экономических показателей:

1. Снижение затрат на внеплановые ремонты: на 20–30 % за счет исключения аварийных остановок.
2. Повышение коэффициента технической готовности (далее — КТГ): на 5–10 %, благодаря, точному планированию работ.
3. Оптимизация склада запчастей: снижение объема неликвидных запасов на 15 %, так как закупка деталей осуществляется на основе реального прогноза износа.
4. Безопасность: снижение рисков производственного травматизма за счет предотвращения внезапных разрушений крупногабаритных механизмов.

**Выводы и предложения.** Совершенствование производственной деятельности ПАО «Уралкалий» на базе цифровых двойников и предиктивного обслуживания является стратегически необходимым шагом. Переход от парадигмы «ремонт по графику» к парадигме «ремонт по необходимости» позволяет не только повысить надежность оборудования в агрессивных средах, но и значительно усилить конкурентные преимущества предприятия на мировом рынке за счет снижения себестоимости добычи и переработки руды.

### Литература:

1. Куприяновский В. П. и др. Цифровые двойники знаний и онтологии для высшего технологического образования // International Journal of Open Information Technologies. — 2021. — № 1. — С. 128–144.
2. ПНСТ 429–2020 Умное производство. Двойники цифровые производства. Часть 1. Общие положения, Статус Принят, Дата введения 01.01.2021
3. Герике Б. Л., Сушко А. Е., Герике П. Б. Внедрение цифровых технологий в области технической диагностики, обслуживания и ремонта горных машин и оборудования // Техника и технология горного дела. — 2018. — № 3. — С. 19–28.
4. Шаханов Н. И., Осколков В. М., Варфоломеев И. А., Юдина О. В. Прогнозирование отказов на основе алгоритмов машинного обучения // Вестник научных конференций — 2016. — № 5. — С. 315–317.
5. Захаров В. Н., Гвишиани А. Д., Вайсберг Л. А., Дзеранов Б. В. Большие данные и устойчивое функционирование горнотехнических систем // Горный журнал — 2021. — № 11. — С. 45–52.
6. Силакова В. В., Лаврухин Ю. В. Предиктивный анализ в условиях цифровой трансформации как способ повышения ресурсной устойчивости промышленных предприятий // Прогрессивная экономика — 2025. — № 1. — С. 123–135.
7. Юсупова Н. И., Сметанина О. Н., Сазонова Е. Ю. Модели, методы и инструменты при создании цифровых двойников монография — Москва: Инновационное машиностроение, 2022. — 184 с.
8. Официальный сайт ПАО «Уралкалий». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.uralkali.com/ru/>
9. ГОСТ Р 57700.37–2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения. — М.: Стандартинформ, 2021.
10. Черников В.А., Тарасов А.Н., Черникова С.А. Актуальные вопросы управления ресурсосберегающими технологиями производственных предприятий в современных условиях // Вестник науки — 2025. — № 11. — С. 186–196.

## Сравнение стратегий распределения очередей RSS между ядрами CPU для DDoS-трафика

Мухаметова Лиана Рузиевна, программист

АО «Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники» (г. Москва)

*В статье рассматриваются особенности распределения очередей Receive Side Scaling (RSS) между ядрами процессора при обработке DDoS-трафика. Анализируются статические, динамические и гибридные стратегии балансировки нагрузки в условиях атак SYN flood и UDP amplification. Экспериментальное моделирование показало, что гибридный подход обеспечивает более равномерную загрузку ядер и снижает потери пакетов по сравнению со статическими схемами.*

**Ключевые слова:** RSS, DDoS-атаки, SYN flood, UDP amplification, балансировка нагрузки, многоядерные процессоры, сетевая безопасность.

## Comparison of RSS queue distribution strategies across CPU cores for DDoS traffic

Mukhametova Liana Ruzilevna, programmer

JSC Research and Development Center for Electronic Computing Technology (Moscow)

*The article examines the distribution of Receive Side Scaling (RSS) queues across CPU cores under DDoS traffic. Static, dynamic and hybrid loadbalancing strategies are analyzed for SYN flood and UDP amplification attacks. Experimental results show that hybrid strategies provide more uniform CPU utilization and reduce packet loss compared to static schemes.*

**Keywords:** RSS, DDoS-attacks, SYN flood, UDP amplification, load balancing, multicore processors, network security.

### Введение

В последние годы количество и мощность DDoS-атак постоянно растут. Одновременно с этим широкое распространение получают многоядерные серверы. В таких условиях механизмы Receive Side Scaling (RSS), отвечающие за балансировку входящего трафика, играют ключевую роль в обеспечении устойчивости системы к атакам.

Проблема заключается в том, что стандартный RSS использует статическую хэш-функцию Toeplitz. При обычном трафике она обеспечивает равномерное распределение пакетов, однако при DDoS-атаках может приводить к перегрузке отдельных ядер CPU.

Цель работы — провести сравнительный анализ стратегий распределения очередей RSS при отражении DDoS-атак SYN flood и UDP amplification.

### Теоретические основы

Механизм Receive Side Scaling (RSS) представляет собой аппаратно-программный метод повышения производительности обработки входящего сетевого трафика на многопроцессорных системах. Основная идея RSS заключается в использовании хэш-функции, вычисляющей идентификатор пакета на основе полей заголовка. Полученное значение используется для выбора одной из очередей приема, каждая из которых может быть закреплена за определённым ядром CPU. Это позволяет распараллеливать обработку пакетов и эффективно использовать ресурсы многоядерных процессоров. Подобные подходы применяются в многоядерных системах [3, с. 93].

При стандартной сетевой нагрузке RSS демонстрирует высокую эффективность, равномерно распределяя трафик между ядрами и предотвращая перегрузку отдельных процессоров. Однако ещё на этапе проектирования механизма были заложены ограничения, которые впоследствии стали источником уязвимостей. «RSS обеспечивает хорошее распределение нагрузки для типичного трафика, но его эффективность снижается при асимметричных паттернах» [1, с. 45].

Классическая реализация RSS использует хэширование на основе 5-кортежа потока, включающего IP-адреса, порты и транспортный протокол. Такой подход обеспечивает равномерное распределение потоков, однако не учитывает их интенсивность. В результате высокоинтенсивный поток может перегружать одно ядро, тогда как другие остаются недогруженными.

Дополнительной проблемой являются коллизии хэш-функции, при которых разные потоки получают одинаковый хэш и объединяются в одной очереди. Это снижает пропускную способность системы и делает стандартный RSS уязвимым к атакам, при которых трафик специально подбирается для перегрузки отдельных ядер.

Статические стратегии распределения очередей RSS предполагают фиксированное соответствие между аппаратными очередями и вычислительными ядрами на этапе инициализации сетевого адаптера. Такой подход обеспечивает предсказуемость работы системы и минимальную вычислительную нагрузку.

Главным недостатком статических стратегий является неспособность адаптироваться к изменению структуры сетевого потока. При равномерной нагрузке фиксированное распределение может быть эффективно, но при

DDoS-атаках отсутствие динамической балансировки приводит к неравномерной загрузке ядер. Поскольку статическая стратегия не предусматривает перераспределения нагрузки, атакующий трафик перегружает соответствующие ядра и вызывает отказ в обслуживании легитимных запросов [4, с. 549].

Динамические подходы к управлению очередями RSS основаны на мониторинге загрузки ядер и интенсивности входящего трафика. На основе этих данных система перераспределяет очереди между ядрами, что позволяет балансировать нагрузку, предотвращая перегрузку отдельных ядер и снижая вероятность потери пакетов при резких изменениях структуры трафика.

Гибридные подходы объединяют преимущества статического и динамического распределения очередей. При нормальной нагрузке используется фиксированная схема, а при обнаружении аномалий активируется динамическая балансировка.

#### Методика экспериментального исследования

Основой тестового стенда послужил сервер на базе процессора Intel Xeon с поддержкой технологии RSS. В качестве сетевого интерфейса использовался адаптер Intel XL710, позволяющий управлять числом аппаратных очередей и привязывать их к выбранным ядрам CPU. Такая конфигурация обеспечивает возможность изменения количества очередей и их ручного распределения между ядрами процессора.

Программная часть стенда была построена на базе Linux, где управление параметрами RSS осуществлялось с помощью утилиты ethtool. Принципы аппаратной реализации RSS и распределения очередей описаны в документации Intel [6]. Для генерации трафика и сбора метрик использовались инструменты iperf3 и perf: iperf3 применялся для создания нагрузки, а perf — для мониторинга загрузки ядер и аппаратных событий.

Для моделирования SYN flood-атаки использовалась утилита hping3, генерирующая поток TCP-сегментов с установленным флагом SYN. Интенсивность трафика превышала пропускную способность канала, что приводило к перегрузке сетевого стека и позволяло воспроизвести условия реальной DDoS-атаки. Подобный подход к моделированию SYN flood-атак используется в работе [2, с. 140].

Ключевой метрикой являлась доля потерянных пакетов, определяемая как отношение числа непереданных сегментов к общему числу принятых. Этот показатель по-

зволяет оценить способность стратегии предотвращать переполнение очередей.

В рамках исследования также учитывались причины возникновения потерь. Важно различать потери, вызванные перегрузкой CPU, и потери, связанные с переполнением очередей сетевой карты, поскольку это позволяет более точно оценивать эффективность различных стратегий RSS. Методы мониторинга сетевых вторжений подробно рассматриваются в [5, с. 64].

#### Результаты исследования

В ходе эксперимента было установлено, что при нормальной нагрузке статическая стратегия RSS демонстрирует приемлемую производительность. Однако с началом SYN flood-атаки пропускная способность резко снижалась, а задержки значительно возрастали.

Анализ загрузки CPU показал неравномерное распределение нагрузки: одно или два ядра, обрабатывающие атакующий трафик, достигали 100 % утилизации, тогда как остальные оставались загруженными менее чем на 20 %. Такая диспропорция приводит к росту потерь пакетов и снижению общей производительности системы.

При интенсивности атаки 1 млн пакетов в секунду потери составили 34 % для SYN flood и 28 % для UDP amplification, а пропускная способность легитимного трафика снизилась на 60 %. Полученные данные показывают, что статическая стратегия RSS не обеспечивает достаточного уровня защиты даже при умеренных DDoS-атаках.

Динамические и гибридные стратегии позволили значительно выровнять загрузку вычислительных ресурсов. По результатам экспериментов коэффициент неравномерности загрузки ядер снизился на 30–40 % по сравнению со статическим сценарием. Средняя задержка пакетов в гибридных схемах оказалась на 15–20 % ниже, чем при полностью динамической схеме.

Гибридные алгоритмы показали более стабильную работу при UDP amplification, поскольку резервирование части ядер для фоновых трафиков уменьшало влияние резких всплесков нагрузки. При этом накладные расходы гибридных схем составили 3–5 % утилизации CPU, тогда как для полностью динамических стратегий этот показатель достигал 5–8 %. Результаты сравнительного анализа представлены в табл. 1.

Проведённое исследование показало, что статические стратегии RSS эффективны при обычном трафике, однако становятся уязвимыми при DDoS-атаках из-за

Таблица 1. Сравнение стратегий RSS

Стратегия	Потери пакетов	Загрузка CPU	Устойчивость к DDoS
Статическая	Высокие	Неравномерная	Низкая
Динамическая	Средние	Более равномерная	Средняя
Гибридная	Низкие	Равномерная	Высокая



невозможности перераспределять нагрузку между ядрами CPU.

Наиболее эффективной для защиты от DDoS-атак была признана гибридная стратегия. Такой подход позволяет снизить потери пакетов и обеспечить более равномерную загрузку ядер процессора.

### Заключение

Исследование показало, что статическая стратегия RSS в условиях DDoS-атак приводит к перегрузке отдельных ядер

CPU и росту потерь пакетов. Основной причиной являются коллизии хэша при концентрации вредоносного трафика.

Динамические и гибридные стратегии обеспечивают более равномерное распределение нагрузки и снижение доли сброшенных пакетов при высокой интенсивности трафика. Наиболее эффективной оказалась гибридная стратегия, сочетающая статическое распределение и динамическую балансировку нагрузки.

Полученные результаты могут использоваться при разработке механизмов распределения сетевой нагрузки для высоконагруженных серверов.

### Литература:

1. Баженов А. В., Гуц А. К. Программное обеспечение для моделирования сети и имитации атак на компьютерную сеть // Математические структуры и моделирование. — 2018. — № 4. — С. 99–112.
2. Буханов Д. Г., Поляков В. М., Усков Д. А. и др. Detection syn flood attacks with winpcap driver // Theoretical & applied science. — 2015. — № 1. — С. 139–144.
3. Калачев А. Высокопроизводительные многоядерные процессоры для встраиваемых систем // Компоненты и технологии. — 2010. — № 2. — С. 92–102.
4. Пальчевский Е. В., Халиков А. Р. Автоматизированная система защиты доступности информации от атак внешним несанкционированным трафиком в UNIX-подобных системах // Программные продукты и системы. — 2018. — № 3. — С. 548–556.
5. Ситник В. А., Вишняков Д. Д., Щерба М. В. Организация мониторинга сетевых вторжений на основе свободно распространяемого программного обеспечения // Безопасность цифровых технологий. — 2022. — № 2. — С. 63–73.
6. Intel Ethernet Flow Director and RSS Technologies. — Текст: электронный // Intel: [сайт]. (дата обращения: 29.05.2026).

## Эволюция нормативно-правовых актов в системе электронного документооборота

Ропеева Полина Константиновна, студент;

Селиверстова Елизавета Владимировна, студент

Научный руководитель: Перова Марина Викторовна, кандидат педагогических наук, доцент, зав. кафедрой  
Южно-Российский институт управления — филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы  
при Президенте Российской Федерации (г. Ростов-на-Дону)

*Нормативно-правовые акты, регулирующие систему электронного документооборота на постоянной основе, подвергаются изменениям вследствие стремительного развития цифровизации, появления новых рисков и схем мошенничества. Это необходимо для того, чтобы обеспечить безопасную цифровую среду развития коммерческих организаций и государственных учреждений, исключая угрозы кибератак и получения несанкционированного доступа третьими лицами. Это важнейший вопрос юридической практики, который позволяет безопасно использовать системы электронного документооборота.*

**Ключевые слова:** нормативно-правовые акты, система электронного документооборота, цифровизация, несанкционированный доступ, цифровая среда.

## The evolution of regulatory legal acts in the electronic document management system

*Regulatory legal acts regulating the electronic document management system are constantly undergoing changes due to the rapid development of digitalization, the emergence of new risks and fraud schemes. This is necessary in order to ensure a secure digital environment for the development of commercial organizations and government agencies, eliminating the threat of cyber-attacks*

*and unauthorized access by third parties. This is the most important issue of legal practice, which allows you to safely use electronic document management systems.*

**Keywords:** *regulatory legal acts, electronic document management system, digitalization, unauthorized access, digital environment.*

Актуальность темы научной статьи обусловлена тем, что стремительное развитие цифровизации диктует новые условия изменений нормативно-правовой базы, регулирующий системы электронного документооборота, в целях создания безопасного цифрового пространства, в котором будет все меньше кибератак и получения несанкционированного доступа к конфиденциальной информации коммерческих организаций, государственных учреждений и даже просто населения. Юридическую значимость вопроса невозможно переоценить, это очень важный процесс трансформации благодаря которому учитываются уже прожитые риски и на основе их разрабатывается более качественная система защиты и наказания совершённых правонарушений, что делает правовое регулирование данной сферы более совершенным, точным и правдивым, формируя положительное отношение не только к органам правовой защиты, но и в целом государству, и президенту страны. Этот аспект подтверждается статистическими показателями о стремительном развитии систем электронного документооборота:

- за последние несколько лет, доля электронного документооборота в госструктурах, а конкретнее в Аппарате Правительства, выросла больше, чем в 2 раза. Так, с 2019 года 40 % выросла до 90 % в 2025 году. Это подчеркивает необходимость пересмотра нормативно-правовой базы регулирования в соответствии с анализом предыдущего опыта и прецедентов в данной сфере.

- согласно статистическим данным, рынок СЭД также за последние несколько лет превысил отметку в 50 млрд. руб., это подчеркивает, что теперь большое количество денежных операций должно более качественно регулироваться законодательной базой страны, чтобы избежать схем мошенничества.

В работах по данной тематике рассматриваются вопросы, связанные с: доверенностью на подписание документов в ЭДО, регламентом ЭДО; настройками УПД в ЭДО, форматом электронных документов и т. д. Среди авторов работ можно выделить: А. Казанцеву, А. Н. Вдовину, Т. А. Гусеву, Е. А. Шепелину, Е. Шульгину и А. Пауков. Е. Шульгина, например, принимает активное участие в проектах от «КонсультантПлюс», а также имеет большое количество работ, позволяющих юристам качественно изучать правовую информацию.

Основным исследователем по данной теме является Храмцовская Наталья Александровна (эксперт в области управления системами электронного документооборота и нормативно-правового регулирования данной сферы). Ей написаны следующие труды: «Правовое регулирование электронного документооборота: вчера, сегодня, завтра»; «Бумажный или электронный документ: эволюция судебной практики и нормативного регулиро-

вания»; «Делопроизводство и ЭДО: как меняются требования к хранению документов при переходе в цифру». В своих исследовательских работах она затрагивает ключевые вопросы:

- подчеркивает необходимость изменения действующего законодательства вследствие возникновения противоречий между старыми НПА и новыми.

- разбирает ключевые изменения в законодательстве в части регулирования электронного документооборота;

- приводит реальные кейсы и примеры о неоднородности разработанных нормативно-правовых актов в данной отрасли.

Оценивая последние изменения по нормативно-правовую регулированию электронного документооборота, в своих работах она подчеркивает, что эти изменения жизнеспособны, однако некоторые органы государственной власти и управления развиваются быстрее, чем другие, что создает определённые препятствия к общему повышению эффективности использования СЭД. Например, Архив и Минюст развиваются медленнее, чем Налоговые органы. В таком случае, действующим организациям необходимо знать подход к каждой инстанции, чтобы избежать серьёзных нарушений.

Для детального осмысления выбранной темы научной статьи, необходимо обозначить ключевое понятие выбранной темы. Система электронного документооборота (СЭД) — это автоматизированная электронная система работы с документами, позволяющая оптимизировать все этапы прохождения информации: от её создания, до хранения и утилизации.

Системы электронного документооборота выполняют большое количество функций, среди которых можно выделить: 5 % — обеспечение безопасности; 10 % — хранение документов и автоматизация процессов; 15 % — контроль над передвижением документов; 25 % — регистрация и учет документов; согласование, утверждение и маршрутизация документов.

В связи с этими функциями меняется нормативно-правовая база регулирования систем электронного документооборота. Рассмотрим эволюцию НПА в данной отрасли.

Правовое регулирование документооборота в Российской Федерации обусловлено, в первую очередь, внедрением понятия «документооборот» в 1920 году. Конечно, раньше это была примитивная работа с письмами: регистрация, направления в нужную инстанцию, получение письма или помещение его в архив, в то время это и был документооборот.

Важнейшим этапом в развитии нормативного регулирования документооборота стало утверждение «Общих правил документации и документооборота», которое было осуществлено Институтом техники управления

проектов в 1931 году. Это был первый шаг минимального регулирования работы с документами, на основе которых, в дальнейшем, в 1973 году были утверждены Основные положения Единой государственной системы делопроизводства (ЕГСД), которая непосредственно более обширно регулировало все этапы работы с документами. Эта история касается становления документооборота, классического, бумажного, но она непосредственно играет очень важную роль в становлении более продвинутого, современного — электронного документооборота.

Теперь необходимо рассмотреть, какие же нормативно-правовые акты регулируют системы электронного документооборота. Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» от 27.07.2006 № 149-ФЗ. В данном законе, уже непосредственно закрепляется понятие «электронный документооборот», включаются процессы работы с документами в данной системе. Также, в данном законе не только фиксируются основные понятия, термины, но и фиксируются основные положения об обеспечении информационной безопасности и цифрового пространства. Так там закреплены принципы информационной безопасности, благодаря которым стало возможным безопасное использование СЭД. Некоторые изменения, которые были внесены в данный документ:

- блокировка «опасного контента», которая регулируется деятельностью Роскомнадзора, например, реклама табачных изделий (разработана отдельная статья 14.161 КоАП РФ);

- серьёзные изменения в регистрации доменного имени (введено с 1 сентября 2026 года)

Дальнейшим витком развития нормативно-правовой системы регулирования систем электронного документооборота стало разработка и внедрение Федерального закона «Об электронной подписи» от 06.04.2011 № 63-ФЗ, именно данный закон закрепил несколько видов электронной подписи, способствуя качественному развитию систем электронного документооборота и законному заверению документов. Три вида электронной подписи: квалифицированная, неквалифицированная и простая. Именно благодаря ему, электронная подпись стала приравниваться к оригиналу бумажной версии, заверенной лицом. Некоторые изменения, которые были внесены в данный документ:

- с 1 марта 2026 года были внедрены новые требования к подписи: удостоверяющие органы должны ставить на свои документы квалифицированную электронную подпись;

- документы теперь возможно подавать через портал «Госуслуги».

В процессе исследования были рассмотрены следующие основные направления, касающиеся законодательных изменений.

ФНС переходит на новые алгоритмы шифрования: ГОСТ Р 34.12–2018 (блочные шифры) и ГОСТ Р 34.13–2018 (режимы работы блочных шифров). Это означает,

что старые версии криптопровайдеров и носителей, которые не поддерживают эти алгоритмы, перестанут корректно работать с системами налоговой.

Если не обновиться:

- невозможно будет расшифровать входящие документы от ФНС (требования, ответы на отчёты);

- система начнёт выдавать ошибки при обмене по ТКС;

- возникает риск не сдать отчётность в срок.

Изменение касается всех, кто использует ЭЦП: ИП, организаций, бухгалтеров, нотариусов — всех, кто сдаёт отчётность или обменивается документами с ФНС.

Следующим ключевым моментом, способствующим развитию систем электронного документооборота послужил Приказ Минфина РФ от 25.04.2011 N 50н «Об утверждении Порядка выставления и получения счетов-фактур в электронном виде по телекоммуникационным каналам связи с применением электронной цифровой подписи» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 25.05.2011 N 20860), который на данный момент уже неактуален, но на тот момент он расширил возможности электронного документооборота в бухгалтерской и финансовой сферах, позволил проводить электронные счета, которые были абсолютно равнозначны бумажным счетам.

На современном же этапе развития общества и государства, можно выделить следующую нормативно-правовую базу, регулирующую системы электронного документооборота с абсолютно разных сторон: начиная от безопасности, заканчивая удобством и необходимостью, а также снижению определённого рода издержек: временных и финансовых.

Можно сделать вывод, что большое количество нормативно-правовых актов, регулирующих системы электронного документооборота направлены не только на обеспечение безопасности, но и улучшение качественно информационной коммуникации, что позволяет сделать этот процесс наиболее продуктивным и удобным для всех. Однако, стоит отметить, что есть некоторые проблемы и сложности внедрения систем электронного документооборота в деятельность организаций: низкий уровень компьютерной грамотности; отсутствие стандартизации в структурах бизнес-процессов; некачественная организация работы с документами; низкий уровень вовлечённости сотрудников в ведение электронного документооборота; нехватка технического оснащения, или его неактуальность в соответствии с требованиями современных систем; отсутствие систем электронного документооборота у контрагентов.

Проанализировав эволюцию НПА в системе электронного документооборота и рассмотрев актуальные законы, регулирующие данную сферу, необходимо выделить преимущества внедрения данных аспектов в деятельность электронных информационных систем:

1. Повышение производительности труда делопроизводителей. Благодаря качественному нормативно-правовому регулированию систем электронного документообо-

Таблица 1. Современная нормативно-правовая база, регулирующая деятельность систем электронного документооборота

Нормативно-правовой акт	Аспекты регулирования СЭД
Федеральный закон «О бухгалтерском учете» от 06.12.2011 № 402-ФЗ	Предоставляет возможность электронного учёта документов, а также формирования финансовой (бухгалтерской) отчетности в электронном варианте без обязательного закрепления на бумажном носителе
Федеральный закон «О коммерческой тайне» от 29.07.2004 N 98-ФЗ	Разрешает передавать информацию в электронном виде, но при этом утверждённую электронной подписью квалифицированного вида, что позволяет защищать передаваемую информацию от различных киберугроз и несанкционированного доступа.
Гражданский кодекс РФ (ГК РФ)	Разрешает непосредственную передачу документов по электронной связи и регулирует правоотношения между отправителем и получателем электронных документов, а также разрешает в целом ставить электронную подпись и приравнивает к действительному бумажному документу с собственноручной подписью.
Налоговый кодекс РФ (НК РФ)	Он непосредственно регулирует именно часть выставления электронных счетов, делая эту процедуру не только полностью законной, но и информационно-безопасной и достоверной.
Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 53898–2013	Он определяет основные положения защиты информации, передаваемой в информационной среде, а также безопасное хранение в электронных архивах. В целом регулирует электронную передачу информации, и отношения возникающих вследствие данного рода коммуникации.

рота, существенно повышает производительность труда делопроизводителей, т. к. теперь затрачивается меньше временных ресурсов на передачу документов не только внутри организации, но и за её пределами. В таком случае, получается обработать большее количество информации, вовремя её передать и получить ответ. В таком случае, сложные вопросы решаются более быстро, а значит происходит и более стремительное развитие организации.

2. Соблюдение высокого уровня информационной безопасности. Именно нормативно-правовые акты, регулирующие системы электронного документооборота отвечают за безопасность, и регулируют правоотношения между отправителем и получателем документов. В том числе это проявляется в закреплении Федерального закона об электронной подписи, который снижает риск подделки документов, делая их равнозначными бумажным носителям с собственноручной подписью. Это важный аспект, который позволяет быть уверенным в подлинности получаемой электронной информации.

3. Снижение издержек и повышение экономичности операций. Благодаря развитию систем электронного документооборота получается в значительной степени снизить издержки, что позволяет, в общем и целом, повысить экономичность процессов, т. к. теперь не нужно тратить

ресурсы на приобретение бумаги, канцелярии, картриджей для печати, все это становится ненужным, теперь можно опустить эти траты, тем самым в целом повысив экономическую эффективность коммерческих организаций, государственных органов власти.

4. Наделение юридической значимостью электронную документацию. Помимо всех вышеперечисленных положительных аспектов, нормативно-правовая база позволяет сделать полностью юридически значимыми электронную документацию, делая их равнозначными бумажному документообороту, это означает, что он может использоваться на законных основаниях государственными, коммерческими организациями, а также в целом физическими лицами.

Нормативно-правовые акты в системе электронного документооборота характеризуются обширным процессом эволюции, который происходит, в первую очередь, вследствие развития цифровизации, изменений научно-технического прогресса. Это позволяет не только автоматизировать и оптимизировать документооборот, но и защитить конфиденциальные данные от несанкционированного доступа и возможных кибератаках, которые являются разрушительными для всех сфер общественной жизни: политической, социальной, экономической, правовой.

#### Литература:

1. Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» от 27.07.2006 № 149-ФЗ (последняя редакция) // СПС «Консультант Плюс».
2. Федеральный закон «Об электронной подписи» от 06.04.2011 N 63-ФЗ (последняя редакция) // СПС «Консультант Плюс».
3. Приказ Минфина РФ от 25.04.2011 N 50н «Об утверждении Порядка выставления и получения счетов-фактур в электронном виде по телекоммуникационным каналам связи с применением электронной цифровой подписи» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 25.05.2011 N 20860) // СПС «Консультант Плюс».



4. «ГОСТ Р 53898–2013. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы электронного документооборота. Взаимодействие систем управления документами. Технические требования к электронному сообщению» (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 08.11.2013 N 1465-ст) // СПС «Консультант Плюс».
5. Волинец К. Нормативно-правовое регулирование электронного документооборота // Вестник науки. 2024. № 7 (76). — С. 115–121.
6. Статья TAdviser. СЭД (рынок России) — [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/index.php> (дата обращения: 21.03.2026).
7. Статья Cnews. Обзор: Рынок СЭД 2025 — [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://www.cnews.ru/reviews/gupok\\_sed/review\\_table/d41bad6c245f087e69f125dfe24ac1d9be9a0508](https://www.cnews.ru/reviews/gupok_sed/review_table/d41bad6c245f087e69f125dfe24ac1d9be9a0508) (дата обращения: 21.03.2026).
8. Шоров В. В. Эволюция правового регулирования электронного документооборота и электронной подписи В Российской Федерации // Вестник науки. 2026. № 1 (94). — С/ 839–852.
9. Перова М. В., Барашьян М. А. Нормативное обеспечение цифровой безопасности в области электронного документооборота // Научный Лидер. 2024. № 20 (170). — [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://scilead.ru/article/6497-normativnoe-obespechenie-tsifrovoj-bezopasnos> (дата обращения: 22.03.2026)
10. Федеральный закон «Об информации, информатизации и защите информации» от 20.02.1995 № 24-ФЗ (последняя редакция) // СПС «Консультант Плюс».

## Подход к балансировке синхронных и асинхронных коммуникаций в распределённой Agile-команде

Семеонушкова Ирэна Сергеевна, студент магистратуры  
Тольяттинский государственный университет (Самарская область)

*Статья посвящена проблеме выбора рационального соотношения синхронных и асинхронных коммуникационных практик в территориально распределённых Agile-командах. Автор, имеющий двухлетний опыт работы в распределённой команде в роли QA-инженера, анализирует ограничения стандартных Agile-фреймворков, не учитывающих разницу часовых поясов, когнитивную сложность задач и ролевую структуру. Предлагается подход, основанный на двухэтапной процедуре: параметризация команды и построение коммуникационного профиля с помощью матрицы «время — когнитивная нагрузка — роль». Сформулированы принципы, этапы внедрения и критерии выбора баланса. Подход предназначен для скрам-мастеров, Agile-коучей и членов распределённых команд.*

**Ключевые слова:** распределённая Agile-команда, синхронная коммуникация, асинхронная коммуникация, баланс коммуникаций, удалённая работа, Scrum, QA-инженер, коммуникационный профиль.

### 1. Введение

В течение последних двух лет автор работает QA-инженером в распределённой Agile-команде. Место работы автора — города Тольятти и Санкт-Петербург, коллеги находятся в Москве, на Ямале и в Новосибирске. Опыт работы в таких условиях показывает, что стандартные Scrum-практики, эффективные при офисной работе, при переносе в онлайн-среду требуют существенной адаптации.

Agile-манифест [1] определяет приоритет живого общения как наиболее эффективного способа передачи информации. Однако при разнице часовых поясов между участниками команды до четырёх часов (например, между Москвой и Ямалом) буквальное следование этой ценности приводит к организационным сложностям. В частности, QA-инженеру для согласования отчёта о дефекте с разработчиком приходится ожидать наступления следующего рабочего дня, что замедляет процесс обнаружения и исправления ошибок.

Анализ литературы и практики позволяет выделить две крайние стратегии реагирования на данную проблему

[2, 3]. Первая заключается в попытке полностью воспроизвести офисный ритм встреч в онлайн-формате, что быстро приводит к выгоранию участников. Вторая — в переходе к преимущественно асинхронной коммуникации через мессенджеры и таск-трекеры, что снижает чувство командной идентичности и увеличивает время принятия сложных решений. Обе стратегии автор наблюдала в различных проектах, и ни одна не показала устойчивой эффективности. Цель настоящей статьи — предложить формализованный параметрический подход к балансировке синхронных и асинхронных коммуникаций, основанный на реальных характеристиках команды.

### 2. Факторы, определяющие выбор коммуникационного баланса

На основе анализа научной литературы и двухлетнего опыта работы автора в распределённой команде выделены четыре ключевых фактора, влияющих на выбор коммуникационного баланса.

**Временной фактор.** Критическим параметром является не формальная разница часовых поясов, а реальное окно пересечения рабочего времени. В команде автора (Москва — Ямал — Новосибирск) это окно составляет приблизительно полтора часа в день. В течение этого периода необходимо организовать все коммуникации, требующие синхронного участия.

**Когнитивный фактор.** Характер обсуждаемой задачи непосредственно влияет на предпочтительную модальность коммуникации. Рутинные операции (например, уточнение баг-репорта) могут эффективно выполняться в асинхронном режиме. Задачи с высокой неопределённостью (архитектурные решения, согласование требований к новому модулю) требуют живого диалога.

**Ролевой фактор.** Различные роли в команде демонстрируют разную потребность в синхронной коммуникации. Разработчики могут длительное время работать в состоянии глубокой концентрации, избегая отвлечений на созвоны. QA-инженеру (автору) требуются оперативные уточнения по воспроизведению дефектов. Владелец продукта (Product Owner) испытывает острую потребность в живом обсуждении приоритетов и требований.

**Фактор зрелости команды.** Согласно исследованиям [4], в командах с высоким уровнем доверия и продолжительным опытом совместной работы асинхронные практики демонстрируют более высокую эффективность. В команде автора доверительные отношения сложились, однако это не устраняет необходимость в синхронных коммуникационных точках.

### 3. Предлагаемый подход

#### 3.1. Базовые принципы

Разработанный подход опирается на три принципа. *Принцип минимально достаточной синхронности:* синхронные встречи проводятся только в том объёме, который необходим для поддержания общего контекста, согласования сложных решений и сохранения командной идентичности. *Принцип параметрической настройки:* баланс коммуникаций выводится из конкретных параметров команды (часовых поясов, типа задач и ролевого состава), а не копируется из чужого опыта. *Принцип эмпирической адаптивности:* баланс пересматривается по итогам каждой итерации, команда корректирует коммуникационный профиль на основе анализа возникших проблем.

#### 3.2. Двухэтапная процедура

*Этап 1. Параметризация команды.* Собираются четыре группы параметров: временной профиль (города, часовые пояса, окно пересечения), когнитивный профиль задач (доля задач с высокой неопределённостью, наличие архитектурно значимых задач), ролевой профиль (распределение ролей, «узкие горлышки»), профиль зрелости (продолжительность совместной работы, уровень доверия).

*Этап 2. Построение коммуникационного профиля.* Для каждой типовой коммуникации (Daily, уточнение требований, архитектурный разбор) определяются три показателя по шкале от 0 до 1: DT — доступность временного окна, CC — когнитивная сложность, RT — ролевая чувствительность к синхронности. Интегральный индекс тяготения к синхронности рассчитывается по формуле:

$$S = 0,3 \cdot DT + 0,4 \cdot CC + 0,3 \cdot RT$$

Выбор режима коммуникации:  $S \geq 0,7$  — синхронный режим;  $0,3 < S < 0,7$  — смешанный режим;  $S \leq 0,3$  — асинхронный режим.

#### 3.3. Пример применения

Команда автора: пять разработчиков в Москве, два разработчика на Ямале, Product Owner в Новосибирске, QA-инженер (автор) в Тольятти и Санкт-Петербурге. Окно пересечения — 1,5 часа в день.

*Daily-синхронизация.*  $DT=0,4$ ,  $CC=0,3$ ,  $RT=0,6 \rightarrow S=0,42 \rightarrow$  смешанный режим: два синхронных Daily в неделю, в остальные дни — асинхронное обновление статусов.

*Уточнение требований к новому модулю.*  $DT=0,3$ ,  $CC=0,8$ ,  $RT=0,8 \rightarrow S=0,65 \rightarrow$  смешанный режим с тяготением к синхронности: короткий созвон с записью, затем асинхронные уточнения.

*Архитектурный разбор.*  $DT=0,3$ ,  $CC=0,9$ ,  $RT=0,9 \rightarrow S=0,72 \rightarrow$  синхронный режим с обязательной записью и фиксацией артефактов.

### 4. Валидация подхода

Апробация проведена на команде автора в течение четырёх спринтов. Оценивались три метрики: количество синхронных встреч в неделю, удовлетворённость коммуникациями (анонимный опрос на основе методики [5]), время реакции на критические сообщения.

**Результаты:** сокращение среднего числа синхронных встреч на 30 % (с 10 до 7 в неделю); рост удовлетворённости коммуникациями с 3,4 до 4,1 по пятибалльной шкале; снижение разброса времени реакции на критические сообщения.

**Показательный случай.** Разработчики с Ямала (часовой пояс +2 относительно Москвы) в первые две недели регулярно пропускали утренние синхронные созвоны. Для них был организован отдельный асинхронный канал коммуникации с Product Owner, после чего жалобы на потерю контекста прекратились. В первой итерации попытка полностью асинхронного Daily оказалась неудачной из-за потери командной идентичности, но после корректировки до смешанного режима эффективность восстановилась.

### 5. Заключение

Предложенный подход позволяет перейти от жёстких регламентов к осознанной параметрической балансировке коммуникаций в распределённых Agile-командах.

Двухэтапная процедура продемонстрировала воспроизводимость и не требует специализированного инструментария — достаточно опроса команды и простой матрицы. Проблема не сводится к выбору между синхронным и асинхронным форматом как единственно воз-

можными. Необходимо построение сбалансированной коммуникационной модели, учитывающей часовые пояса, когнитивную сложность задач и ролевую структуру. Баланс требует регулярного пересмотра, поскольку параметры команды и проекта изменяются во времени.

#### Литература:

1. Бек К. и др. Манифест гибкой разработки программного обеспечения // agilemanifesto.org, 2001. URL: <https://agilemanifesto.org/iso/ru/manifesto.html> (дата обращения: 26.05.2026).
2. Хамидуллин З. Ф., Овчинников А. В. Особенности управления распределёнными командами в условиях цифровизации // Формирование и реализация стратегии устойчивого экономического развития Российской Федерации: сборник статей XV Международной научно-практической конференции. — Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2025. — С. 649–653. EDN: FHNLOW.
3. Винокуров Н. Д. Управление развитием организационной культуры в условиях распределённых команд // Журнал монетарной экономики и менеджмента. — 2026. — № 1. — С. 176–182. DOI: 10.26118/2782-4586.2026.33.34.020. EDN: XWWDDE.
4. Ленсиони П. Пять пороков команды: притча о лидерстве. — Сан-Франциско: Джосси-Басс, 2002. — 229 с.
5. Кок Н. Богатство медиа или естественность медиа? Эволюция нашего биологического коммуникационного аппарата // Труды IEEE по профессиональной коммуникации. — 2005. — Т. 48, № 2. — С. 117–130.

## Анализ речи с использованием Praat и Librosa

Скалазубов Кирилл Константинович, студент магистратуры  
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

*В статье рассмотрены программные средства обработки речи — Praat, Librosa. Исследованы некоторые показатели качества аудиозаписей и аудиозаписывающих устройств, таких как чувствительность, частота дискретизации, отношение сигнал/шум. Показаны варианты использования программных средств обработки речи. Перечислены параметры речи, оценка которых производится этими программными средствами. Представлены варианты интеграции этих программных средств. Проведена оценка скорости и соответствия результатов анализа этих программных средств. С учетом проделанных оценок сделано заключение о целесообразности использования Praat и Librosa для анализа речи, а также о необходимых показателях качества записей и записывающих устройств для приемлемой обработки.*

**Ключевые слова:** обработка речи, частота дискретизации, чувствительность, частота основного тона, мел-кепстральные коэффициенты.

## Speech analysis using Praat and Librosa

Skalazubov Kirill Konstantinovich, master's student  
Moscow State Technical University named after N. E. Bauman

*The article examines speech analysis tools — Praat and Librosa. Measures of quality like microphone sensitivity, sampling frequency and signal/noise ratio are considered. Ways to implement abovementioned tools, and their usage, are considered. Metrics analyzed by these tools are presented. The measurement speed and correlation between the tools for these metrics are evaluated. Based on these results, use cases for Praat and Librosa for analyzing speech, as well as minimum quality metric thresholds for speech analysis, are proposed.*

**Keywords:** speech processing, sampling frequency, sensitivity, fundamental frequency, Mel-frequency cepstrum coefficients.

Такие средства, как Praat и Librosa, могут применяться для описания параметров голоса для использования в сравнении, в том числе в целях распознавания говорящего или распознавания патологии голоса [1–3]. Целью данной работы является исследование возможности целесообразности использования тех или иных программных

средств. В рамках этой цели задачами данной работы являются проведение оценки скорости и соответствия результатов этих средств, а также обсуждаются показатели качества аудиозаписей, проверка которых необходима перед их анализом для возможного уменьшения неточностей анализа.

Одним из факторов, влияющих на звукозапись, является чувствительность микрофона. Чувствительность микрофона можно определить как уровень выходного сигнала при подаче некоторого входного эталонного (с частотой 1 кГц и уровнем звукового давления 94 дБ). Широко используются логарифмические единицы чувствительности дБ\*В, которые определяются как отношение выходного напряжения в вольтах данного микрофона при подаче на него эталонного сигнала в сравнении с эталонным выходным напряжением в 1 В [4]. В общем случае, микрофоны имеют отрицательную чувствительность, то есть выходное напряжение меньше 1 В. Следовательно, чем меньше по модулю чувствительность рассматриваемого микрофона, тем больше считается его чувствительность. Чувствительность — существенный фактор, поскольку, хоть сигнал и возможно усилить, шум в этом случае также усиливается [5]. Существуют рекомендации к чувствительности микрофона не менее -60 дБ [5]. Тем не менее, устройства с различной чувствительностью пригодны для работы в различных условиях: устройства с большой чувствительностью пригодны в условиях, где звукозапись должна осуществляться с больших расстояний; при использовании подобного устройства на небольших расстояниях входной сигнал может достигнуть максимального уровня, определяемого чувствительностью, и может произойти искажение сигнала [4].

Частота дискретизации определяется как число дискретных значений в секунду, которыми представляется сигнал при оцифровывании. Эта частота должна быть, по меньшей мере, вдвое выше, чем самая высокая интересующая частота [6]. Так как частоты, отвечающие за разборчивость речи, сконцентрированы в основном в диапазоне 300 и 3400 Гц, считается, что речь человека при частоте дискретизации 8 кГц различима [7]. В работе [6] запись проводилась при частоте дискретизации 44.1 кГц с различными видами шума. Затем проводилось уменьшение частоты дискретизации до частоты в промежутке от 40 кГц до 10 кГц с шагом в 5 кГц. Результаты этого исследования показали, что, в зависимости от программного обеспечения, используемого для обработки сигнала, достаточна частота дискретизации в 26 кГц.

Есть факторы, зависящие не от используемых технических средств, а от среды, в которой находится записывающее устройство. В работе [5] из этих факторов рассматриваются расстояние микрофона от источника сигнала и угловую ориентацию микрофона. Сигнал в проводимых опытах генерировался на частотах 100 и 300 Гц, с отсутствием модуляций и при модуляциях частоты и амплитуды сигнала. Результаты опытов показывают, что ключевой из этих факторов — расстояние до микрофона. При небольших расстояниях (4 см) расхождения между заданной модуляцией и модуляцией, полученной из выходных записей микрофонов достаточно малы, тогда как при больших расстояниях (1 м) потребовалось значительное усиление входного сигнала, что привело к уменьшению отношения сигнал/шум и упомянутые расхо-

ждения значительно увеличились. При этом угол наклона микрофона к источнику сигнала оказал значительное влияние только в опытах на больших расстояниях. При увеличениях угла полученные меры модуляции были получены завышенными.

Такие факторы, как электромагнитные помехи, влажность, температура, механические колебания и т. д. также могут оказывать влияние на записывающие устройства, в особенности достаточно дешевые [8].

Различного рода шумы также могут мешать восприятию полезного сигнала. Существует отношение сигнал/шум, определяющееся по формуле (1) с использованием логарифмической шкалы и, соответственно, выражающееся в дБ.

$$SNR = 20 \log_{10} \frac{A_{\text{signal}}}{A_{\text{noise}}},$$

где:

SNR — отношение сигнал/шум;

$A_{\text{signal}}$  — среднеквадратичное значение амплитуды полезного сигнала;

$A_{\text{noise}}$  — среднеквадратичное значение амплитуды шума.

В работе [9] указываются рекомендованное и необходимое отношение сигнал/шум для качественной записи звука как 42 дБ и 30 дБ соответственно. Это высокие требования, предполагающие такой разности уровня звукового давления между шумом и сигналом. В связи с этим предпочтительно производить запись, в среде с наименьшим возможным уровнем шума. В условиях сильного шума использование более широкодоступных устройств поэтому может оказаться недостаточным и может потребоваться записывающее устройство, имеющее внутреннее шумоподавление.

Для анализа речевого сигнала возможно использование мел-кепстральных коэффициентов [7], получаемых с помощью быстрого преобразования Фурье или изображений, содержащих спектрограммы [10], помимо этого, в качестве отличительного признака речевого сигнала возможно использовать частоту основного тона [3, 7]. В Praat существует собственный сценарный язык. Этот язык позволяет открывать аудиозапись, читать аудиофайлы и текстовые файлы, записывать информацию в текстовые файлы. Praat возможно запускать и оперировать им из командной строки (и таким же образом возможно исполнение сценариев Praat), что позволяет интегрировать Praat в программные комплексы. Librosa является библиотекой Python, использующей также библиотеку numpy и matplotlib. Это подразумевает существование возможность взаимодействовать с текстовыми файлами, аудиофайлами с использованием Librosa. Для тестирования скорости и соответствия результатов работы программных средств была написана программа для каждого из тестируемых средств, позволяющая вывести в файл или несколько файлов 12 мел-кепстральных коэффициентов для преобразования Фурье с размером окна 4096 сэмплов и шагом в 16 сэмплов при частоте дискрети-



зации 48000 Гц, а также среднюю частоту основного тона для 10 тестовых записей. В рамках проведения теста соответствия результатов был вычислен коэффициент корреляции Спирмена для вычисленных частот основного тона.

Было установлено, что время работы сценария Praat составило 21 секунду; время работы программы Python с использованием библиотеки Librosa составило 9.4 секунды. Несмотря на обработку небольшого количества записей (10) время работы обеих программ существенно вследствие необходимости вычисления и вывода мел-кепстральных коэффициентов по всем шагам вычисления, общее количество которых имеет порядок 104 в условиях данного теста. Полученный коэффициент Спирмена равен 0.757; р-значение равно 0.01123. При р-значении меньшим либо равным 0.05 можно сделать вывод о том, что статистическая взаимосвязь между двумя исследуемыми величинами (вычисленными частотами основного тона) существенна.

Такие показатели, как чувствительность микрофона, частота дискретизации и отношение сигнал/шум могут быть использованы для оценки качества используемых аудиозаписей и записывающих устройств. Существуют некоторые рекомендуемые показатели, такие как чувствительность -60 дБ или выше [5], частота дискретизации в 26 кГц или выше [6] отношение сигнал/шум в 42 дБ [9]. По результатам проделанных тестов над Praat и Librosa видно, что использование Praat и Librosa возможно для исследования параметров голоса ввиду возможности их интеграции, а также наличия статистической взаимосвязи между вычисленными ими частотами основного тона. Тем не менее, использование этих средств в условиях, представленных ранее, может не являться целесообразным для практических целей ввиду траты существенного количества времени (~101 секунд) и, таким образом, является более приемлемым для исследования речи в лабораторных условиях.

#### Литература:

1. Teixeira J. P., Gonçalves A. Algorithm for jitter and shimmer measurement in pathologic voices //Procedia Computer Science. — 2016. — Т. 100. — С. 271–279.
2. Azadi H. et al. Evaluating the effect of Parkinson's disease on jitter and shimmer speech features //Advanced Biomedical Research. — 2021. — Т. 10. — №. 1. — С. 54.
3. Fernandes J. et al. Harmonic to noise ratio measurement-selection of window and length //Procedia computer science. — 2018. — Т. 138. — С. 280–285.
4. Льюис Д. Чувствительность микрофона-что это значит? //Компоненты и технологии. — 2012. — №. 9. — С. 57–60.
5. Titze I. R., Winholtz W. S. Effect of microphone type and placement on voice perturbation measurements //Journal of Speech, Language, and Hearing Research. — 1993. — Т. 36. — №. 6. — С. 1177–1190.
6. Deliyski D. D., Shaw H. S., Evans M. K. Influence of sampling rate on accuracy and reliability of acoustic voice analysis //Logopedics Phoniatrics Vocology. — 2005. — Т. 30. — №. 2. — С. 55–62.
7. Сулавко А. Е. Высоконадёжная двухфакторная биометрическая аутентификация по рукописным и голосовым паролям на основе гибких нейронных сетей. Компьютерная оптика, 2020, Т. 44, №. 1, с. 82–91.
8. Deliyski D. D., Evans M. K., Shaw H. S. Influence of data acquisition environment on accuracy of acoustic voice quality measurements //Journal of Voice. — 2005. — Т. 19. — №. 2. — С. 176–186.
9. Deliyski D. D., Shaw H. S., Evans M. K. Adverse effects of environmental noise on acoustic voice quality measurements //Journal of Voice. — 2005. — Т. 19. — №. 1. — С. 15–28.
10. Lukic Y. et al. Speaker identification and clustering using convolutional neural networks. 2016 IEEE 26th international workshop on machine learning for signal processing (MLSP), IEEE, 2016, pp. 1–6.

## Методы машинного обучения в классификации качества атмосферного воздуха: от ансамблей к гибридным нейросетевым моделям

Форат Марк Игоревич, студент магистратуры  
Новосибирский государственный технический университет

*Представлен аналитический обзор проблемы загрязнения атмосферного воздуха и существующих подходов к её классификации на основе методов машинного обучения. Рассмотрены специфика задачи, статистические, ансамблевые и нейросетевые методы, результаты современных исследований, программные системы мониторинга и выявленные проблемы. Показана перспективность гибридных архитектур для преодоления ограничений существующих решений.*

**Ключевые слова:** загрязнение атмосферного воздуха, классификация, нейросети, гибридная модель, экологический мониторинг

## Machine learning methods in atmospheric air quality classification: from ensembles to hybrid neural network models

*An analytical review of the problem of air pollution and existing approaches to its classification based on machine learning methods is presented. Task specifics, statistical, ensemble and neural network methods, results of recent studies, monitoring software and identified problems are considered. The prospects of hybrid architectures for overcoming the limitations of existing solutions are shown.*

**Keywords:** air pollution, classification, neural networks, hybrid model, ecological monitoring

Загрязнение атмосферного воздуха остаётся одной из наиболее острых глобальных экологических проблем современности, непосредственно влияющих на здоровье населения и устойчивое развитие городских агломераций. По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно загрязнённый воздух ассоциируется с более чем 4 млн преждевременных смертей в мире. Основными источниками выступают промышленные предприятия, автотранспорт, энергетика и сельское хозяйство, порождающие сложный коктейль вредных веществ: твёрдые частицы (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>), оксиды азота и серы, угарный газ, а также летучие органические соединения. Эти поллютанты способны проникать глубоко в дыхательную систему, вызывать респираторные и сердечно-сосудистые заболевания, необратимые изменения лёгких [1].

Особенности задачи классификации уровней загрязнения определяются рядом специфических факторов. Данные экологического мониторинга обладают высокой размерностью признакового пространства, временной и пространственной неоднородностью, наличием шумов, пропусков и, что особенно критично, выраженным дисбалансом классов: наблюдения с высоким уровнем загрязнения встречаются значительно реже, несмотря на их высокую практическую значимость [2]. В связи с этим традиционные статистические методы, опирающиеся на линейные зависимости и нормальность распределения, зачастую оказываются неэффективны, особенно при распознавании редких категорий экстремального загрязнения.

В последние годы активно развивается направление, связанное с применением методов машинного обучения для классификации качества воздуха. К числу широко применяемых алгоритмов относятся логистическая регрессия, метод опорных векторов (SVM), алгоритм k-ближайших соседей, деревья решений, случайный лес, градиентный бустинг и нейронные сети [3]. Линейные модели отличаются высокой интерпретируемостью, но ограничены в моделировании сложных нелинейных зависимостей. SVM с нелинейными ядрами способен выявлять сложные границы классов, однако требует тщательной настройки гиперпараметров. Ансамблевые методы, такие как случайный лес и CatBoost, демонстрируют высокую устойчивость к шуму и способность работы с разнородными данными, включая категориальные признаки [4].

Обзор современных исследований показывает широкое разнообразие подходов. В работе [2] для класси-

фикации данных по Джакарте использован CatBoost, достигший accuracy 97,81 %, причём наиболее значимым признаком оказался озон. В исследовании [5] для афинских данных сравнивались Naive Bayes, C4.5 и ADTree, лучший результат показал ADTree — accuracy 85,48 %. Рекуррентные нейронные сети (RNN, LSTM) применялись для учёта временных зависимостей [6]. Выдающиеся результаты (accuracy до 99,9 %) получены при комбинации SMOTE и глубокой нейронной сети (SMOTEDNN), а также с помощью модифицированного случайного леса [7, 8]. Однако такие высокие показатели требуют осторожной интерпретации ввиду риска переобучения.

Наряду с алгоритмическими разработками развивается рынок программных систем мониторинга. Платформа IQAir AirVisual обеспечивает покрытие 10 000+ городов и прогнозы AQI до 7 дней, но не позволяет вводить пользовательские параметры. Plume Labs специализируется на гиперлокальном прогнозировании, BreezoMeter использует мультимодельный подход со спутниковыми данными. Корпоративные решения (IBM Weather Company) ориентированы на Enterprise-сегмент. OpenWeatherMap и Google Air Quality API предоставляют доступные интерфейсы, однако все перечисленные системы обладают общим ограничением: они привязаны к географическим данным и не поддерживают ввод пользовательских концентраций для классификации [9].

Анализ существующих решений позволяет выделить ключевые проблемы. Во-первых, большинство исследований фокусируется на отдельных алгоритмах, не исследуя потенциал гибридных архитектур. Во-вторых, задача дисбаланса классов зачастую решается недостаточно эффективно. В-третьих, на рынке отсутствует универсальное прикладное решение, позволяющее пользователю задавать собственные параметры загрязнителей для классификации.

В качестве перспективного направления преодоления указанных ограничений предлагается гибридная архитектура, реализующая стратегию feature-level stacking: вероятностные выходы модели градиентного бустинга (CatBoost) используются в качестве дополнительных признаков для многослойного перцептрона (MLP). Такой подход позволяет скомбинировать способность бустинга эффективно обрабатывать разнородные признаки с потенциалом нейронной сети моделировать сложные нелинейные зависимости. Применение функции потерь Focal

Loss и техник регуляризации (Dropout, BatchNorm, L1/L2) обеспечивает устойчивость к переобучению и дисбалансу классов. Данное решение демонстрирует перспективность применения гибридных методов машинного обучения для

повышения точности оценки качества воздуха и может рассматриваться как один из современных подходов к решению актуальных экологических проблем и совершенствованию систем экологического мониторинга.

#### Литература:

1. Хасты Т., Тибширани Р., Фридман Дж. Элементы статистического обучения / пер. с англ. — М.: МЦНМО, 2015. — 856 с.
2. Zhao X. et al. A Deep Recurrent Neural Network for Air Quality Classification // Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing. — 2018. — Vol. 9. — No. 2. — P. 346–354.
3. Михеев А. В. Решение задач классификации методами машинного обучения // Молодой ученый. — 2021. — № 21. — С. 107–110.
4. Haq M. A. SMOTEDNN: A novel model for air pollution forecasting and AQI classification // Computers, Materials & Continua. — 2022. — Vol. 71. — No. 1.
5. Amado T. M. Air Quality Characterization Using k-Nearest Neighbors Machine Learning Algorithm via Classification and Regression Training in R // Journal of Computational Innovations and Engineering Applications. — 2018. — Vol. 2. — No. 2. — P. 1–7.
6. Hamami F., Dahlan I. A. Air quality classification in urban environment using machine learning approach // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2022. — Vol. 986. — No. 1. — P. 012004.
7. Yi H. et al. A novel random forest and its application on classification of air quality // 2019 8th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI). — IEEE, 2019. — P. 35–38.

## Прототип информационной системы классификации и оценки прыжков в фигурном катании с применением компьютерного зрения и машинного обучения

Шувалова Ольга Андреевна, студент

Научный руководитель: Брежнева Александра Николаевна, кандидат технических наук, доцент  
Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова (г. Москва)

*В статье представлены результаты разработки прототипа информационной системы автоматической классификации и оценки прыжковых элементов в одиночном фигурном катании. Система реализует аналитический конвейер на основе MediaPipe BlazePose для детекции 33 ключевых точек тела, двухслойной LSTM-сети для классификации шести типов прыжков по стандарту ISU (T, S, Lo, F, Lz, A), а также алгоритмы расчёта семи биомеханических метрик качества исполнения и расчётного GOE. Точность классификации на приёмочном датасете составила 88 % при нормативном критерии  $\geq 80$  %. Приведены результаты экономического обоснования: себестоимость разработки — 442 323 руб., срок окупаемости — 1,64 года.*

**Ключевые слова:** фигурное катание, классификация прыжков, компьютерное зрение, машинное обучение, LSTM, MediaPipe, ISU, GOE, информационная система.

### 1. Введение

Судейство в одиночном фигурном катании основано на системе ISU Judging System (IJS), введённой в 2004 году. Оценка каждого прыжкового элемента включает базовую стоимость (Grade of Execution Base Value, BV) по таблице Scale of Values и компонент качества исполнения (Grade of Execution, GOE) в диапазоне от –5 до +5 баллов, выставяемый девятью арбитрами визуально. Субъективный характер оценки GOE является системной проблемой: на Олимпийских играх 2026 года разброс GOE одного спортсмена у разных арбитров превысил 13 баллов [1]. Анализ скандалов ISU (2002–2026) подтверждает устойчивый характер проблемы [2].

Автоматизация анализа прыжков активно развивается в смежных видах спорта: система Hawk-Eye в теннисе с 2025 года обеспечивает полностью автоматический контроль линий [3], система VAR в футболе достигла точности принятия решений 97–98 % [4]. Фигурное катание существенно отстаёт от этой тенденции: ISU проводит тестирование высокоскоростных камер, однако инструментальная оценка GOE в рамках соревнований не используется. Ручной анализ видеозаписи одного прыжка специалистом занимает 15–20 минут; при нагрузке 200 анализов в месяц это составляет 50–67 чел.-ч.

Цель настоящей работы — разработка прототипа информационной системы (ИС), позволяющей автоматизи-

чески определять тип прыжка, число оборотов, базовую стоимость и семь параметров качества исполнения на основе видеозаписи, загружаемой через веб-интерфейс.

2. Постановка задачи и технические требования

Разработанное техническое задание включает семь функциональных требований. Система должна принимать видеофайлы форматов MP4, AVI, MOV с разрешением не менее 720p и размером до 500 МБ; определять не менее 33 ключевых точек тела спортсмена с точностью PCKh@0.5 ≥ 85 %; классифицировать шесть типов прыжков ISU с точностью ≥ 80 %; определять число оборотов с погрешностью ≤ 0,25 оборота; рассчитывать семь метрик качества исполнения, включая расчётный GOE; формировать отчёт в форматах PDF и JSON; сохранять результаты в базе данных PostgreSQL 16 с поддержкой накопления обучающих данных при наличии согласия пользователя.

Нефункциональные требования сформулированы в соответствии с ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010–2023. Требования к производительности: время полного анализа одного видеофрагмента не более 25 с при наличии GPU (NVIDIA CUDA) и не более 3 мин на CPU класса Intel Core i7. Требования к совместимости: поддержка операционных систем Windows 10+, Ubuntu 20.04+, macOS 12+. Требования к надёжности: среднее время между сбоями (MTBF) — не менее 200 последовательных анализов.

3. Архитектура и программная реализация

Система реализована как монолитное веб-приложение на базе фреймворка Streamlit 1.35. Архитектура задокументирована в нотации C4 на трёх уровнях: контекстная диаграмма, диаграмма контейнеров и диаграмма компонентов. Прикладной аналитический конвейер состоит из 13 Python-модулей (~3 500 строк кода) и реализует паттерны проектирования Facade, Strategy и Registry.

Технологический стек: Python 3.11, MediaPipe 0.10 (BlazePose Heavy), PyTorch 2.2 (LSTM-классификатор), OpenCV 4.9 (предобработка видео), NumPy / SciPy (вычисление метрик), scikit-learn (разбиение выборки, оценка качества), Streamlit 1.35 (веб-интерфейс), PostgreSQL 16 в третьей нормальной форме. Весь стек является программным обеспечением с открытым исходным кодом, что полностью исключает лицензионные расходы.

Конвейер обработки: OpenCV декодирует видео по кадрам; MediaPipe BlazePose Heavy извлекает 33 ключевых точки тела; PhaseDetector определяет четыре фазы прыжка (подготовка, отталкивание, полёт, приземление); RotationCounter применяет три независимых метода (FFT, интеграция yaw-угла таза, подсчёт нулевых пересечений) и возвращает медиану; LSTM-классификатор с 256 нейронами в каждом из двух слоёв определяет тип прыжка; QualityMetrics рассчитывает семь биомеханических показателей и расчётный GOE [2].

4. Формирование датасета и обучение классификатора

Обучающая выборка сформирована из 480 видеофрагментов прыжков (по 80 на каждый из шести классов), извлечённых из открытых трансляций соревнований ISU: чемпионатов мира и этапов Гран-При ISU 2023–2025 годов. Критерии включения: разрешение не ниже 720p, частота не менее 25 кадр/с, прыжок представлен полностью (от отталкивания до приземления), обе ноги спортсмена видны в кадре, угол съёмки фронтальный или не превышает 45°. Разметка выполнена двумя независимыми экспертами уровня кандидата в мастера спорта по фигурному катанию с использованием инструмента CVAT 2.x; коэффициент межэкспертного согласия Козна  $k = 0,94$ . Конфликты разрешались привлечением третьего эксперта.

Аугментация — горизонтальное зеркалирование, гауссовский шум ( $\sigma = 0,005$ ) и изменение скорости ( $\pm 15\%$ ) — утроила выборку до 1 440 примеров (разбиение 70/15/15 %). Обучение LSTM: оптимизатор AdamW ( $lr = 1 \times 10^{-3}$ ,  $wd = 1 \times 10^{-4}$ ), CrossEntropyLoss с весами классов, ранняя остановка  $patience = 7$ . Итог:  $val\_accuracy = 0,91$ ,  $test\_accuracy = 0,88$ .

5. Результаты тестирования

Тестирование прототипа проводилось на четырёх уровнях: модульное (18 тест-кейсов pytest, покрытие кода 74 %), интеграционное, системное и приёмочное. Приёмочное тестирование выполнялось на отдельном датасете из 50 аннотированных видеофрагментов, не входивших в обучающую выборку. Все семь функциональных сценариев (TC-01 — TC-07) пройдены успешно. В ходе тестирования выявлено три дефекта (D-001 — D-003), которые устранены до финальной приёмки.

Таблица 1. Ключевые показатели качества прототипа СОП

Показатель	Критерий ТЗ	Фактический результат
Точность классификации прыжков	≥ 80 %	88 % (+8 п.п. к ТЗ)
Погрешность определения оборотов	≤ 0,25 об.	0,14 об. (–44 % к допуску)
Число пройденных тест-сценариев	7 из 7	7 из 7 (100 %)
Время анализа (GPU, NVIDIA CUDA)	≤ 25 с	18–25 с
Время анализа (CPU, Intel Core i7)	≤ 3 мин	2–3 мин
Покрытие кода модульными тестами	—	74 %



Анализ матрицы ошибок выявил единственный систематический тип ошибок: прыжки флип (F) и лутц (Lz) путаются в 4 % случаев при малом угле съёмки, когда ребро отталкивания визуально неразлично. Данный дефект может быть устранён применением мультикамерной съёмки или дообучением на расширенном датасете с метками ребра.

## 6. Экономическое обоснование

Себестоимость разработки прототипа рассчитана по нормативам РФ. Трудоемкость составила 440 чел.-ч. (11 недель × 40 ч/нед.); часовая ставка разработчика уровня Junior–Middle по данным hh.ru за I квартал 2026 года — 565,48 руб./ч (при среднемесячной заработной плате 95 000 руб./мес. и нормативе 21 рабочий день × 8 ч). Основная заработная плата составила 248 811,90 руб.; с учётом дополнительной заработной платы (12 %, ТК РФ), страховых взносов (30,2 %: ПФР 22 % + ФСС 2,9 % + ФОМС 5,1 % + НС 0,2 %, НК РФ) и накладных расходов (20 % от ФОТ) фонд оплаты труда составил 362 791,07 руб. Расходы на лицензионное программное обеспечение равны нулю — весь технологический стек распространяется под свободными лицензиями. Итоговая себестоимость разработки: 442 323 руб.

Прямой экономический эффект от внедрения определяется сокращением трудозатрат специалиста на 480 чел.-ч/год (при нагрузке 200 анализов в месяц и экономии 40 чел.-ч/мес.) и составляет 288 000 руб./год. Косвенный эффект от автоматического накопления размеченного датасета прыжков (стоимость профессиональной разметки одной записи — 400 руб.) при 120 верифицированных за-

писях в месяц: 576 000 руб./год. Совокупный годовой эффект: 864 000 руб. Простой срок окупаемости  $PP = 472\,323 / 288\,000 = 1,64$  года (20 месяцев), что соответствует нормативу  $\leq 24$  месяцев. Коэффициент экономической эффективности КЭЭ = 0,61 при нормативе  $> 0,33$  [5].

## 7. Заключение

В работе разработан и верифицирован прототип информационной системы классификации и оценки прыжков в фигурном катании. Система реализует полный аналитический конвейер: от детекции позы спортсмена до формирования структурированного отчёта с семью биомеханическими метриками и расчётным GOE. Достигнутая точность классификации 88 % превышает критерий технического задания на 8 процентных пунктов; погрешность определения числа оборотов 0,14 об. вдвое лучше допустимого значения. Все шесть задач, поставленных во введении, выполнены в полном объёме.

Практическая значимость системы определяется тремя факторами: объективизацией оценки прыжковых элементов, сокращением трудозатрат на анализ видеозаписей в 4–5 раз и созданием инфраструктуры для автоматического накопления размеченного датасета. Экономические показатели подтверждают целесообразность проекта: срок окупаемости не превышает нормативного значения, коэффициент экономической эффективности вдвое превышает нормативный порог.

Перспективы: мультикамерная съёмка для разделения флипа/лутца, расширение датасета, интеграция с облачными платформами и разработка мобильного приложения для тренировочного процесса.

## Литература:

1. Olympics — Figure Skating turns to AI to tackle judging controversies [Электронный ресурс] // Reuters / The Star. — 2026. — 8 February. — Режим доступа: <https://www.thestar.com.my/sport/others/2026/02/08/olympics-figure-skating-turns-to-ai-to-tackle-judging-controversies> (дата обращения: 07.04.2026).
2. International Skating Union. Special Regulations & Technical Rules: Single & Pair Skating and Ice Dance 2024 [Электронный ресурс] / International Skating Union. — Lausanne: ISU, 2024. — Режим доступа: <https://www.isu.org/inside-isu/rules-regulations/isu-statutes-constitution-regulations-technical-rules> (дата обращения: 07.04.2026).
3. Farewell tradition, hello robots: Wimbledon adjusts to life without line judges [Электронный ресурс] // The Guardian. — 2025. — 30 June. — Режим доступа: <https://www.theguardian.com/sport/2025/jun/30/farewell-tradition-hello-robots-wimbledon-adjusts-to-life-without-line-judges> (дата обращения: 07.04.2026).
4. Işın A. The effect of the video assistant referee (VAR) on referees' decisions at FIFA Women's World Cups / A. Işın, Q. Yi // BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. — 2024. — Vol. 16. — Art. 122. — DOI: 10.1186/s13102-024-00914-3.
5. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов в сфере информационных технологий [Электронный ресурс] / Минцифры России. — М.: Минцифры России, 2022. — Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/documents/7768/> (дата обращения: 12.05.2026).

# Молодой ученый

## Международный научный журнал

### № 22 (625) / 2026

Выпускающий редактор Г. А. Письменная  
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга, З. А. Огурцова  
Художник Е. А. Шишков  
Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов, М. В. Голубцов, О. В. Майер

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.  
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.  
При перепечатке ссылка на журнал обязательна.  
Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25, пом. 1, 3, 4, 5, 6.

Номер подписан в печать 10.06.2026. Дата выхода в свет: 17.06.2026.

Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420140, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Юлиуса Фучика, д. 94А, а/я 121.

Фактический адрес редакции: 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25, пом. 1, 3, 4, 5, 6.

E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru); <https://moluch.ru/>

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25, пом. 1, 3, 4, 5, 6.