

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

ISSN 2072-0297

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



16+

21 2026
ЧАСТЬ II

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 21 (624) / 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 *Грегори Хаус* (1959), главный герой американского телесериала «Доктор Хаус», роль которого исполняет британский актер Хью Лори.

Доктор Грегори Хаус — циничный и язвительный тип, который терпеть не может общаться с пациентами, старательно «косит» от работы и говорит гадости. При этом он лучший диагност в больнице, к нему обращаются в сложных и непонятных случаях. Работает Хаус с командой врачей, которых подбирает, руководствуясь своеобразными критериями. Доктора Формана, афроамериканца, Хаус нанял за юношескую судимость, которую посчитал признаком готовности к действию, Кэмерон — за внешнюю красоту, а Чейза — потому что Хаусу позволили и попросили об этом.

Образ Хауса создатели сериала выстроили на ассоциациях с Шерлоком Холмсом. Даже фамилия героя — Хаус (от house — дом) вызывает прямые ассоциации с фамилией Холмс (Holmes звучит как «хоумс», «дома» по-английски). Как и у великого сыщика, у Хауса есть верный друг и спутник доктор Уилсон, чья фамилия также наводит на ассоциации с Ватсоном. Даже адреса, где живут герои, совпадают почти полностью. Знаменитый дом Шерлока Холмса находится в Лондоне, на Бейкер-стрит, 221Б. Доктор Хаус тоже живет на Бейкер-стрит, 221, квартира Б, но в Принстоне, штат Нью-Джерси. Больше того, Хаус и доктор Уилсон занимают одну квартиру и живут в соседних комнатах, как Холмс и доктор Ватсон.

Сходство с Холмсом этим не ограничивается. Герой Конан Дойля употребляет наркотики внутривенно, когда мучается скукой из-за длительного отсутствия работы. Хаус «сидит» на обезболивающем, в состав которого входит опиат. Доктор Хаус принимает этот препарат вынужденно, а не из прихоти. Как и Холмс, доктор использует дедуктивный метод и элементы расследования, чтобы поставить диагноз. Коллеги доктора обыскивают дома пациентов в поисках улик, как если бы это было местом преступления, а сам Хаус интересуется только экстраординарными, сложными медицинскими случаями и часто впадает в скуку из-за простой и рутинной работы.

Холмс играл на скрипке, Хаус же играет на фортепиано, гитаре и губной гармошке. Он так же, как и знаменитый детектив, бесцеремонно относится к людям. Часто доктор не только ставит диагнозы, используя дедуктивный метод, но и выдает нечто о личной жизни и обстоятельствах больного. К примеру, сообщает человеку, что тому изменяет жена.

В жизни Хауса промелькнул и Мориарти. Человек с такой фамилией стрелял в доктора в заключительном эпизоде второго сезона. А в одиннадцатом эпизоде пятого сезона друг Хауса, доктор Уилсон, рассказывает байку (выдуманную) о некой Ирен Адлер, в которую Хаус якобы был влюблен, а та бросила доктора.

Хаус страдает из-за своей хромоты и ходит с тростью. Это не мешает герою отпускать злые шуточки в адрес других «калек». Герой постоянно пытается избежать

встречи с пациентами, старается провести день в кабинете и улизнуть из больницы, как только рабочий день заканчивается. При этом Хаус — отличный специалист, который готов рисковать и принимать ответственность, когда берется лечить сложные случаи. Герой начинает лечение часто на ходу, не дожидаясь дополнительного подтверждения предварительно поставленного диагноза (на это обычно нет времени).

Хаус избегает надевать медицинский халат, чтобы пациенты не идентифицировали его как врача и не набросились с просьбами о консультации. При этом ему вовсе не безразлична судьба пациентов.

Внешне доктор Хаус выглядит как стареющий мужчина: худой, длинный, «помятый» и небрежный в одежде. Герой любит листать журналы, смотреть медицинские сериалы по телевизору, но когда доходит до дела, Хаус незаменим. Несмотря на хромоту и нелюбовь к работе, герой легко приезжает в клинику ночью, когда в этом действительно есть необходимость. Коллеги Хауса относятся к нему с большим уважением. Директор клиники в беседе с недовольным пациентом открыто называет Хауса мерзавцем, но не может его уволить, потому что этот «мерзавец» — лучший врач в клинике.

Грегори Хаус — блестящий диагност, чьи знания охватывают нефрологию, инфекционные болезни, онкологию, ревматологию и генетику. Его база знаний не ограничивается учебниками: он использует свои познания в физике, химии, истории и токсикологии, мастерски выстраивая логические цепочки.

Хаус совмещает глубокие академические знания с выдающимися практическими навыками.

Он имеет две официальные специализации: инфекционные болезни и нефрология, виртуозно применяет знания из смежных областей, выявляя редкие аутоиммунные патологии, генетические аномалии (например, синдром Элерса — Данлоса) и последствия токсических воздействий.

Самая известная цитата из сериала: «Все врут». Доктор Хаус игнорирует слова пациентов, обращая внимание на каждую деталь их быта, истории болезни и генетики. В сериале Хаус мастерски проводит мозговые штурмы с командой, отсекая неверные гипотезы и проверяя нестандартные патогенетические механизмы.

Несмотря на кинодопущения, когда редкие диагнозы следуют один за другим, образ Хауса стал культовым благодаря его глубокому погружению в суть биологических процессов. Он превращает поиск диагноза в настоящее научное расследование. В реальной медицине его подход часто служит образцом нестандартного мышления, а иногда реальные врачи используют его метод для спасения тяжелых пациентов.

*Информацию собрала ответственный редактор
Екатерина Осянина*

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Бухарбаева Г. А.

Место математики в медицинской науке.....81

Шарипханулы А.

Моделирование конвективно-
диффузионного переноса вокруг сложной
геометрии методом конечных объёмов.....85

ФИЗИКА

Котляров А. К.

Почему робот-пылесос быстрее разряжается
на ковре, чем на голом полу.....93

ХИМИЯ

Устимова Е. А.

Исследование физико-химических свойств
нового вида полиэтиленового воска96

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Арнат А. Е., Куатбай М. Н.

Разработка системы Smart Coworking CRM
на основе технологий искусственного
интеллекта и Интернета вещей для
управления коворкинг-пространствами 103

Горбунов И. Д.

Интеграция нейросетевых сервисов
обработки изображений в социальную
web-платформу..... 104

Лаврушин В. В.

Менеджер паролей с модулем
интерактивного обучения пользователя..... 106

Мухамедияров Т. В.

Подсистема статистического анализа
обращений и заявок как инструмент
информационной поддержки учреждения..... 112

Никитин И. А.

Подходы к проектированию
высоконагруженных систем в условиях
распределенной инфраструктуры..... 115

Новиков А. И.

Алгоритм повышения устойчивости
обнаружения объектов в условиях
ограниченной видимости на основе оценки
достоверности сенсорных данных 117

Осколков В. А.

Разработка информационной системы
управления доставкой документов
и оборудования между судами в филиале
ФГБУ «Информационно-аналитический
центр Судебного департамента»
в Пермском крае 124

Сухарев А. Э.

Интеграция метода анализа иерархий
с алгоритмами машинного обучения
в логистике 127

Федотов Е. А.

Программное средство для финансового
планирования с применением
искусственного интеллекта 128

Шеварев М. В.

Анализ больших данных с использованием
больших языковых моделей: роль языковых
моделей в автоматизации аналитических
процессов 132

КУЛЬТУРОЛОГИЯ

Гришкина В. С., Першина М. М.

Мультимодальные механизмы легитимации
материнства как социального идеала
в медийном дискурсе: образ Кейт Миддлтон
как культурная модель..... 139

ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ

Абдурагимов М. Э.

Роль импрессионизма в цифровом искусстве
и мультимедиа 142

Ахатова Н. Ф., Дробченко Н. В.

Эволюция растительного орнамента
Средней Азии: от сакральной функции
к декоративной системе..... 144

Григорьева Т. В.

Роль композиционных и пропорциональных
характеристик в генерации орнамента
на примере якутской орнаментальной
традиции 147

Панфилов Д. В.

Режиссерское воплощение трагедий
«монументального» стиля Н. Г. Виноградова-
Мамонта..... 152

Пименова А. В.

Фотография как язык традиции: опыт
фотопроекта «Айка» в контексте
современного искусства 154

МАТЕМАТИКА

Место математики в медицинской науке

Бухарбаева Гулиянна Айтугановна, студент
 Научный руководитель: Жалтаева Нурия Сундетгалиевна, преподаватель
 Оренбургский государственный медицинский университет

Математика в медицине представляет собой междисциплинарную область, объединяющую методы количественного анализа, моделирования, статистики и вычислительных технологий для решения клинических, диагностических и управленческих задач в здравоохранении. Современные математические модели используются в кардиологии, эпидемиологии, онкологии, фармакокинетике, генетике, медицинской визуализации и реабилитации, обеспечивая более глубокое понимание механизмов заболеваний и эффективности терапевтических вмешательств. Кроме того, математические методы играют ключевую роль в организации работы медицинских учреждений, оптимизации ресурсов и поддержке принятия врачебных решений.

Ключевые слова: биостатистика, математическое моделирование, медицинская визуализация, анализ данных, эпидемиологические модели, персонализированная медицина, фармакокинетика, медицинские алгоритмы.

The place of mathematics in medical science

Mathematics in medicine is an interdisciplinary field that integrates quantitative analysis, mathematical modeling, statistics, and computational technologies to address clinical, diagnostic, and managerial challenges in healthcare. The use of mathematical tools makes it possible to identify hidden patterns in biomedical data, analyze the dynamics of physiological processes, enhance diagnostic accuracy, improve predictive capabilities, and develop personalized treatment strategies. Modern mathematical models are widely applied in cardiology, epidemiology, oncology, pharmacokinetics, genetics, medical imaging, and rehabilitation, providing deeper insights into disease mechanisms and the effectiveness of therapeutic interventions.

Keywords: mathematics in medicine, biostatistics, mathematical modeling, medical imaging, machine learning, data analysis, epidemiological models, personalized medicine, pharmacokinetics, medical algorithms.

Математика в медицине выполняет функцию универсального языка, позволяющего описывать физиологические процессы количественно. Благодаря математическим моделям удаётся формализовать динамику заболеваний, оценивать влияние различных терапевтических вмешательств и прогнозировать исходы. В свою очередь, статистика помогает выявлять причинно-следственные связи, отличать реальные эффекты лечения от случайных колебаний.

Уже долгое время математика воспринимается как ключевой способ перевода биологических процессов в формализуемую систему. Она позволяет описывать физиологию количественно, а не только на уровне наблюдений. Математика состоит из множества разделов и направлений, практически каждый из них находит применение в современной медицине.

Именно статистика считается базой доказательной медицины, так как она отделяет случайность от закономер-

ности. С помощью статистики определяется требуемый объём выборки, чтобы эксперимент был надёжным. Доведительные интервалы показывают, насколько можно быть уверенным в результатах. Методы рандомизации исключают предвзятость в распределении пациентов. Без статистики любое исследование превращается в набор субъективных наблюдений.

Математическое моделирование позволяет воссоздать процессы, которые невозможно наблюдать напрямую. Например, модели кровотока описывают движение крови с учётом давления, сопротивления сосудов и структуры капилляров. Электрофизиологические модели помогают изучать работу сердца и реакции миокарда на внешние воздействия. Математика позволяет учитывать десятки переменных — что делает модели приближенными к реальности.

Также, можно сказать, что математика влияет на разработку лекарств. Фармакокинетические модели позволяют

прогнозировать путь препарата в организме — всасывание, распределение, метаболизм и выведение. Фармакодинамика описывает связь между дозировкой и терапевтическим эффектом [1].

Эпидемиология напрямую зависит от математических моделей распространения инфекций. Модели типа SIR делят население на группы — восприимчивые, заражённые и выздоровевшие — и позволяют прогнозировать скорость распространения заболевания.

Отдельного внимания заслуживает сфера Big Data. Математика является основой анализа больших медицинских данных — Big Data. Методы регрессии, кластеризации и факторного анализа выявляют скрытые паттерны. С помощью математических подходов выявляются группы риска и взаимосвязи между параметрами.

В диагностике математика играет роль инструмента, который помогает увидеть скрытые закономерности в медицинских данных. С её помощью автоматизированные алгоритмы способны сравнивать полученные показатели пациента с обширными базами норм и отклонений. При анализе изображений математические методы формируют количественные характеристики — например, плотность, форму или структуру ткани, — что позволяет выделять подозрительные участки с высокой точностью. Статистические оценки указывают врачу, насколько выявленное изменение может быть значимым. Нередко математические модели фиксируют малейшие отклонения, которые визуально ещё не проявились [2].

В хирургии математические модели выполняют роль виртуального «полигона», где можно заранее просчитать, как поведёт себя организм в ответ на вмешательство. Объёмные цифровые модели органов позволяют хирургу рассматривать сложные анатомические зоны под разными углами и тестировать различные варианты доступа. Расчёт биомеханических характеристик тканей помогает предугадать, насколько устойчивыми будут швы или импланты. Модели гемодинамики дают возможность оценить вероятность осложнений, например, тромбоза или кровотечения.

Практически вся современная визуальная диагностика держится на математических преобразованиях. В МРТ исходная информация представляет собой набор сигналов, которые невозможно интерпретировать без сложных вычислений, и именно математические алгоритмы преобразуют их в изображения. Компьютерная томография строит картину внутренних структур, рассчитывая огромное количество проекций и интегралов. Ультразвуковая диагностика опирается на математический анализ отражённых волн и временных задержек. В визуальной диагностике активно используются методы улучшения изображений, все они полностью основаны на математике (в данном случае подразумеваются методы сглаживания, подавления шумов, усиления контраста).

В целом, математические методы применяются во всех сферах медицины, например, кардиология активно использует математический аппарат для оценки того, как работает сердце в динамике. Алгоритмы анализа ЭКГ из-

учают форму, частоту и последовательность электрических импульсов, позволяя фиксировать малейшие отклонения от нормального ритма. Модели кровообращения помогают воссоздавать движение крови по сосудам и предсказывать, какие участки испытывают повышенную нагрузку [3].

Как известно, практически все сферы нашей жизни подвергаются процессам цифровизации, медицина не является исключением. Для клинических исследований удобны следующие программные продукты: SPSS и STATA, поскольку они позволяют проводить статистические тесты без необходимости вручную прописывать сложные формулы. R и Python используются там, где важна гибкость и возможность строить модели любой сложности. Они подходят для анализа больших массивов генетической информации, обработки данных мониторинга и построения прогнозов. MATLAB востребован при моделировании непрерывных процессов: дыхательных циклов, сердечной активности, работы мышц. Рассмотренные программы относятся к автоматизированной математике.

В таблице 1 представлены обобщенные сведения о применении математики в медицине [4].

Отдельного внимания заслуживают управленческие процессы в контексте медицинских учреждений. Модели теории очередей показывают, где могут возникать узкие места и как распределить потоки пациентов, чтобы люди меньше ждали. Методы оптимизации помогают сформировать расписание так, чтобы нагрузка на врачей была равномерной. Статистические прогнозы позволяют заранее определить, сколько медикаментов потребуется или какое количество коек будет занято в определённый период. Во время эпидемий такие модели показали высокий уровень эффективности, так как они помогали оценить пределы возможностей системы и планировать ресурсы [5].

Также, математика широко используется в реабилитации. Датчики фиксируют движение, силу мышц, скорость реакции, и все эти показатели переводятся в числовые ряды. Математическая обработка позволяет понять, происходит ли реальный прогресс и в какой момент нужно менять программу восстановления. В роботизированных системах реабилитации расчёты помогают адаптировать нагрузку под конкретного человека, чтобы не вызвать перенапряжения. Анализ сигналов с ЭЭГ и ЭМГ помогает оценить, насколько эффективно мозг и мышцы включаются в работу после травм [6].

Далее следует выделить риски, связанные с математикой в медицине. Можно отметить следующие аспекты [7]:

1. Нехватка цифровой грамотности у врачей — это может привести к неверной интерпретации результатов, неправильной постановке диагноза.
2. Недостаточное качество данных — риск заключается в ложных выводах и прогнозах.
3. Ограниченность математических моделей — самый высокий риск, так как модели упрощают реальность, но при этом не всегда учитывают индивидуальные осо-

Таблица 1. Применение математики в медицине

Область применения	Математические методы/модели	Что дают эти методы
Доказательная медицина	Статистика, регрессия, ANOVA, доверительные интервалы	Обеспечивает надёжность результатов исследований, позволяет отделить реальный эффект вмешательства от случайных флуктуаций; помогает определять размер выборки, вычислять значимость различий, подтверждать эффективность методов лечения.
Фармакология и фармакокинетика	Системы ОДУ, модели компартментов, нелинейная регрессия	Даёт возможность прогнозировать концентрацию препарата во времени, определять оптимальные дозы, выявлять опасные комбинации лекарств и эффективность разных путей введения.
Кардиология	Анализ временных рядов, спектральный анализ, модели гемодинамики	Позволяет оценивать вариабельность ритма, выявлять аритмии, моделировать кровоток в сосудах, предсказывать риски инфаркта и сердечной недостаточности.
Рентгенология и МРТ/КТ	Преобразование Фурье, фильтрация, алгоритмы реконструкции	Обеспечивает высокоточную обработку изображений, сегментацию патологий, измерение объёмов и плотности, улучшение контрастности, уменьшение шумов.
Онкология	Модели роста опухолей, вероятностные модели распространения, кластеризация	Позволяет прогнозировать динамику опухолевого процесса, оценивать чувствительность к терапии, выбирать схемы лечения, анализировать мутационные профили.
Эпидемиология	SIR, SIS, стохастические модели, Монте-Карло	Даёт возможность прогнозировать распространение инфекций, моделировать эффективность карантина, вакцинации и социальных мер, рассчитывать коэффициент R0.
Генетика и геномика	PCA, скрытые марковские модели, ассоциативный анализ	Позволяет находить генетические варианты, связанные с заболеваниями, изучать наследуемость, выявлять рисковые SNP и генетические кластеры.
Нейромедицина (ЭЭГ/ЭМГ)	Фильтры, корреляции, спектральный анализ, вейвлет-преобразования	Обеспечивает выявление эпилептических разрядов, анализ частотных паттернов, выявление функциональных зон мозга.
Телемедицина и мониторинг	Обнаружение аномалий, фильтры Калмана, временные ряды	Позволяет автоматически отслеживать ухудшение состояния: скачки давления, сахара, аритмии, обострения хронических болезней.
Реабилитация	Биомеханика, оптимизация движений, математический анализ походки	Даёт объективные параметры восстановления, позволяет корректировать программы упражнений, измерять прогресс.
Управление больницами	Теория очередей, оптимизация, линейное программирование	Помогает распределять ресурсы (койки, оборудование), снижать очереди, оптимизировать расписание врачей.
Медицинская робототехника	Модели управления, оптимизация движения, обратная кинематика	Позволяет настраивать роботизированные протезы, хирургические манипуляторы и реабилитационные системы.

бенности пациента — это также может привести к ошибочным прогнозам и диагнозам.

4. Проблемы совместимости программ. Разные больницы используют разное ПО, что затрудняет интеграцию математических решений.

5. Некоторые врачи считают математические модели «непонятными» и «ненадёжными».

В таблице 2 представлены возможные решения данных проблем.

В заключение следует отметить:

– Математика в медицине выступает не вспомогательным, а системообразующим инструментом, который позволяет соединить биологические процессы и клиническую практику в единую логически структурированную систему.

– Современная медицина функционирует в условиях огромного потока данных, и именно математический аппарат позволяет делать этот поток управляемым и осмысленным.

– Количественные методы дают возможность обнаруживать закономерности, которые невозможно заметить невооружённым глазом.

– Анализ статистических зависимостей помогает врачам и исследователям принимать обоснованные решения, основанные не на опыте или интуиции, а на измеримых фактах.

– Математические модели обеспечивают воспроизводимость, а значит — возможность проверки и критического анализа результатов.

Таблица 2. Пути минимизации рисков применения математики в медицине

Риск	Путь минимизации риска
Нехватка цифровой и математической грамотности у врачей	Введение обязательных курсов по биостатистике, работе со статистическими программами (SPSS, R, Python), а также регулярные программы повышения квалификации по цифровой медицине.
Низкое качество медицинских данных	Стандартизация процедур сбора данных, внедрение автоматизированной валидации, очистки и нормализации данных, переход на электронные медицинские карты с обязательными структурированными полями.
Ограниченность математических моделей (упрощение реальности, отсутствие учёта индивидуальных особенностей пациента)	Использование гибридных моделей, регулярное обновление алгоритмов на основе новых данных, включение дополнительных переменных (генетика, образ жизни), а также обязательная клиническая верификация моделей.
Несовместимость программного обеспечения в разных медучреждениях	Переход на единые стандарты обмена медицинскими данными (HL7, FHIR), унификация ПО, создание совместимых платформ и модулей интеграции между системами [8].
Недоверие врачей и низкая готовность использовать математические модели	Создание понятных интерфейсов, применение прозрачных математических алгоритмов, клиническая проверка расчетов, понятные интерфейсы и пилотные внедрения с обучением персонала.

Литература:

1. Аляутдин, Р. Н. Фармакология: учебник / под ред. Р. Н. Аляутдина. — 6-е изд., перераб. и доп. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2022. — 1104 с. — ISBN 978-5-9704-6819-7. — Текст: электронный // ЭБС «Консультант студента»: [сайт]. — URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970468197.html> (дата обращения: 22.05.2026).
2. Труфанов, Г. Е. Лучевая диагностика: учебник / под ред. Г. Е. Труфанова. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2023. — ISBN 978-5-9704-7916-2. — Текст: электронный // ЭБС «Консультант студента»: [сайт]. — URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970479162.html> (дата обращения: 22.05.2026).
3. Обрезан, А. Г. Кардиология: учебник / А. Г. Обрезан, Е. К. Сережина, А. А. Обрезан. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2023. — 544 с. — ISBN 978-5-9704-7557-7. — Текст: электронный // ЭБС «Консультант студента»: [сайт]. — URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970475577.html> (дата обращения: 22.05.2026).
4. Дедов, И. И. Персонализированная медицина / И. И. Дедов, Н. Г. Мокрышева. — Москва: ЭНЦ, 2025. — 760 с. — ISBN 978-5-9986-0534-5. — URL: <https://www.endocrincentr.ru/> (дата обращения: 22.05.2026).
5. Брико, Н. И. Эпидемиология: учебник / под ред. Н. И. Брико. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2023. — 648 с. — ISBN 978-5-9704-7227-9. — Текст: электронный // ЭБС «Консультант студента»: [сайт]. — URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970472279.html> (дата обращения: 22.05.2026).
6. Епифанов, В. А. Медицинская реабилитация: учебник / под ред. В. А. Епифанова, А. Н. Разумова, А. В. Епифанова. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2023. — 688 с. — ISBN 978-5-9704-7488-4. — DOI: 10.33029/9704-7488-4-MRS-2023-1-688. — Текст: электронный // ЭБС «Консультант студента»: [сайт]. — URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970474884.html> (дата обращения: 22.05.2026).
7. Элланский, Ю. Г. Общественное здоровье и здравоохранение: учебник / Ю. Г. Элланский [и др.]. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2023. — 624 с. — ISBN 978-5-9704-7435-8. — Текст: электронный // ЭБС «Консультант студента»: [сайт]. — URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970474358.html> (дата обращения: 22.05.2026).
8. Улумбекова, Г. Э. Медицинская информатика в общественном здоровье и организации здравоохранения: национальное руководство / гл. ред. Г. Э. Улумбекова, В. А. Медик. — 3-е изд. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2022. — 1184 с. — ISBN 978-5-9704-7023-7. — Текст: электронный // ЭБС «Консультант студента»: [сайт]. — URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970470237.html> (дата обращения: 22.05.2026).

Моделирование конвективно-диффузионного переноса вокруг сложной геометрии методом конечных объёмов

Шарипханулы Абылай, студент магистратуры

Научный руководитель: Исахов Алибек Абдиашимович, PhD, профессор

Казахстанско-Британский технический университет (г. Алматы, Казахстан)

В данной работе рассматривается численное моделирование процессов конвективно-диффузионного переноса вокруг сложной двумерной геометрии грузового автомобиля с использованием метода конечных объёмов (Finite Volume Method, FVM) на неструктурированных треугольных сетках. Исследуется влияние диффузионного и конвективного механизмов переноса на распределение скалярного поля в расчётной области. Геометрия области и модель грузового автомобиля были построены в программном комплексе Gmsh, после чего выполнена генерация неструктурированной треугольной сетки с локальным сгущением вблизи поверхности объекта. Численная реализация выполнена на языке Python с использованием библиотек NumPy, SciPy, Matplotlib и Numba. В работе реализованы импорт сетки, вычисление геометрических характеристик контрольных объёмов, дискретизация конвективных и диффузионных потоков, upwind-аппроксимация, неявная временная схема, сборка разреженной матрицы коэффициентов и решение системы линейных алгебраических уравнений. Проведён анализ распределения скалярного поля, влияния коэффициента диффузии, качества сетки и конвективного переноса. Полученные результаты демонстрируют эффективность метода конечных объёмов при расчётах на неструктурированных сетках сложной геометрии и подтверждают устойчивость реализованного численного алгоритма.

Введение. Вычислительная гидродинамика (Computational Fluid Dynamics, CFD) является одним из основных инструментов численного исследования процессов переноса, аэродинамики и течений жидкости. Современные CFD-подходы широко применяются при моделировании внешнего обтекания транспортных средств, задач теплообмена, распространения примесей и конвективно-диффузионных процессов. Для сложных геометрий аналитические решения, как правило, отсутствуют, поэтому основным методом исследования становятся численные методы. Одним из наиболее распространённых численных подходов является метод конечных объёмов (Finite Volume Method, FVM), обладающий консервативностью, устойчивостью и возможностью применения на неструктурированных сетках. Использование неструктурированных треугольных сеток особенно важно при моделировании сложной геометрии транспортных средств, поскольку позволяет выполнять локальное сгущение элементов вблизи поверхности объекта и более точно описывать границы расчётной области. Однако применение triangular unstructured meshes сопровождается рядом численных трудностей, включая non-orthogonality, skewness и увеличение численной диффузии. При больших числах Пекле задача становится convection-dominated, что может приводить к появлению нефизических осцилляций и ухудшению устойчивости решения. Для подавления подобных эффектов широко применяются upwind- и hybrid-схемы дискретизации. В последние годы наблюдается активное развитие finite volume методов для convection-diffusion и Navier-Stokes задач на неструктурированных сетках. Современные исследования посвящены повышению устойчивости схем, уменьшению numerical diffusion и моделированию течений вокруг сложных инженерных объектов, включая транспортные средства и внешние аэродинамические конфигурации. В данной работе рассматривается численное моделирование процессов конвективно-диффузионного переноса вокруг двумерной геометрии грузового автомобиля с использованием метода конечных объёмов на неструктурированных треугольных сетках. Геометрия расчётной области была создана в программном комплексе Gmsh, после чего выполнена генерация сетки с локальным сгущением вблизи поверхности объекта. В работе реализованы импорт сетки, вычисление геометрических характеристик контрольных объёмов, дискретизация конвективных и диффузионных потоков, upwind-аппроксимация и решение системы линейных алгебраических уравнений. Проведён анализ влияния коэффициента диффузии на структуру распределения скалярного поля и поведение решения в convection-dominated режимах.

Целью данной работы является численное моделирование процессов конвективно-диффузионного переноса вокруг сложной двумерной геометрии грузового автомобиля с использованием метода конечных объёмов на неструктурированных треугольных сетках.

Обзор литературы. Метод конечных объёмов является одним из наиболее распространённых численных подходов в вычислительной гидродинамике благодаря консервативности, устойчивости и возможности применения на сетках сложной структуры. Основные принципы построения конечно-объёмных схем для задач теплообмена, динамики жидкости и переноса подробно рассмотрены в работах С. В. Патанкара [1], Н. К. Versteeg и W. Malalasekera [2], а также J. H. Ferziger и М. Perić [3]. В современных CFD-задачах особое значение имеет использование неструктурированных сеток, позволяющих более точно описывать сложные геометрические контуры и выполнять локальное сгущение

элементов в областях больших градиентов. Подробное изложение метода конечных объёмов на неструктурированных сетках, включая аппроксимацию потоков, обработку граничных условий и особенности построения матриц коэффициентов, представлено в работе F. Moukalled, L. Mangani и M. Darwish [4]. Вопросы численной устойчивости, аппроксимации конвективных членов и применения CFD к задачам внешнего и внутреннего течения также рассмотрены в работах С. Hirsch [5], J. Blazek [7] и J. D. Anderson [8]. Для задач конвективно-диффузионного переноса важную роль играет выбор схемы аппроксимации конвективного потока. Центральные схемы обладают более высоким порядком точности, однако при доминировании конвекции могут приводить к нефизическим осцилляциям. Для повышения устойчивости широко применяются upwind-, TVD- и другие монотонные схемы [10, 15, 16]. Основы конечно-объёмных методов для гиперболических задач и анализа численного переноса подробно изложены в работе R. J. LeVeque [6]. При моделировании течений на неструктурированных сетках возникают дополнительные численные трудности, связанные с неортогональностью, скошенностью ячеек и ошибками восстановления градиентов. Эти вопросы подробно обсуждаются в работах, посвящённых error analysis и построению конечно-объёмных схем для сложных расчётных областей [9, 19]. Для решения уравнений движения жидкости и связанных с ними задач давления и скорости важное значение имеют алгоритмы расщепления, включая SIMPLE-подход, предложенный R. I. Issa [13], а также метод Rhie–Chow interpolation для устранения неустойчивостей давления на коллокационных сетках [14].

Таким образом, анализ литературы показывает, что метод конечных объёмов является эффективным инструментом для моделирования конвективно-диффузионных процессов и задач CFD на сложных геометриях. Однако применение неструктурированных треугольных сеток требует дополнительного внимания к устойчивости схемы, численной диффузии, качеству сетки и корректной аппроксимации потоков через грани контрольных объёмов. В связи с этим исследование конвективно-диффузионного переноса вокруг сложной геометрии грузового автомобиля на неструктурированной сетке является актуальной задачей.

Математическая постановка задачи. Уравнение конвекции–диффузии. В качестве математической модели рассматривается двумерное нестационарное уравнение конвекции–диффузии:

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{U} \phi = \nabla \cdot \Gamma \nabla \phi \quad (1)$$

где ϕ — скалярная величина; \vec{U} — вектор скорости; Γ — коэффициент диффузии; t — время.

Левая часть уравнения (1) описывает конвективный перенос скалярной величины потоком жидкости, а правая часть отвечает за диффузионный перенос.

Для стационарного случая уравнение принимает вид:

$$\nabla \cdot (\vec{U} \phi) = \nabla \cdot (\Gamma \nabla \phi) \quad (2)$$

Компонентная форма уравнения. Для двумерного случая уравнение можно записать в компонентной форме:

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{\partial u \phi}{\partial x} + \frac{\partial v \phi}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\Gamma \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\Gamma \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) \quad (3)$$

Число Пекле. Для анализа соотношения конвективного и диффузионного переноса используется число Пекле:

$$Pe = \frac{UL}{\Gamma} \quad (4)$$

где U — характерная скорость; L — характерный размер области; Γ — коэффициент диффузии.

При малых значениях Pe преобладает диффузионный перенос, а при больших — конвективный.

Граничные условия. Расчётная область представляет собой прямоугольную область с внутренним контуром грузового автомобиля.

На входной границе $x = 0$ задаётся условие Дирихле:

$$\phi(x = 0, y) = 1 \quad (5)$$

На выходной границе $x = L_x$ используется условие нулевого градиента:

$$\frac{\partial \phi}{\partial x} = 0 \quad (6)$$

На верхней и нижней границах области:

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} = 0 \quad (7)$$

На поверхности грузового автомобиля задаётся условие непроницаемой стенки:

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} = 0 \quad (8)$$

Начальное условие:

$$\phi(x, y, t = 0) = 0 \quad (9)$$

Расчётная область. Размеры расчётной области выбирались таким образом, чтобы минимизировать влияние искусственных граничных условий на структуру потока вокруг объекта.

Метод конечных объёмов. Основная идея метода. Метод конечных объёмов основан на интегрировании исходного дифференциального уравнения по контрольному объёму:

$$\int_V \frac{\partial \phi}{\partial t} dV + \int_V \nabla \cdot \vec{U} \phi dV = \int_V \nabla \cdot (\Gamma \nabla \phi) dV \quad (10)$$

После применения теоремы Гаусса:

$$\int_V \nabla \cdot \vec{F} dV = \int_S \vec{F} \cdot d\vec{S} \quad (11)$$

получаем:

$$\int_V \frac{\partial \phi}{\partial t} dV + \int_S (\vec{U} \phi) \cdot d\vec{S} = \int_S (\Gamma \nabla \phi) \cdot d\vec{S} \quad (12)$$

Таким образом, задача сводится к вычислению потоков через грани контрольного объёма.

Дискретизация временного члена. Для временной дискретизации использовалась неявная схема:

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} \approx \frac{\phi^{n+1} - \phi^n}{\Delta t} \quad (13)$$

Неявная схема обладает высокой устойчивостью и позволяет использовать большие временные шаги.

Конвективный поток. Конвективный поток через грань определяется как:

$$F_f = \vec{U}_f \cdot \vec{S}_f \quad (14)$$

Тогда конвективный вклад записывается в виде $F_f \phi_f$, где S_f вектор площади грани; ϕ_f — значение скаляра на грани.

Центральная схема. Центральная аппроксимация имеет вид:

$$\phi_f = \frac{\phi_P + \phi_N}{2} \quad (15)$$

где P — текущая ячейка; N — соседняя ячейка. Данная схема обладает вторым порядком точности, однако может становиться неустойчивой при больших числах Пекле.

Upwind-аппроксимация. Для повышения устойчивости использовалась upwind-схема (схема против потока).

Если:

$$F_f > 0 \quad (16)$$

то:

$$\phi_f = \phi_P \quad (17)$$

иначе:

$$\phi_f = \phi_N \quad (18)$$

Тогда поток записывается как:

$$F_f = \phi_f \quad (19)$$

Upwind-схема имеет первый порядок точности, но обеспечивает устойчивость расчёта при конвективном доминировании.

Диффузионный поток. Диффузионный поток через грань аппроксимируется следующим образом:

$$D_f = \Gamma \frac{S_f}{d_{PN}} \quad (20)$$

где S_f — площадь грани; d_{PN} — расстояние между центрами соседних ячеек. Тогда суммарный диффузионный поток равен:

$$D_f (\phi_N - \phi_P) \quad (21)$$

Итоговая дискретизированная система. После суммирования потоков по всем граням контрольного объёма получаем алгебраическое уравнение для каждой ячейки:

$$a_P \phi_P = \sum a_N \phi_N + b \quad (22)$$

где a_P — диагональный коэффициент; a_N — коэффициенты соседних ячеек; b — правая часть. В матричной форме система уравнений имеет вид:

$$A\phi = b \quad (23)$$

Неструктурированные сетки. Треугольные сетки. Для описания сложной геометрии использовалась неструктурированная треугольная сетка. Преимущества: высокая гибкость; возможность локального сгущения; точное описание сложных контуров. Недостатки: skewness (скошенность ячеек); неортогональность; повышенная численная диффузия.

Неортогональность. Для неструктурированных сеток направление между центрами ячеек может не совпадать с нормалью к грани:

$$\vec{d}_{PN} \neq \vec{n} \quad (24)$$

Это приводит к дополнительной ошибке аппроксимации. Для повышения точности градиент раскладывается на ортогональную и корректирующую составляющие:

$$\nabla\phi = \nabla\phi_{orth} + \nabla\phi_{corr} \quad (25)$$

Ортогональная часть:

$$\nabla\phi_{orth} = \frac{\phi_N - \phi_P}{d_{PN}}, \nabla\phi_{corr} = \frac{(\phi_a - \phi_b)t * l}{\delta * \bar{t}} \quad (26)$$

Корректирующая часть учитывает касательный вклад.

Геометрия и генерация сетки. Геометрия грузового автомобиля была создана в программном комплексе Gmsh. Расчётная область включала входную границу, выходную границу, верхнюю и нижнюю границы, а также внутренний контур грузового автомобиля. Вблизи поверхности объекта выполнялось локальное сгущение сетки для более точного разрешения градиентов. После генерации сетка экспортировалась в формате.msh.

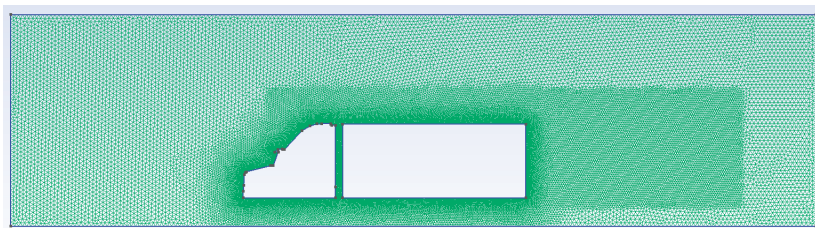


Рис. 1. Геометрия расчётной области

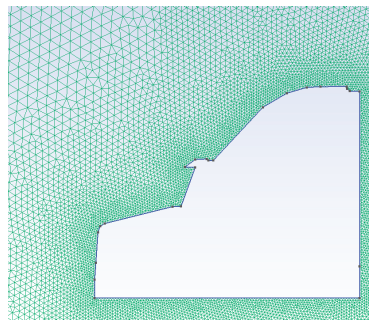


Рис. 2. Сгущение сетки около грузовика

Общая структура алгоритма. Численный алгоритм решения задачи включает следующие этапы:

- Импорт сетки Gmsh.
- Построение граней контрольных объёмов.
- Вычисление геометрических характеристик.
- Задание физических параметров.
- Формирование коэффициентов матрицы.
- Дискретизация конвективных потоков.
- Дискретизация диффузионных потоков.
- Сборка разреженной матрицы.
- Решение системы линейных уравнений.
- Постобработка результатов.

Используемые библиотеки. Для реализации численного метода использовались: NumPy, SciPy, Matplotlib и Numba.

Импорт сетки. Чтение сетки:

```
points, cells = read_msh(«truck3.msh»)
```

Построение граней:

```
faces = build_faces(cells)
```

Вычисление геометрии:

```
centers, volumes, faces = compute_geometry(points, cells, faces)
```

Физические параметры

Gamma = 0.3

Ux = 1.0

Uy = 0.0

velocity = np.array([Ux, Uy])

где Gamma — коэффициент диффузии; Ux, Uy — компоненты скорости.

Upwind-дискретизация

if F >= 0.0:

aP_conv = F; aN_conv = 0.0

else:

aP_conv = 0.0; aN_conv = -F

Диффузионный поток

D = (Gamma * areas [i] / dmag [i])

Сборка матрицы

A = sp.csr_matrix((data, (rows, cols)), shape=(Nc, Nc))

Решение системы:

phi = spla.spsolve(A, b)

Ускорение вычислений

@njit

def build_matrix_numba(...):

Использование Numba позволяет существенно сократить время сборки матрицы при больших размерах сетки.

Сходимость решения. Контроль сходимости осуществляется по невязке:

$$Residual = \sqrt{\sum (A\phi - b)^2} \quad (27)$$

Расчёт продолжался до достижения заданного уровня невязки.

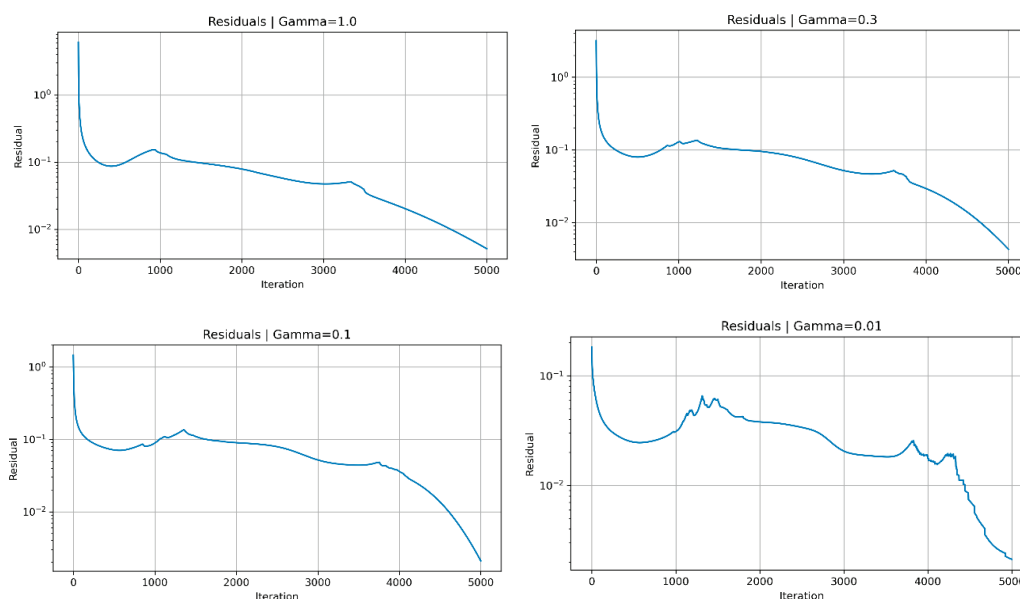


Рис. 3. График сходимости residuals

Визуализация результатов

```
contour = ax.tricontourf(points[:, 0], points[:, 1], triangles, node_phi, levels=100)
```

Полученное поле визуализирует распределение скалярной величины вокруг объекта.

Анализ результатов и обсуждение. Для более глубокого анализа численного решения были исследованы распределения скалярного поля и профильные зависимости вдоль центральной линии расчётной области. На рисунке 4 представлены профили скалярной величины ϕ для различных значений коэффициента диффузии Γ . Сравнение кривых позволяет проследить изменение структуры решения при переходе от конвективно-доминирующего режима к режиму с преобладанием диффузионных процессов. При минимальном значении коэффициента диффузии $\Gamma = 0.01$ наблюдается ярко выраженное доминирование конвекции. Профиль имеет резкие скачки и локальные колебания, особенно в области за препятствием. Такие осцилляции связаны с тем, что перенос скалярной величины осуществляется в основном потоком, а влияние диффузионного сглаживания оказывается недостаточным. В области $x \approx 16\text{--}18$ наблюдается резкое снижение значения ϕ , что соответствует зоне формирования следа за грузовым автомобилем. После прохождения препятствия профиль сохраняет колебательный характер на значительном расстоянии, что указывает на высокую чувствительность решения к локальным изменениям поля при малой диффузии. Для промежуточных значений коэффициента диффузии $\Gamma = 0.1$ и $\Gamma = 0.3$ характер распределения существенно изменяется. Амплитуда численных колебаний уменьшается, а профиль становится более плавным. Следовая область начинает расширяться, а её границы становятся менее резкими. Это объясняется усилением действия диффузионного механизма, который перераспределяет скалярное поле в поперечном направлении и уменьшает локальные градиенты. Несмотря на это, в зоне резкого изменения решения всё ещё сохраняются небольшие осцилляции, обусловленные сложным взаимодействием конвективного и диффузионного членов уравнения. Наиболее устойчивое и сглаженное решение наблюдается при $\Gamma = 1.0$. В данном случае диффузионный перенос начинает преобладать над конвекцией, вследствие чего профиль становится гладким практически на всей длине области. После препятствия отсутствуют выраженные скачки и высокочастотные колебания, а изменение скалярного поля происходит постепенно. Следовая область становится значительно шире, однако её контрастность уменьшается. Физически это означает, что интенсивное диффузионное рассеивание препятствует сохранению узкого концентрированного следа и способствует более равномерному распределению скалярной величины в потоке. Особого внимания заслуживает область резкого падения профиля при $x \approx 15\text{--}17$. Именно в этой зоне наблюдается максимальное влияние препятствия на структуру течения. Здесь возникают наиболее интенсивные пространственные градиенты, происходит перестройка поля и формируется следовая область. При малых значениях Γ данный переход носит практически скачкообразный характер, тогда как увеличение коэффициента диффузии приводит к более плавному изменению решения. Такое поведение соответствует физической природе конвективно-диффузионного переноса и подтверждает корректность реализованной математической модели.

Дополнительно анализ графиков показывает, что увеличение коэффициента диффузии приводит к уменьшению максимальных и минимальных локальных экстремумов. Иными словами, поле становится более однородным. Это является характерным признаком усиления процессов выравнивания концентрации за счёт диффузии. В то же время при

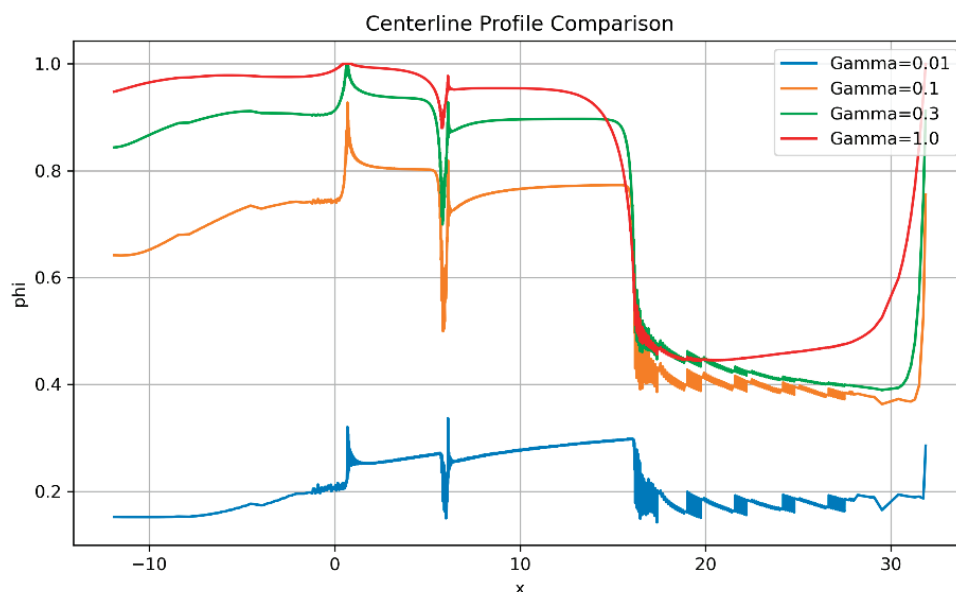


Рис. 4. Профильное сравнение

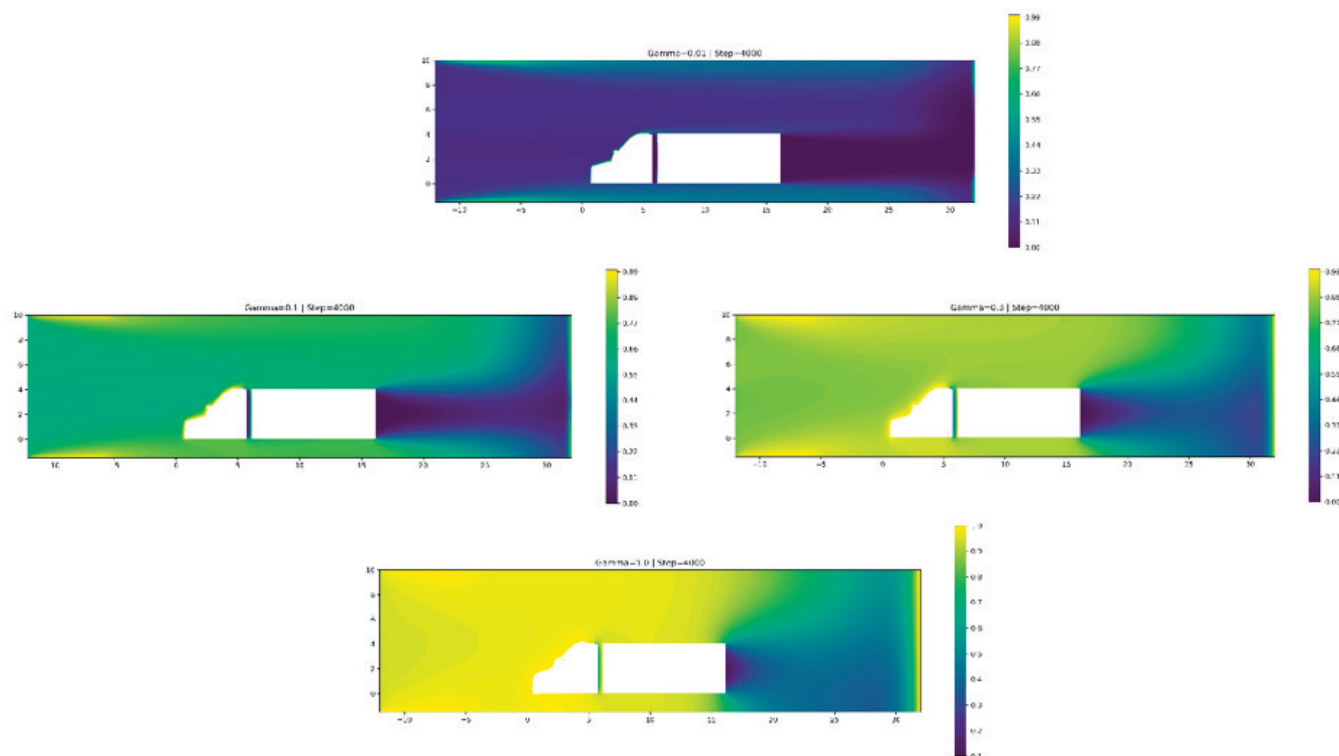


Рис. 5. Влияние коэффициента диффузии

малых Γ наблюдается сохранение локальных неоднородностей на значительном расстоянии downstream от объекта, что характерно для convection-dominated режимов. С точки зрения численной реализации полученные результаты подтверждают устойчивость разработанного алгоритма. Использование неявной схемы интегрирования позволило обеспечить стабильность вычислений даже при сравнительно больших временных шагах. Применение upwind-дискретизации эффективно устраняет неустойчивые нефизические осцилляции, возникающие при доминировании конвекции, однако сопровождается появлением дополнительной численной диффузии. Это особенно заметно при больших значениях Γ , где профиль становится ещё более сглаженным. Несмотря на это, метод сохраняет физическую корректность решения и обеспечивает адекватное воспроизведение основных закономерностей переноса. Таким образом, проведённый анализ демонстрирует, что разработанная модель успешно воспроизводит взаимодействие конвективных и диффузионных процессов на неструктурированной треугольной сетке сложной геометрии. Полученные результаты согласуются с теоретическими представлениями о поведении решений конвективно-диффузионного уравнения и подтверждают эффективность метода конечных объёмов для моделирования подобных задач вычислительной гидродинамики.

Заключение. В данной работе была разработана численная модель конвективно-диффузионного переноса вокруг сложной геометрии грузового автомобиля с использованием метода конечных объёмов на неструктурированных треугольных сетках. В процессе исследования была создана геометрия расчётной области, выполнена генерация сетки в среде Gmsh и реализован импорт сеточных данных в Python. Для каждого контрольного объёма были вычислены геометрические параметры, после чего выполнена дискретизация конвективных и диффузионных потоков с использованием upwind-аппроксимации и неявной схемы интегрирования по времени. Также была реализована сборка разреженной матрицы коэффициентов и решение системы линейных алгебраических уравнений, что позволило получить распределения скалярного поля в области течения вокруг объекта. Проведённые вычислительные эксперименты показали, что метод конечных объёмов обеспечивает устойчивое и физически корректное решение задач конвективно-диффузионного переноса даже на неструктурированных сетках сложной геометрии. Анализ результатов продемонстрировал существенное влияние коэффициента диффузии на структуру поля и характеристики следовой области. При малых значениях коэффициента диффузии преобладают конвективные механизмы переноса, что приводит к формированию вытянутого следа и резких градиентов, тогда как увеличение диффузии вызывает сглаживание распределения и уменьшение контрастности поля. Было установлено, что использование upwind-схемы обеспечивает устойчивость расчёта при конвективном доминировании, а локальное сгущение сетки вблизи поверхности объекта позволяет повысить точность численного решения. Разработанная модель может служить основой для дальнейшего развития более сложных вычислительных алгоритмов. В перспективе возможно расширение работы на решение полной системы уравнений Навье–Стокса, реализацию SIMPLE-алгоритма для расчёта давления и скорости, применение схем второго порядка точности, использование турбулентных моделей и переход к трёхмерному моделированию. Дополнительно пер-

спективным направлением является внедрение адаптивного сгущения сетки и технологий параллельных вычислений для повышения эффективности и точности расчётов при моделировании реальных инженерных задач.

Литература:

1. Патанкар С. В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. — М.: Энергоатомиздат, 1984.
2. Versteeg H. K., Malalasekera W. An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method. — Pearson Education, 2007.
3. Ferziger J. H., Perić M. Computational Methods for Fluid Dynamics. — Springer, 2002.
4. Moukalled F., Mangani L., Darwish M. The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics. — Springer, 2016.
5. Hirsch C. Numerical Computation of Internal and External Flows. — Butterworth-Heinemann, 2007.
6. LeVeque R. J. Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems. — Cambridge University Press, 2002.
7. Blazek J. Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications. — Elsevier, 2015.
8. Anderson J. D. Computational Fluid Dynamics. — McGraw-Hill, 1995.
9. Jasak H. Error Analysis and Estimation for the Finite Volume Method with Applications to Fluid Flows. — Imperial College London, 1996.
10. Darwish M., Moukalled F. TVD schemes for unstructured grids // International Journal of Heat and Mass Transfer. — 2003.
11. OpenFOAM User Guide. — OpenFOAM Foundation.
12. Gmsh Documentation. — Gmsh Developers.
13. Issa R. I. Solution of the implicitly discretised fluid flow equations by operator-splitting // Journal of Computational Physics. — 1986.
14. Rhie C. M., Chow W. L. Numerical study of the turbulent flow past an airfoil with trailing edge separation // AIAA Journal. — 1983.
15. Barth T. J., Jespersen D. C. The design and application of upwind schemes on unstructured meshes // AIAA Paper. — 1989.
16. Leonard B. P. A stable and accurate convective modelling procedure based on quadratic upstream interpolation // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. — 1979.
17. Spalding D. B. A novel finite difference formulation for differential expressions involving both first and second derivatives // International Journal for Numerical Methods in Engineering. — 1972.
18. Perić M. Finite volume methods for the prediction of fluid flows // AIAA Journal. — 1985.
19. Eymard R., Gallouët T., Herbin R. Finite Volume Methods // Handbook of Numerical Analysis. — 2000.
20. Fletcher C. A. J. Computational Techniques for Fluid Dynamics. — Springer, 1991.

ФИЗИКА

Почему робот-пылесос быстрее разряжается на ковре, чем на голом полу

Котляров Алексей Кириллович, студент

Научный руководитель: Калугин Никита Андреевич, преподаватель

Кубанский государственный технологический университет (г. Краснодар)

В работе представлен анализ причин увеличенного энергопотребления роботизированных пылесосов при уборке ковровых покрытий по сравнению с твердыми поверхностями. Рассмотрены механические и аэродинамические факторы, влияющие на нагрузку приводных и всасывающих систем. Приведены оценочные расчёты мощности и тока потребления, основанные на экспериментальных и литературных данных. Установлено, что основное влияние оказывают сопротивление качению с учётом деформации ворса, рост нагрузки на главную щётку и увеличение мощности всасывания.

Ключевые слова: робот-пылесос, энергопотребление, сопротивление качению, аккумулятор, мощность, ковровое покрытие.

Why a robot vacuum cleaner runs out of power faster on carpet than on a bare floor

This paper presents an analysis of the reasons for the increased energy consumption of robotic vacuum cleaners when cleaning carpets compared to hard surfaces. It examines the mechanical and aerodynamic factors that affect the load on the drive and suction systems. The paper provides estimated calculations of power and current consumption based on experimental and literature data. It is found that the main factors are rolling resistance, taking into account the deformation of the pile, increased load on the main brush, and increased suction power.

Keywords: robot vacuum cleaner, energy consumption, rolling resistance, battery, power, carpet.

Роботизированные пылесосы широко применяются в бытовых и коммерческих помещениях, включая офисы, гостиницы и жилые пространства. В этих условиях важным параметром является время автономной работы устройства, определяющее эффективность уборки и частоту подзарядки. Практическая значимость исследования заключается в необходимости прогнозирования времени работы устройств при различных типах покрытий, а также в оптимизации алгоритмов управления и конструкции приводных систем. Это представляет интерес для разработчиков бытовой техники, сервисных инженеров и конечных пользователей. При движении робот-пылесоса по поверхности на него действует сила сопротивления качению, которая может быть выражена как:

$$Fr = cr \cdot N$$

где cr — коэффициент сопротивления качению, N — нормальная реакция опоры. Для твердых поверхностей $cr = 0.01-0.02$, тогда как для ковровых покрытий, с учетом деформации ворса, значение может достигать $0.1-0.3$ [1].

При массе робота $m=3$ кг: на твердом полу: $Fr=0.3-0.6$ Н, на ковре: $Fr=3-9$ Н. Таким образом, сопротивление возрастает в 5–10 раз.

Мощность, необходимая для движения, определяется как:

$$P = F \cdot v$$

При скорости движения $v=0.3$ м/с: на полу: $P=0.1-0.2$ Вт, на ковре:

$$P=1-3 \text{ Вт.}$$

Рост мощности напрямую увеличивает ток разряда аккумулятора.

Повышенное сопротивление приводит к увеличению крутящего момента на колесах. При недостаточном сцеплении возникает пробуксовка — частичное скольжение колес относительно поверхности. На ковре пробуксовка возникает из-за: упругой деформации ворса, неравномерного контакта колеса с поверхностью, локальных участков повышенной плотности. В режиме пробуксовки часть энергии расходуется без совершения полезной работы, переходя в тепло. Экспериментально установлено, что при пробуксовке до 20 % энергии движения может теряться [2]. Это приводит к увеличению тока двигателей колес с типичных значений $0.2-0.3$ А до $0.5-0.8$ А.

Полученные в работе расчётные значения отражают типичный режим функционирования робот-пылесоса,

однако фактическое время автономной работы зависит от ряда дополнительных параметров, связанных как с характеристиками покрытия, так и с техническим состоянием устройства. Дополнительные факторы влияния оказывают: высота ворса; поверхностная плотность материала; жёсткость волокон; наличие подложки; степень загрязнения покрытия.

Для ковров с ворсом более 15 мм сопротивление вращению главной щётки и сопротивление качению возрастают наиболее существенно. На коврах с коротким ворсом (до 5 мм) увеличение энергопотребления обычно не превышает 20–40 %, тогда как на покрытиях с высоким плотным ворсом оно может достигать 150–200 %.

С уменьшением остаточной ёмкости аккумулятора сокращается доступный энергетический запас:

$$E = U / C$$

Номинальное напряжение — эффективная ёмкость батареи.

После 300–500 циклов заряд-разряд фактическая ёмкость литий-ионных аккумуляторов бытовых устройств может снизиться на 15–30 %. В результате даже при неизменной потребляемой мощности продолжительность работы заметно уменьшается.

Накопление пыли в фильтрах увеличивает аэродинамическое сопротивление, а наматывание волос на главную щётку повышает момент сопротивления вращению. По данным эксплуатационных испытаний, загрязнение

фильтра может увеличивать мощность вентилятора на 10–25 %, а засорение щётки — повышать потребляемый ток её двигателя на 20–40 %. При понижении температуры возрастает внутреннее сопротивление литий-ионных аккумуляторов, что снижает доступную ёмкость и увеличивает потери энергии. При температуре ниже 10 °С эффективная ёмкость батареи может уменьшаться на 5–15 %.

Следует различать: главную вращающую щётку (центральную), боковые щётки. Основной вклад в энергопотребление вносит именно главная щётка. На твердых поверхностях момент сопротивления вращению составляет около 5–10 мН·м, тогда как на ковре может достигать 20–50 мН·м [3]. Это приводит к увеличению мощности двигателя щетки: с 3–5 Вт (пол), до 8–15 Вт (ковёр) Боковые щётки вносят меньший вклад (до 1–2 Вт) и существенно не влияют на общий баланс энергии. Мощность всасывания является основным потребителем энергии. На твердых поверхностях типичная мощность составляет 10–20 Вт, тогда как при работе на ковре многие модели автоматически увеличивают её до 30–50 Вт. Это связано с необходимостью извлечения загрязнений из глубины ворса. Ток вентилятора при этом возрастает: с 0.5–0.7 А, до 1.2–1.8 А. Таким образом, именно система всасывания дает основной вклад в ускоренный разряд аккумулятора.

Рассмотрим типичный аккумулятор: ёмкость: 3000 мА·ч, напряжение: 14.4 В, Энергия аккумулятора: $E=43$ Вт·ч.

Таблица 1. Суммарная мощность

Режим	Движение, Вт	Щетка, Вт	Всасывание, Вт
Пол	0,2	4	15
Ковер	2	12	40

Время работы: $t=E/P$; на полу: $t=2.1$ ч, на ковре: $t=0.8$ ч. Снижение времени работы составляет примерно 2.5 раза, что согласуется с наблюдаемыми эксплуатационными данными.

Анализ показывает, что: вклад движения в общее энергопотребление относительно невелик, но возрастает кратно; основная доля энергии расходуется системой всасывания; дополнительный вклад вносит главная щётка; пробуксовка увеличивает потери энергии, но не является доминирующим фактором. Ускоренный разряд является результатом суммарного действия нескольких факторов, среди которых ключевыми являются аэродинамическая нагрузка и сопротивление вращению щётки.

В заключении работы установлено:

— Сопротивление качению на ковре увеличивается в 5–10 раз.

— Мощность, потребляемая системой всасывания, возрастает до 2–3 раз.

— Общая потребляемая мощность увеличивается с ~20 Вт до ~50 Вт.

— Время автономной работы сокращается в среднем в 2–3 раза.

Практическое значение результатов заключается в возможности: прогнозирования времени работы устройства; оптимизации алгоритмов управления мощностью; разработки энергоэффективных конструкций щеток и приводов. Перспективы дальнейших исследований связаны с: экспериментальным измерением параметров на различных типах ковров; разработкой адаптивных систем управления мощностью; оптимизацией конструкции колес для снижения сопротивления качению.

Литература:

1. Шепелев, А. О. Расчет емкости аккумуляторных батарей / А. О. Шепелев, Е. Ю. Артамонова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 17 (121). — С. 99–101.

2. Алероев, М. И. Энергопотребление в состоянии screen-off / М. И. Алероев. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2022. — № 17 (412).
3. Кнышенко, А. А. Методы сокращения энергопотребления в беспроводных сетях / А. А. Кнышенко. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2021. — № 16 (363).
4. Федотов, А. Б. Инженерный расчет инерционного тележечного конвейера / А. Б. Федотов. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 21.2 (101.2). — С. 71–74
5. Джабборов, Н. И. Методика определения энерготехнологических параметров почвообрабатывающих агрегатов с учетом террадинамического сопротивления рабочих органов / Н. И. Джабборов, А. М. Захаров. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 15 (119). — С. 241–251.
6. Корх, Е. С. Аэродинамический дизайн. Улучшение формы поездов для снижения сопротивления воздуха / Е. С. Корх, А. Г. Воркачев. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2025. — № 23 (574). — С. 91–96.
7. Климова, Д. А. Как использовать литийионный аккумулятор долго и безопасно / Д. А. Климова, М. И. Лозенко. — Текст: непосредственный // Юный ученый. — 2021. — № 3 (44). — С. 48–55.

ХИМИЯ

Исследование физико-химических свойств нового вида полиэтиленового воска

Устимова Евгения Александровна, студент магистратуры

Научный руководитель: Опарина Фатима Рауфовна, кандидат технических наук, доцент;

Научный руководитель: Евдокимова Наталья Георгиевна, доктор технических наук, профессор

Уфимский государственный нефтяной технический университет, филиал в г. Салавате (Республика Башкортостан)

В статье автор исследует физико-химические свойства нового вида полиэтиленового воска, полученного термическим разложением гранул полиэтилена суспензионного высокой плотности. Были определены температура каплепадения, испаряемость, коррозионное воздействие на металлы, массовая доля механических примесей, нерастворимых в соляной кислоте, массовая доля воды. Также был проведён термогравиметрический анализ и дифференциально-сканирующая калориметрия. Была исследована возможность использования полученного продукта в качестве пластичной смазки.

Ключевые слова: полиэтиленовый воск, термодеструкция, физико-химические свойства.

В настоящее время полиэтиленовые воски нашли широкое применение и востребованы на рынке, но все же ещё находятся в стадии дальнейшего развития в отношении технологии производства и применения в различных сферах. Полиэтиленовые воски могут быть произведены несколькими способами, в результате чего получают продукты со специфическими химическими и физическими свойствами, с различиями в отношении доли рынка, конкретных областей применения и в вопросах потенциала для дальнейшего развития.

Уникальные физико-химические характеристики низкомолекулярного полиэтилена-воска, включая относительно невысокую молекулярную массу и термопластичность, открывают широкие возможности для его использования. Кроме того, способность полиэтилена-воска снижать трение и повышать износостойкость делает его ценным компонентом в производстве смазочных материалов и защитных покрытий.

В ходе исследования патентной литературы нами было обнаружено, что большинство патентной документации содержит способы получения полиэтиленовых восков из полиэтилена высокого давления, поскольку он имеет более низкую цену по сравнению с полиэтиленом высокой плотности. Поэтому получение низкомолекулярного полиэтилена из ПСВП представляет большую исследовательскую ценность, поскольку мы можем получить продукт с совершенно новыми свойствами, и, соответственно, совершенно новой областью применения.

Целью нашей работы является получение нового вида полиэтиленового воска из гранул полиэтилена суспензионного высокой плотности.

Для исследования возможности получения воска нами была собрана следующая лабораторная установка. Фото установки представлено на рисунке 1.

Для уменьшения молекулярной массы полиэтилена был выбран метод термодеструкции, практическим методом для этого процесса была выбрана температура 500–510°C. Температура самовоспламенения полиэтилена около 400°C, поэтому необходимо ограничить доступ кислорода в зону процесса. Для этого весь процесс необходимо производить в токе азота. Также ток азота выполняет транспортирующую функцию, он выносит получаемый из расплавленного полиэтилена воск из зоны нагревания. Для исключения попадания кислорода в камеру нагревания азот предварительно проходит через концентрированную серную кислоту и пирогаллол.

Процесс выбрано проводить в трубчатой печи. Исходный продукт помещается в фарфоровые лодочки и продвигается в зону нагрева. На выходе из трубки было установлено улавливающее устройство, поскольку получаемый полиэтиленовый воск выходит из печи в виде аэрозоля, поэтому улавливающее устройство нуждается в охлаждении.

Также практическим путём определено, что для улавливания получившегося воска крайне важна скорость потока азота. При скорости потока около 30 см³/мм частицы получившегося низкомолекулярного полиэтилена получают слишком маленькими, и почти полностью уходят в виде аэрозоля, но при скорости потока 45–50 см³/мм они получают достаточное ускорение, чтобы, ударяясь о стенки улавливающего устройства, оседать.



Рис. 1. Фото лабораторной установки

Получившийся продукт имеет мягкую, кремообразную структуру, белый цвет, впоследствии окисляющийся на воздухе до желтоватого, резкий запах. При соприкосновении с органическими материалами, такими как кожа, хорошо впитывается в пористые поверхности.

Температуру каплепадения полученного воска определяли по ГОСТ 6793–74 [1] с помощью аппарата АКП-02У. Показатель определялся с помощью трёх параллельных определений, результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты определения температуры каплепадения

№ опыта	Температура каплепадения, °C	Результат определения
1	79	79
2	79	
3	78	

Поскольку данная температура слишком низкая для пластичных смазок (по ГОСТ ISO 12924-2013 температура каплепадения для пластичных смазок $\geq 90^{\circ}\text{C}$), было решено повысить её с помощью окисления. Также окисленный воск является более химически стабильным продуктом.

Полученный продукт поместили в стеклянный стакан, расплавили на электрической плитке при минимальной температуре. Далее расплав с помощью стеклянной трубки барботировали воздухом. Далее определили температуру каплепадения тем же способом для окисленного продукта. Полиэтиленовый воск расплавили в стеклянном стакане на электрической плитке, в расплавленном состоянии его залили в маслénки так, чтобы не возникло пузырей. После остывания излишки продукта срезали ножом. Поставили маслénки в пробирки, поместили в аппарат.

По методике, предложенной ГОСТ, для точного определения необходимо, чтобы температура, начиная с температуры на 20°C ниже ожидаемой температуры каплепадения, повышалась со скоростью 1°C в минуту. Так как температура каплепадения исследуемого продукта не была известна, нами была запрограммирована минимальная температура, равная 40°C . Результаты испытания представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты определения температуры каплепадения окисленного воска

№ опыта	Температура каплепадения, °C	Результат определения, °C
1	92	91
2	92	
3	90	

Таким образом, температура каплепадения исследуемого продукта равна 91°C.

Для полученного нового вида полиэтиленового воска были определены температура каплепадения, испаряемость, коррозионное воздействие на металлы, массовая доля механических примесей, не растворимых в соляной кислоте, массовая доля воды. Также был проведён термогравиметрический анализ и дифференциально-сканирующая калориметрия.

Испаряемость полученного воска было решено определять согласно ГОСТ 9566–74 [2], однако, поскольку в нашем распоряжении не было оборудования для обеспечения точных условий испытания, мы постарались создать условия, наиболее приближенные к ним.

1) Был необходим нагревательный элемент, обеспечивающий равномерный нагрев дна чашечки с продуктом. В качестве такого нагревательного элемента был использован сушильный шкаф, нагрев которого производится через полки. Контроль температуры в данном сушильном шкафу также производится на используемых полках.

2) Поскольку не были в распоряжении специальные металлические чашки, нами были взяты чашки Петри схожего с требуемым размером. Чашки обработали бензином и довели в сушильном шкафу до постоянной массы.

Температура испытания должна быть указана в нормативной документации на продукт, и поскольку её нет, нами была выбрана температура 60°C, поскольку для испытания было необходимо, чтобы продукт не закипал, чтобы не было потерь вследствие разбрызгивания при температуре, превышающей температуру каплепадения. Продукт вмазывали в предварительно очищенные и доведённые до постоянной массы чашки Петри ровным слоем, не допуская пузырей, определяли массу чашки и навески до испытания. Далее выдерживали чашки с продуктом в сушильном шкафу без вакуума при температуре 60°C в течение 1 часа, охлаждали чашки в эксикаторе с осушителем до комнатной температуры и взвешивали чашки с пробами после испытания с точностью до 0,0002. Итоги определения представлены в таблице 3.

По результатам исследования было определено, что испаряемость полученного продукта составила 1,86 % массовых.

Таблица 3. Результаты определения испаряемости

№ испытания	Масса чашки, г	Масса навески, г	Масса чашки с навеской до нагревания, г	Масса чашки с навеской после нагревания, г	Результат испытания, %
1	106,2015	20,0812	126,2827	125,9112	1,85
2	108,1204	22,1395	130,2599	129,8459	1,87
3	105,7925	20,0063	125,7988	125,4267	1,86
4	106,5261	21,4231	127,9492	127,5529	1,85
Средняя					1,86

Определение коррозионного воздействия на металлы ускоренным методом производилось по ГОСТ 9.080–77 [3]. Сущность метода заключается в выдерживании металлических пластинок в пластичной смазке при определенной температуре, зависящей от температуры каплепадения смазки, и фиксации изменения внешнего вида пластинки.

По результатам испытания на пластинках нет заметных невооруженным глазом пятен или точек, зелени, темно-серых, коричневых или черных пятен, налетов или пленки.

Содержание механических примесей, нерастворимых в соляной кислоте определяли по ГОСТ 6479–79 [4]. Результаты определения приведены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты определения массовой доли механических примесей

№ опыта	Масса навески m, г	Масса фильтра m ² , г	Масса фильтра с осадком m ¹ , г	Массовая доля мех. Примесей X, %
1	15,0019	0,5214	0,5243	0,019
2	15,0035	0,5405	0,5432	0,018
Средняя				0,019

Таким образом, массовая доля механических примесей, нерастворимых в соляной кислоте, составила 0,019 %.

Определение массовой доли воды проводили по ГОСТ 2477–2014 [5]. Результаты определения содержания воды представлены в таблице 5.

Таблица 5. Результаты определения массовой доли воды

№ опыта	Масса образца <i>m</i> , г	Объем воды в приёмнике-ловушке <i>V₀</i> , мл	Результат, %
1	50,0032	1,0	2,00
2	50,0059	1,0	2,00
Средняя			2,0

Таким образом, массовая доля воды в воске составила 2,0 %.

Термогравиметрический анализ проводили на приборе TGA Q500 (TA Instruments). Образец нагревался в инертной атмосфере (в азоте) от комнатной температуры до 600,0 °C со скоростью 10 °C в минуту, затем в окислительной (воздушной) — до постоянного веса с той же скоростью. Кривая ТГА представлена на рисунке 2.

Sample: Низкомолекулярный ПЭ

TGA File: C:\... \ЛПИИ\Низкомолекулярный ПЭ 30 03 26.001

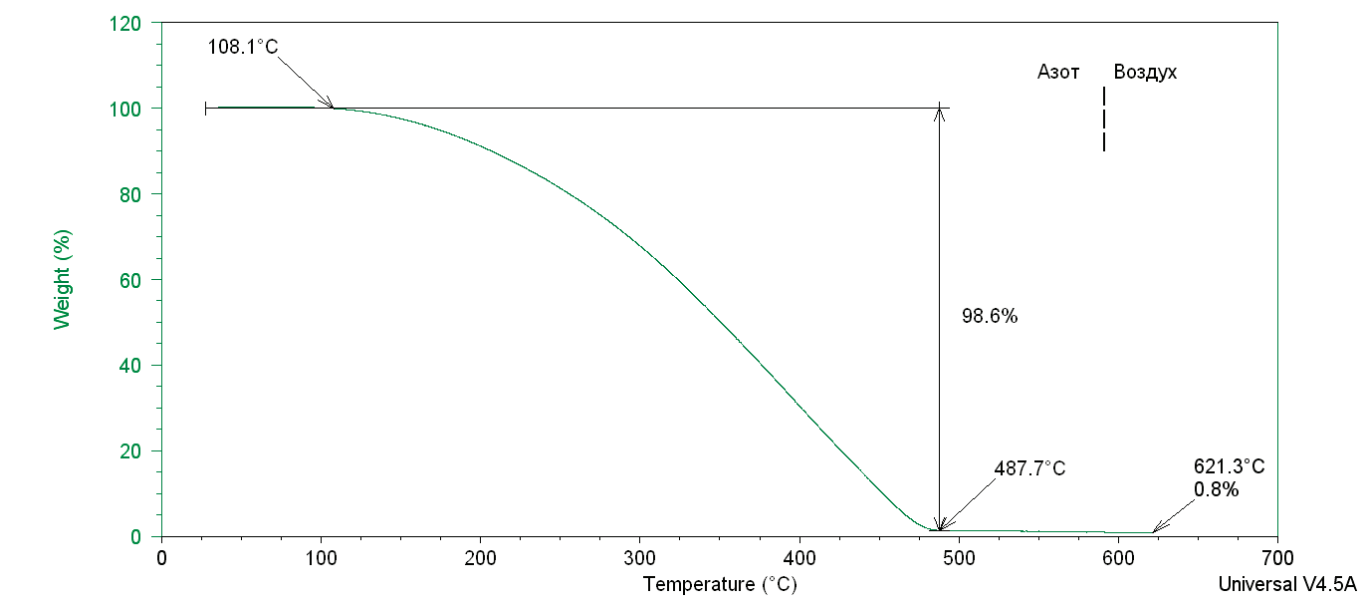


Рис. 2. Кривая ТГА

Как видно из рисунка, при нагревании образца в инертной атмосфере изменение массы происходило монотонно в одну ступень от 108,1 до 487,7 °C. Потеря массы составила 98,6 % мас. В окислительной среде изменений не наблюдалось. Остаток в результате анализа при 621,3 °C составил 0,8 % мас.

Дифференциально-сканирующую калориметрию (ДСК) проводили на приборе DSC 823e фирмы Mettler Toledo. На рисунке 3 представлена обзорная кривая ДСК.

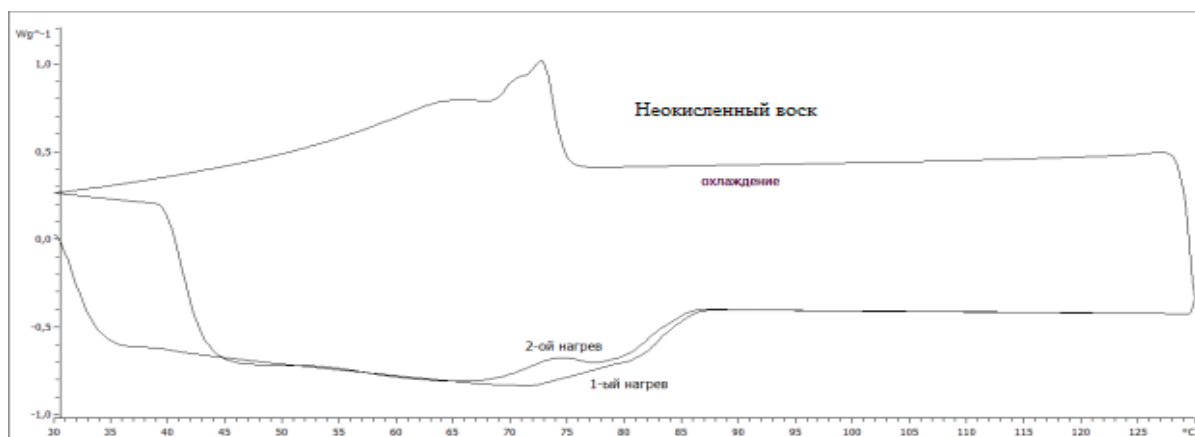


Рис. 3. Обзорная кривая ДСК

Воск анализировали по методике: нагрев — охлаждение — нагрев, для того чтобы снять напряжения в образце и убрать невоспроизводимые (например, испарение летучих (влаги, растворитель)) эффекты. Таким образом, во время второго цикла нагрева происходит истинное плавление образца.

На рисунке 4 представлена кривая ДСК неокисленного полиэтилена-воска.

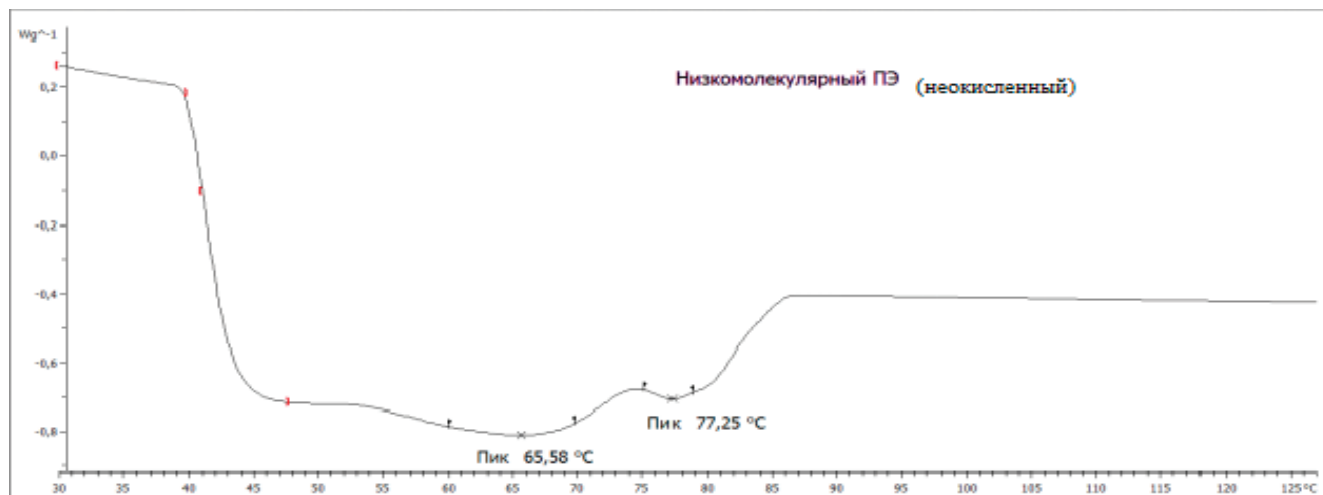


Рис. 4. Кривая ДСК неокисленного воска

Кристаллическая составляющая образца, которая характеризуется ярко-выраженным эндоэффектом, отсутствует. Наблюдается монотонное плавление низкомолекулярной части в интервале температур 55–85°C. Монотонность плавления может свидетельствовать о широком молекулярно-массовом распределении, что подтверждается характером изменения кривой ТГА.

На рисунке 5 представлена кривая ДСК окисленного низкомолекулярного полиэтилена-воска.

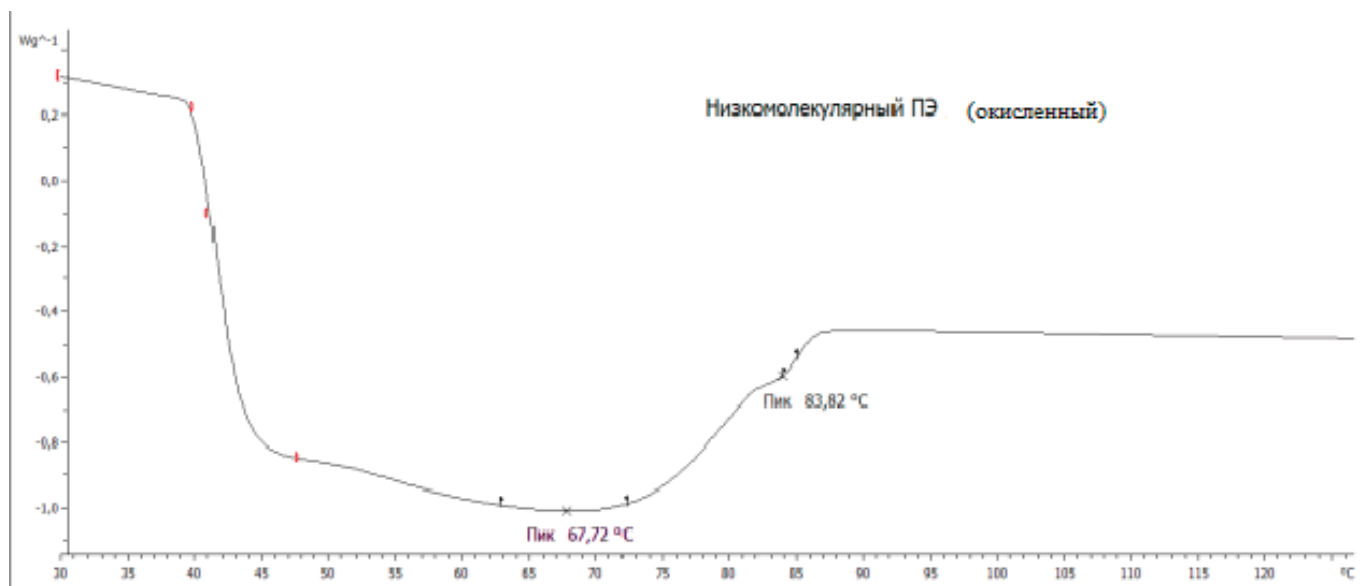


Рис. 5. Кривая ДСК окисленного воска

Кристаллическая составляющая образца также отсутствует. Наблюдается монотонное плавление низкомолекулярной части в интервале температур 50–90°C. Монотонность плавления может свидетельствовать о широком молекулярно-массовом распределении.

На рисунке 6 представлено наложение кривых ДСК неокисленного и окисленного воска.

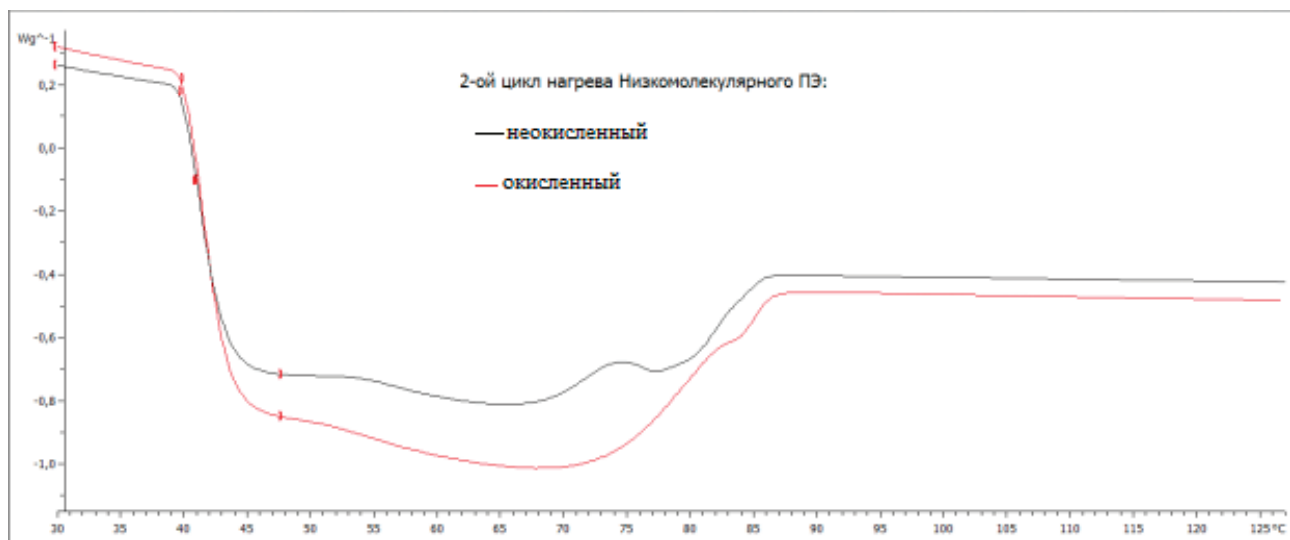


Рис. 6. Наложение кривых ДСК

Для того, чтобы определить, подходит ли полученный воск для использования в качестве пластичной смазки, было решено сравнить его физико-химические показатели с показателями используемой в настоящий момент пластичной смазки. Для сравнения был выбран ГОСТ 1033–79 «Смазка Солидол жировой» [6].

Сравнение показателей представлено в таблице 6.

По всем показателям, указанным в данной нормативной документации, полученный продукт полностью соответствует всем требованиям, представленным к данной пластичной смазке.

Сравнивая кривую ТГА полученного воска с кривыми восков, представленных на рынке, можем сделать вывод, что полученный воск содержит в большем количестве низкомолекулярную фракцию.

По кривой ДСК можно сделать вывод, что полученный воск обладает низкой степенью кристалличности, что свидетельствует о небольшой термической устойчивости.

Таблица 6. Сравнение физико-химических показателей ГОСТ 1033–79 и полученного полиэтиленового воска

Показатель	Норма по ГОСТ 1033–79	Результат испытаний полученного продукта
Внешний вид	Однородная мазь без комков, от светло-желтого до темно-коричневого цвета	Однородная мазь светло-коричневого цвета без комков
Температура каплепадения, °C	Не ниже 78	91
Массовая доля механических примесей, не растворимых в соляной кислоте, %	Отсутствие	Отсутствие
Массовая доля воды, %	Не более 2,5	2,0

Исходя из кривых ТГА и ДСК, можно сделать вывод, что полученный воск обладает широким молекулярно-массовым распределением, а также большую долю низкомолекулярных фракций и более низкую кристалличность, чем у восков, представленных на рынке.

Было выяснено, что по определяемым нами показателям полученный вид воска может представлять собой альтернативу используемым пластичным смазкам, и даже иметь некоторое преимущество. Поскольку получаемый нами продукт представляет собой по большей части одно вещество, а не смесь, воск будет обладать высокой коллоидной стабильностью, что ценится в консистентных смазках.

Литература:

1. ГОСТ 6793–74 Нефтепродукты. Метод определения температуры каплепадения. — Текст: электронный // internet-law.ru: [сайт]. — URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/3294/> (дата обращения: 20.05.2026).

2. ГОСТ 9566–74 Смазки пластичные. Метод определения испаряемости. — Текст: электронный // internet-law.ru: [сайт]. — URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/2591/> (дата обращения: 20.05.2026).
3. ГОСТ 9.080–77 Единая система защиты от коррозии и старения. Смазки пластичные. Ускоренный метод определения коррозионного воздействия на металлы. — Текст: электронный // internet-law.ru: [сайт]. — URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/4029/> (дата обращения: 20.05.2026).
4. ГОСТ 6479–73 Смазки пластичные. Метод определения содержания механических примесей разложением соляной кислотой. — Текст: электронный // internet-law.ru: [сайт]. — URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/2838/> (дата обращения: 20.05.2026).
5. ГОСТ 2477–2014 Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды. — Текст: электронный // internet-law.ru: [сайт]. — URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/60022/> (дата обращения: 20.05.2026).
6. ГОСТ 1033–79 Смазка солидол жировой. Технические условия. — Текст: электронный // internet-law.ru: [сайт]. — URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/24139/> (дата обращения: 20.05.2026).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Разработка системы Smart Coworking CRM на основе технологий искусственного интеллекта и Интернета вещей для управления коворкинг-пространствами

Арнат Айтжан Ержанулы, студент;
Куатбай Мырзабек Нурланулы, студент

Научный руководитель: Нугманова Салима Авакановна, доктор технических наук, доцент
Казахский национальный университет имени аль-Фараби (г. Алматы)

В статье рассматриваются вопросы разработки системы Smart Coworking CRM, объединяющей технологии искусственного интеллекта (AI) и Интернета вещей (IoT) для автоматизации управления коворкинг-пространствами. Описаны архитектура системы, основные функциональные модули и результаты её практической реализации.

Ключевые слова: коворкинг, CRM-система, искусственный интеллект, IoT, автоматизация, Raspberry Pi, ESP32, PaddleOCR, управление пространством.

Современный рынок труда характеризуется быстрым развитием гибких форматов работы, что обусловило стремительный рост коворкинг-пространств. Несмотря на популярность данного формата, эффективное управление подобными центрами сопряжено с рядом сложностей: учёт клиентов, контроль подписок, оптимальное распределение рабочих мест, обеспечение безопасности и управление инженерными системами здания. Традиционные подходы к управлению зачастую опираются на ручной труд и не позволяют в полной мере использовать возможности цифровых технологий [3].

Решением данной проблемы может стать комплексная информационная система, объединяющая возможности CRM-платформ, IoT-устройств и алгоритмов искусственного интеллекта. В рамках настоящего исследования была

разработана система Smart Coworking CRM, ориентированная на автоматизацию ключевых бизнес-процессов коворкинг-центра.

Архитектура системы построена по многоуровневому принципу и включает четыре основных компонента: пользовательский интерфейс (frontend), серверную часть (backend), базу данных и уровень IoT-устройств. Такое разделение обеспечивает гибкость, масштабируемость и устойчивость работы системы [2]. Общее состояние системы может быть формально описано функциональной зависимостью $S = f(U, B, D, I)$, где U — действия пользователя, B — серверная логика, D — данные, хранящиеся в базе, I — данные, поступающие от IoT-устройств.

Функциональные возможности CRM-модуля системы и их применение в коворкинге сведены в таблице 1.

Таблица 1. Функции CRM-системы и их применение в коворкинге

№	Функция	Описание	Применение в коворкинге
1	Управление клиентами	Хранение и обработка данных о клиентах	Ведение клиентской базы
2	История взаимодействия	Регистрация всех действий с клиентом	Контроль качества обслуживания
3	Управление подписками	Контроль тарифов и сроков подписки	Управление абонементом
4	Контроль платежей	Учёт финансовых операций	Учёт оплат услуг
5	Аналитика	Анализ данных и формирование отчётов	Анализ активности клиентов
6	Автоматизация	Автоматическое выполнение процессов	Отправка уведомлений и напоминаний

Интеграция IoT-устройств реализована с использованием микроконтроллеров Raspberry Pi и ESP32. Эти устройства собирают данные с различных датчиков (присутствие людей, температура, освещённость) и передают их на сервер в режиме реального времени по протоколу

MQTT [8; 9]. На основании полученных данных система автоматически принимает управляющие решения: регулирует освещение и температуру, открывает доступ авторизованным пользователям через систему распознавания лиц.

Модуль искусственного интеллекта построен на базе двух ключевых технологий: PaddleOCR — для распознавания и извлечения данных из документов [6], и Ollama — для локального запуска больших языковых моделей, обеспечивающих анализ текстовой информации [10]. Кроме того, для мониторинга присутствия людей в пространстве используется компьютерное зрение на основе YOLOv11 [7]. Это позволяет в режиме реального времени отслеживать загруженность рабочих зон и формировать рекомендации по оптимальному распределению ресурсов.

Практическая реализация системы продемонстрировала ряд преимуществ. Во-первых, автоматизация рутинных процессов позволила значительно снизить нагрузку на администраторов коворкинг-центра. Во-вторых, использование AI-алгоритмов открыло возможности для

прогнозирования спроса и персонализации услуг [5]. В-третьих, интеграция IoT-устройств обеспечила централизованное управление инженерными системами здания, что положительно сказалось на безопасности и энергоэффективности [4].

Разработанная система Smart Coworking CRM представляет собой комплексное решение, объединяющее технологии CRM, IoT и искусственного интеллекта. Её внедрение позволяет автоматизировать ключевые процессы управления коворкинг-пространствами, повысить качество обслуживания клиентов и оптимизировать использование ресурсов. Модульная архитектура системы обеспечивает её гибкость и возможность дальнейшего расширения, что делает её перспективным инструментом цифровой трансформации сервисного сектора.

Литература:

1. Sommerville I. Software Engineering. — 10th ed. — Boston: Pearson, 2016.
2. Fowler M. Patterns of Enterprise Application Architecture. — Boston: Addison-Wesley, 2002.
3. Greenberg P. CRM at the Speed of Light: Social CRM Strategies, Tools, and Techniques. — 4th ed. — New York: McGraw-Hill, 2010.
4. Buyya R., Dastjerdi A. V. Internet of Things: Principles and Paradigms. — Amsterdam: Elsevier, 2016.
5. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. — 4th ed. — Hoboken: Pearson, 2020.
6. Cui C., Sun T., Lin M. и др. PaddleOCR 3.0 Technical Report [Электронный ресурс]. — 2025. — URL: <https://arxiv.org/pdf/2507.05595> (дата обращения: 14.05.2026).
7. Khanam R., Hussain M. YOLOv11: An Overview of the Key Architectural Enhancements [Электронный ресурс]. — 2024. — URL: <https://arxiv.org/pdf/2410.17725> (дата обращения: 14.05.2026).
8. Espressif Systems. ESP32 Technical Reference Manual. — Шанхай: Espressif Systems, 2020.
9. MQTT Version 5.0. OASIS Standard [Электронный ресурс]. — URL: <https://mqtt.org> (дата обращения: 14.05.2026).
10. Ollama Documentation [Электронный ресурс]. — URL: <https://ollama.com> (дата обращения: 14.05.2026).

Интеграция нейросетевых сервисов обработки изображений в социальную web-платформу

Горбунов Иван Дмитриевич, студент

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

В статье рассматривается подход к интеграции нейросетевых сервисов обработки изображений в web-платформу. Описываются проблемы подготовки визуального контента в современных социальных сетях и ограничения встроенных инструментов редактирования изображений. Рассмотрена архитектура клиент-серверного приложения, реализованного с помощью React, ASP.NET Core и PostgreSQL. Особое внимание уделено интеграции внешнего нейросетевого API для автоматической обработки пользовательских фотографий внутри платформы. Описан процесс взаимодействия клиентской части, серверной логики и сервиса искусственного интеллекта. Использование нейросетевых технологий позволяет упростить создание визуального контента и повысить удобство взаимодействия пользователя с системой.

Введение

Роль социальных сетей для пользователей интернета крайне высока. Здесь они могут проявлять себя и самовыражаться, что очень важно для людей в современном мире. Если они начинали свой путь от простых текстовых web-приложений, то сегодня, когда роль восприятия визу-

ального контента в обществе возросла, а технологии ушли далеко вперёд, они представляют из себя сложный набор функций по публикации контента, где текстовая составляющая больше играет роль дополнения к основному содержанию.

Несмотря на это, подход современных платформ к публикации визуального контента становится сложным для

пользователя ввиду возросших критерий у последних к качеству содержимого. Люди хотят показывать сложные и красивые фотографии, которые зачастую требуют долгой и качественной обработки, которые не могут себе позволить встроенные редакторы. Однако многие прибегают к использованию нейронных сетей для этой цели, ведь их модели стали очень умными и умеют справляться с подобными задачами.

Целью данной статьи является рассмотрение подхода интеграции нейросетевых сервисов обработки изображений в социальную web-платформу для удобства пользователей.

Проблема обработки изображений в социальных сетях

В последние годы визуальный контент стал ключевым элементом большинства социальных платформ. Качество публикуемых изображений напрямую влияет на вовлечённость аудитории, количество взаимодействий с публикацией и общее восприятие пользовательского профиля.

Несмотря на развитие современных социальных сетей, встроенные инструменты обработки изображений обладают ограниченным набором функций, который, как правило, сводится к применению фильтров и базовой настройке параметров изображения, таких как яркость и контрастность. Вследствие этого пользователи нередко прибегают к использованию стороннего программного обеспечения для редактирования фотографий. Однако подобные решения зачастую требуют определённых навыков работы с графическими редакторами и значительных временных затрат.

Одновременно с этим значительно возросла популярность нейросетевых технологий обработки изображений. Современные модели искусственного интеллекта способны автоматически улучшать фотографии, выполнять их стилизацию и изменять визуальные характеристики в соответствии с текстовым запросом пользователя. Подобный подход существенно упрощает процесс подготовки контента и делает обработку изображений более доступной для широкой аудитории.

Тем не менее большинство популярных социальных платформ не представляют встроенных инструментов нейросетевой обработки изображений. В результате пользователям по-прежнему приходится использовать сторонние сервисы и приложения, а затем отдельно загружать готовый контент в социальную сеть.

Архитектура web-платформы

Для реализации социальной web-платформы была выбрана клиент-серверная архитектура, позволяющая разделить пользовательский интерфейс, серверную логику и систему хранения данных. Такой подход обеспечивает гибкость разработки, масштабируемость системы и удобство дальнейшего расширения функциональности.

Клиентская часть приложения реализована с использованием библиотеки React. React это декларативный, эффективный и крайне гибкий фреймворк, созданный компанией Facebook для построения пользовательских интерфейсов. Исходя из концепции модели-представления контроллера (MVC) — React является только лишь представлением, то

есть он отвечает только за вывод данных, получение информации от сервера и обработку введенной информации от пользователя и последующую передачу на сервер. Важным аспектом является то, что, используя React разработчик может свободно выбирать вид хранения данных, способы передачи данных с хранилищем данных. [1] Использование React позволяет создавать динамический интерфейс с обновлением контента без полной перезагрузки страницы.

Серверная часть разработана на платформе ASP.NET Core. ASP.NET Core — это платформа от компании Microsoft используемая для разработки веб-приложений. Данная платформа появилась в результате развития и усовершенствования всей платформы ASP.NET. ASP.NET Core реализована на основе среды .NET Core, которая является общей в разработке программного обеспечения. [2] Сервер обеспечивает обработку запросов пользователей, управление авторизацией, работу с публикациями, комментариями и сообщениями, а также взаимодействие с внешними сервисами обработки изображений. Взаимодействие между клиентской и серверной частью осуществляется с помощью REST API с передачей данных в формате JSON.

Для хранения пользовательских данных была выбрана система управления базами данных PostgreSQL. PostgreSQL — это реляционная система управления базой данных (СУБД), имеющая широкие возможности и высокую производительность [3]. В базе хранится информация о пользователях, публикациях, комментариях, сообщениях и других элементах системы. Для взаимодействия приложения с базой данных использовалась технология Entity Framework Core.

Отдельным компонентом архитектуры является модуль взаимодействия с нейросетевыми API. Серверная часть принимает пользовательское изображение, формирует запрос к внешнему сервису обработки и возвращает результат клиентскому приложению.

Выбранная архитектура обеспечивает разделение ответственности между компонентами системы и позволяет интегрировать дополнительные сервисы обработки контента без существенного изменения структуры приложения.

Интеграция нейросетевой обработки изображений

Одной из ключевых особенностей разработанной платформы является интеграция нейросетевого сервиса обработки изображений. Использование современных моделей искусственного интеллекта позволяет автоматизировать улучшение фотографий и упростить процесс подготовки визуального контента к публикации.

В качестве инструмента обработки изображений был выбран сервис Gemini, предоставляющий возможность работы с пользовательскими изображениями посредством API. Выбор данного решения обусловлен высокой скоростью обработки, поддержкой генеративных функций и возможностью интеграции во внешние web-приложения.

Процесс обработки начинается с загрузки пользователем изображения через интерфейс платформы. После

выбора фотографии клиентская часть приложения отправляет файл на сервер посредством HTTP-запроса. Серверная часть принимает изображение, выполняет предварительную обработку данных и формирует запрос к внешнему нейросетевому API. Вместе с изображением передаются параметры обработки и текстовое описание желаемого результата. Нейросетевой сервис анализирует полученное изображение и выполняет его обработку в соответствии с заданными параметрами. В зависимости от выбранного режима могут применяться улучшение качества изображения, стилизация, изменение цветовой палитры или другие визуальные преобразования. После завершения обработки готовое изображение возвращается серверной части приложения и передаётся пользователю для дальнейшей публикации в социальной платформе.

Для повышения удобства взаимодействия с системой пользователю предоставляется возможность выбора нескольких предустановленных вариантов обработки изображений. Помимо готовых режимов система поддерживает ввод пользовательского текстового запроса, позволяющего более гибко настраивать итоговый результат обработки.

Интеграция нейросетевой обработки непосредственно в процесс публикации контента позволяет сократить необходимость использования стороннего программного обеспечения и значительно упрощает создание визуально привлекательных публикаций.

Литература:

1. Попков И. В., Курзаева Л. В. Использование React для разработки веб-приложений //Аллея науки. — 2018. — Т. 1. — №. 7. — С. 924–927.
2. Ерхов Р. В. Преимущества разработки веб-приложения на платформе asp. net core //Новые информационные технологии в научных исследованиях. — 2017. — С. 128–130.
3. Моргунов Е. П., Рогова Е. В., Лузанова П. В. PostgreSQL. Основы языка SQL //учеб. пособие/ЕП Моргунов. — 2018.

Менеджер паролей с модулем интерактивного обучения пользователя

Лаврушин Вячеслав Вячеславович, студент

Научный руководитель: Савва Татьяна Юрьевна, кандидат технических наук, доцент

Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева

В статье приведено описание интерактивного менеджера паролей, важной особенностью которого является наличие в его структуре тренажера, позволяющего не только управлять учетными записями пользователя, но и формировать у него навыки обеспечения киберзащиты.

Ключевые слова: аутентификация, менеджер паролей, интерактивный тренажер, утечка учетных данных, криптозащита, AES.

Введение

В условиях повсеместной цифровизации и роста количества онлайн-сервисов проблема обеспечения безопасности персональных данных становится критически

Заключение

В рамках данной статьи был рассмотрен подход к интеграции нейросетевых сервисов обработки изображений в социальную web-платформу. Были проанализированы основные проблемы публикации визуального контента в современных социальных сетях, а также рассмотрены ограничения встроенных инструментов редактирования изображений.

В ходе работы была описана архитектура клиент-серверной платформы, реализованной с использованием React, ASP.NET Core и PostgreSQL. Особое внимание было уделено интеграции внешнего нейросетевого API для автоматической обработки пользовательских изображений непосредственно внутри web-приложения.

Использование нейросетевых технологий позволяет значительно упростить процесс подготовки визуального контента, повысить удобство взаимодействия пользователей с платформой и сократить необходимость применения стороннего программного обеспечения для редактирования изображений.

Дальнейшее развитие системы может быть связано с внедрением дополнительных интеллектуальных функций, включая автоматическую генерацию описаний к публикациям, персонализированные рекомендации обработки изображений и расширение возможностей взаимодействия с мультимедийным контентом.

важной. Киберпреступность постоянно эволюционирует, а пользователи зачастую не обладают достаточными знаниями и навыками для защиты своей цифровой идентичности. Это создает серьезные угрозы как на индивидуальном уровне, так и для общества в целом. Приведённый

в работе [1] анализ публичных исследований паролей из баз утечек 2023–2025 годов показал, что более 80 % паролей не только не соответствуют рекомендациям Национального института стандартов и технологий США (National Institute of Standards and Technology — NIST) [2] по длине, а свыше 90 % из них не удовлетворяют корпоративным стандартам сложности, а также требованиям приказа Федеральной службы по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК) от 11.04.2025 г. № 117 [3]. Более того, как показало исследование, проведенное компанией Comperitech [4], до сих пор пользователями наиболее часто используются пароли «123456», «admin» и «password», т. е. пользователи не меняют своего поведения из-за неудобства или непонимания рисков утечки конфиденциальных данных и даже утраты денег со своих счетов. Это обстоятельство диктует необходимость включения в менеджеры паролей обучающего компонента, не только модуля, оповещающего пользователя о том, что придуманный им пароль уязвим.

1. Обзор наиболее популярных российских менеджеров паролей

После объявления политики импортозамещения российский рынок менеджеров паролей стал активно развиваться и на нем сейчас можно найти продукты с различными функциональными возможностями, ориентированные как на индивидуальных пользователей, так и на бизнес, государственные структуры, а также на предприятия и организации с повышенными требованиями к обеспечению информационной безопасности, наиболее популярные из них входят в «Топ 5 лучших». Рассмотрим их ниже.

Первым и, пока, единственным менеджером паролей, получившим 30 апреля 2026 года сертификат ФСТЭК, стал менеджер «Пассворк», созданный ООО «Пассворк». При этом «Пассворк» получил 4-й уровень доверия, что как отмечено на сайте производителя [5], подтверждает его соответствие требованиям безопасности регулируемых отраслей и объектов критической инфраструктуры. Функциональные возможности этого менеджера включают: оповещение о старых, слабых и скомпрометированных паролях; обеспечение тонкой настройки прав доступа для папок; управление правами пользователей с помощью групп; сохранение всех действий и изменений, обеспечение совместной работы и др. Работает «Пассворк» под управлением операционных систем Linux, Windows, iOS и Android обеспечивая расширения для браузеров Chrome, Edge, Firefox и Safari.

Kaspersky Password Manager — решение широко известной компании «Лаборатория Касперского» [6] предназначено для хранения паролей и конфиденциальных данных с поддержкой популярных операционных систем и платформ как для частных лиц, так и для бизнеса и госсектора. Использует шифрование алгоритмом AES для создания ключей. Поддерживает автозаполнение и гене-

рацию паролей, биометрическую аутентификацию, двухфакторную аутентификацию.

BearPass — менеджер паролей для бизнеса, как отмечено на сайте его производителя [7] обеспечивает безопасное управление личными и корпоративными учетными данными. Использует алгоритм AES-256-GCM и ключи RSA 2048 для защиты данных. Поддерживает двухфакторную аутентификацию (2FA), интеграцию с технологией единого входа SSO (Single Sign-On) и открытым протоколом для доступа к централизованным каталогам LDAP (Lightweight Directory Access Protocol), аудит паролей и мониторинг даркнета. Производитель этого менеджера предлагает облачные решения и локальные установки.

Особо отметим занявшую первое место в номинации «Информационная безопасность» на конкурсе «ПРОФ-ИТ. Инновация-2025» облачную платформу TeamDo, которая, как указывает на своем сайте [8] ее производитель компания «Адекс», позволяет хранить корпоративные пароли в защищенном хранилище с поддержкой двухфакторной аутентификации и ролевого управления, а также включает функции отслеживания предоставленных доступов, инвентаризации цифровых и материальных активов, цифровые чек-листы. Для шифрования в TeamDo используется комбинированный алгоритм AES и RSA с 1024-битным ключом.

Еще один менеджер паролей, предназначенный для централизованного хранения и организации доступа к паролям для систем и сервисов — «ОдинКлюч» [9] может быть развернут как в инфраструктуре заказчика, так и в виде SaaS-решения. Для обеспечения защиты информации применяется алгоритм шифрования ГОСТ 34.12–2018. Инструмент предоставляет функционал для контроля над паролями, генерации сложных уникальных комбинаций и безопасного обмена конфиденциальной информацией, фиксирует действия пользователей в журнале аудита, что позволяет проводить расследование инцидентов. Этот менеджер включен в реестр отечественного программного обеспечения и в настоящее время проходит сертификацию ФСТЭК России.

Из приведенного обзора менеджеров паролей следует, что среди их богатых функциональных возможностей обучающая составляющая остается ограниченной.

2. Описание приложения «PassShield»

Приложение «PassShield» было разработано с целью исследования возможности включения обучающего компонента — тренажера пользователей, которое может быть использовано в качестве прототипа для будущих разработок. Оно представляет собой комплексное веб-приложение, сочетающее в себе безопасное локальное хранение паролей с использованием клиент-сайд шифрования (Client-Side Encryption, CSE) с использованием алгоритма AES-256 и интерактивный тренажер.

Выбор в пользу клиент-сайд шифрования обусловлен тем, что это единственная архитектура, которая гаран-

тирует математическую конфиденциальность. Шифрование на стороне клиента означает, что сервер не шифрует данные, которые он хранит для пользователя, а оставляет шифрование на стороне клиента, предоставляя ему полный контроль над процессом. Этим провайдер как поставщик услуг доказывает, что не может получить доступ к незашифрованным данным, поскольку изначально не имел доступа к ключам шифрования. Теоретически это означает, что пользователям не нужно доверять провайдеру в вопросах конфиденциальности их данных.

Поведение приложения «PassShield» в процессе взаимодействия с ним пользователя представлено на рисунке 1 в виде диаграммы состояний, которая визуализирует, как пользователь в зависимости от выбора им вида действия перемещается между основными функциональными модулями, и показывает, какие состояния система принимает в процессе работы. Каждый переход между состояниями от авторизации через главное меню к работе с модулями хранилища, генератора, проверки паролей и интерактивного тренажёра организован по строгому алгоритму, обеспечивающему защиту конфиденциальных данных за счёт локального хранения, клиент-сайд шифрования и немедленного очищения оперативной памяти после выполнения операций, что в сочетании с образовательным компонентом формирует у пользователя не только практический инструмент для управления паролями, но и устойчивые навыки цифровой гигиены.

При построении архитектуры приложения были учтены следующие ключевые принципы:

1. Безопасность через нулевое доверие (Zero Trust). Сервер не имеет доступа к данным пользователя. Шифрование и хранение происходят исключительно на стороне клиента;

2. Кроссплатформенность. Приложение работает в любом современном браузере, поддерживающем PWA, что обеспечивает доступность на различных операционных системах;

3. Приватность. Отсутствие облачного хранения паролей исключает риски массовых утечек и предоставляет пользователю полный контроль над данными.

Архитектура приложения, построенная с учетом указанных принципов и схемы клиент-сайд веб-приложения с локальным хранением данных, что обеспечивает максимальную безопасность и конфиденциальность, представлена на рисунке 2 в виде диаграммы развертывания.

На диаграмме развертывания представлены следующие элементы:

1. Узел: «Устройство пользователя». Представляет конечное устройство, на котором работает приложение. Это может быть персональный компьютер, ноутбук, планшет или смартфон, на которых установлены следующие компоненты:

- Веб браузер (PWA). Основная среда выполнения приложения. Браузер интерпретирует HTML, CSS и JavaScript, обеспечивая пользовательский интерфейс и логику работы. Поддержка стандарта Progressive Web App

(PWA) позволяет установить приложение на устройство для офлайн-доступа и улучшенного пользовательского опыта;

- Модуль «Клиент-сайд шифрование». Криптографический модуль, реализующий алгоритм AES-256 для шифрования и расшифровки данных непосредственно на устройстве пользователя. Ключи шифрования никогда не покидают устройство;

- Локальное хранилище. База данных, где сохраняются зашифрованные пароли и данные пользователя. Все данные хранятся только на устройстве пользователя.

2. Узел «Application Server». Сервер, предоставляющий статические файлы приложения (HTML, CSS, JavaScript). Не хранит пользовательские данные или пароли, что исключает риски массовых утечек. Статические файлы. Исходный код фронтенд-приложения, загружаемый браузером при первом обращении.

3. Узел «Внешние API». Включает интеграцию с сервисом Have I Been Pwned (HIBP), который используется для проверки паролей на наличие в известных утечках данных.

4. Облако: «HTTP/Internet». Символизирует сеть Интернет, через которую осуществляется взаимодействие между браузером, сервером и внешними API. Все соединения защищены протоколом HTTPS.

Ниже описаны связи информационные связи между элементами системы.

1. Веб-браузер ↔ Статические файлы (Application Server). Браузер загружает исходный код приложения с сервера по защищённому HTTPS-соединению. После загрузки приложение работает автономно.

2. Клиент-сайд шифрование ↔ Веб-браузер ↔ Локальное хранилище. Взаимодействие осуществляется через JavaScript API. Пароли шифруются перед сохранением в локальное хранилище и расшифровываются только на устройстве пользователя.

3. Устройство пользователя ↔ HIBP (Внешние API). При проверке пароля на надёжность браузер отправляет только хеш-префикс пароля в API HIBP для проверки его наличия в утечках. Сам пароль не передаётся.

Данная архитектура обеспечивает высокий уровень безопасности, соответствует современным тенденциям веб-разработки и удовлетворяет требованиям к конфиденциальности и доступности.

3. Примеры работы приложения

На рисунке 3 представлено окно программы в режиме «Обзор безопасности» в котором пользователю выведены сведения о состоянии хранилища ранее созданных паролей, средняя оценка их стойкости, а также о прогрессе в обучении пользователя.

В данном случае в рабочем окне программы пользователю выведена информация о том, что им создано 18 паролей из которых 3 за последний месяц для отмеченных аккаунтов. Средняя надёжность этих паролей составляет

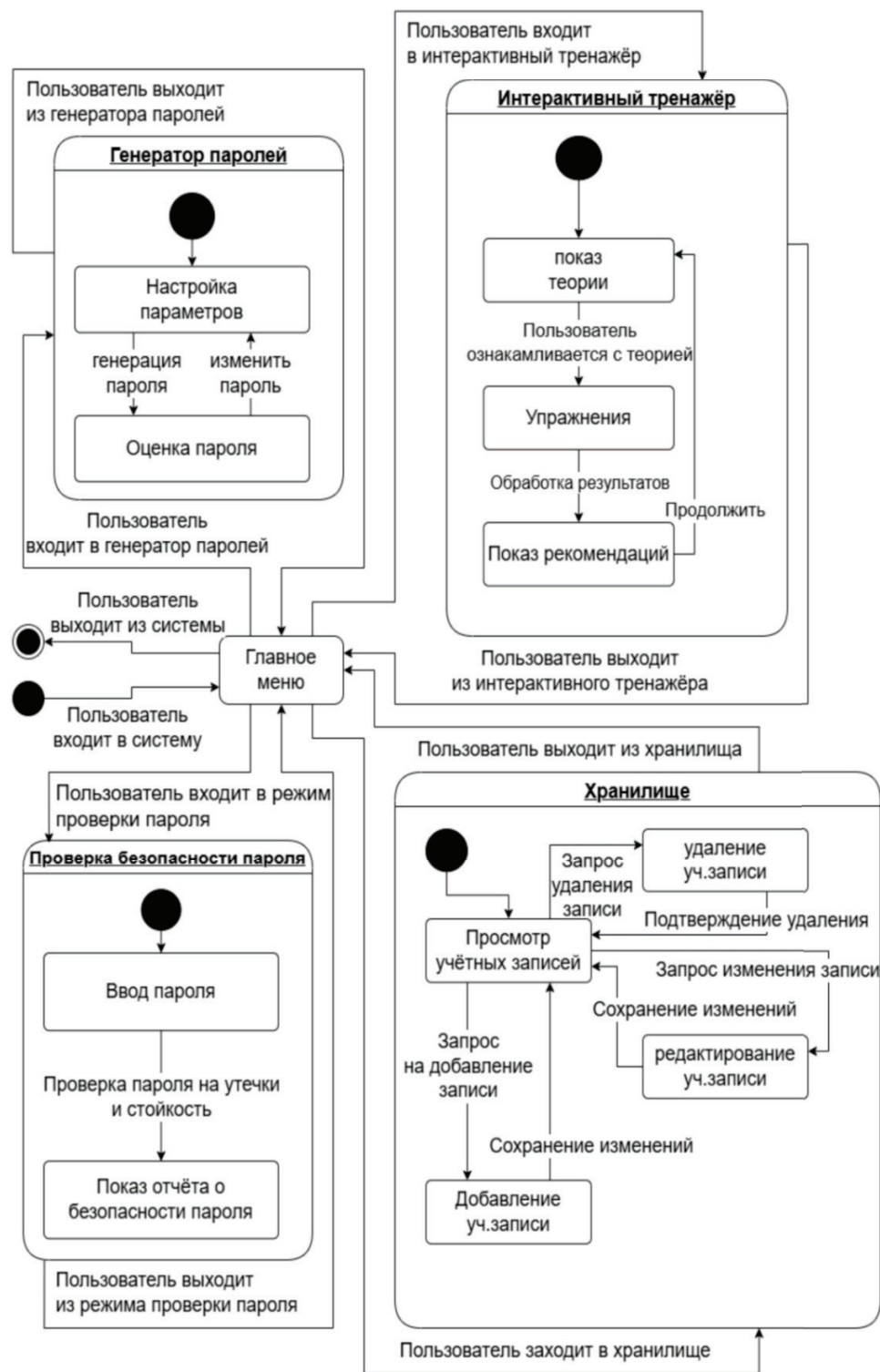


Рис. 1. Диаграмма состояний приложения PassShield

82 %. При этом в хранилище отмечены 2 повторяющихся пароля что требует их замены в соответствии с рекомендациями в виде проактивных подсказок для повышения безопасности паролей. Также пользователю напоминает, что он прошел 4 уровня обучения.

На рисунке 4 представлено окно программы в режиме «Генератор паролей». Здесь для создания стойкого и уникального пароля пользователю предлагается выбрать требуемые параметры для него. После выбора пользова-

телем необходимых опций для пароля и нажатия кнопки «Сгенерировать» программа выводит созданный пароль вместе с оценкой его стойкости.

На рисунке 5 представлено окно программы в режиме «Обучающий тренажёр», в котором программа информирует пользователя о том, какие именно темы обучения он уже прошел и какие он продолжает изучать. Для закрепления теоретических знаний программа предлагает пользователю выполнить практическое задание.

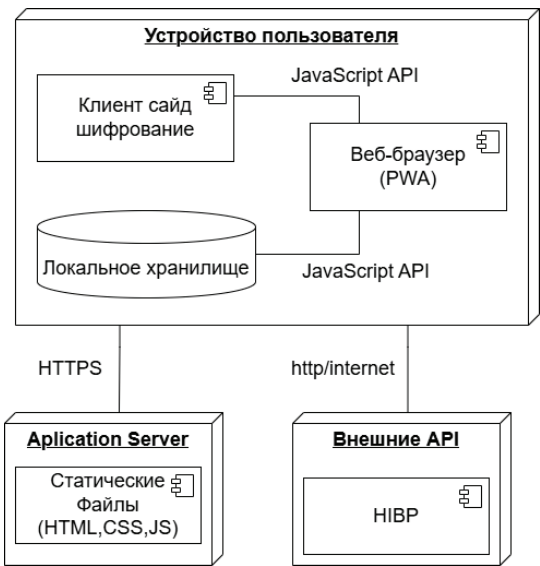


Рис. 2. Диаграмма развертывания приложения PassShield

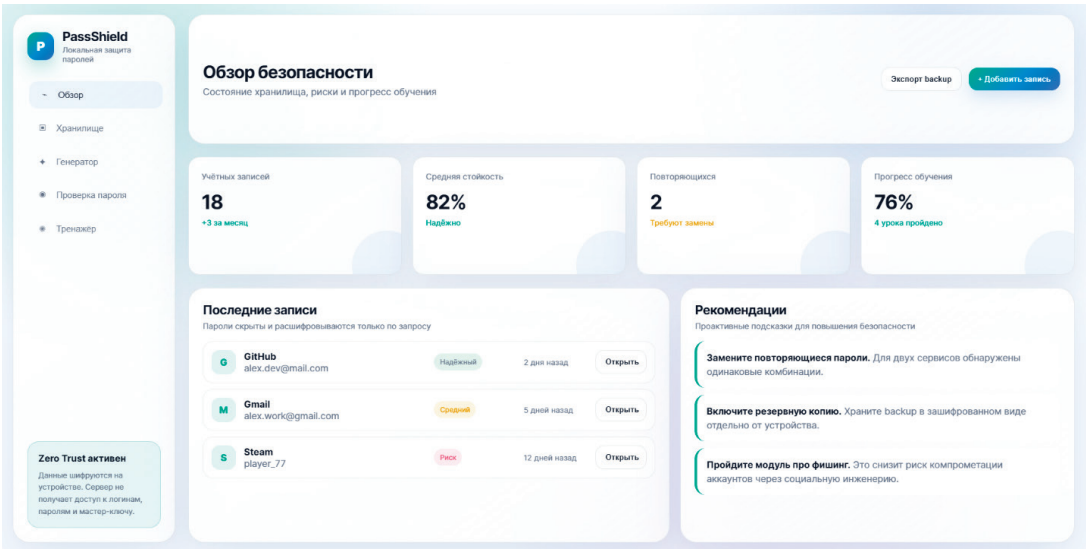


Рис. 3. Окно программы в режиме «Обзор безопасности»

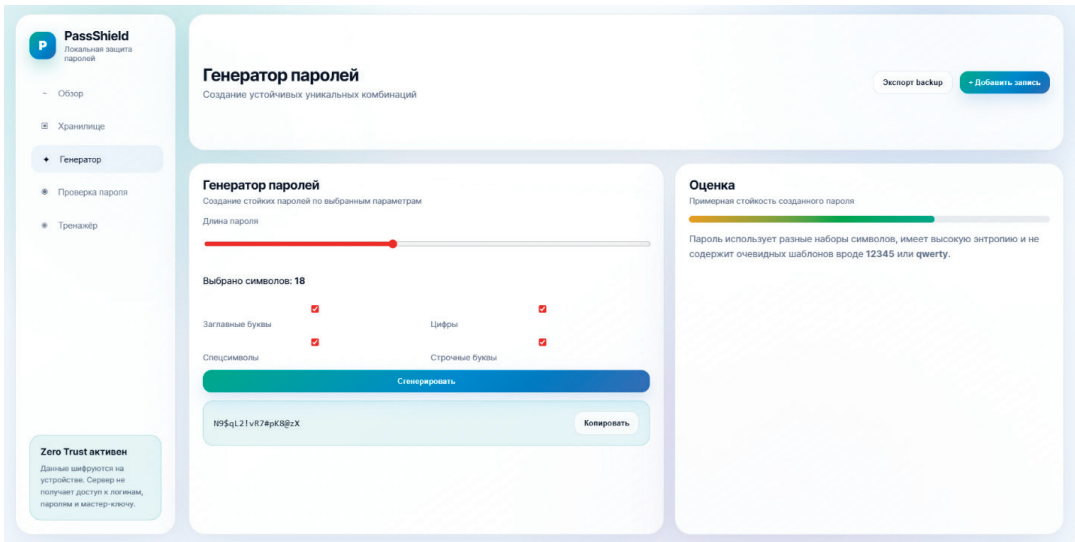


Рис. 4. Окно программы в режиме «Генератор паролей»

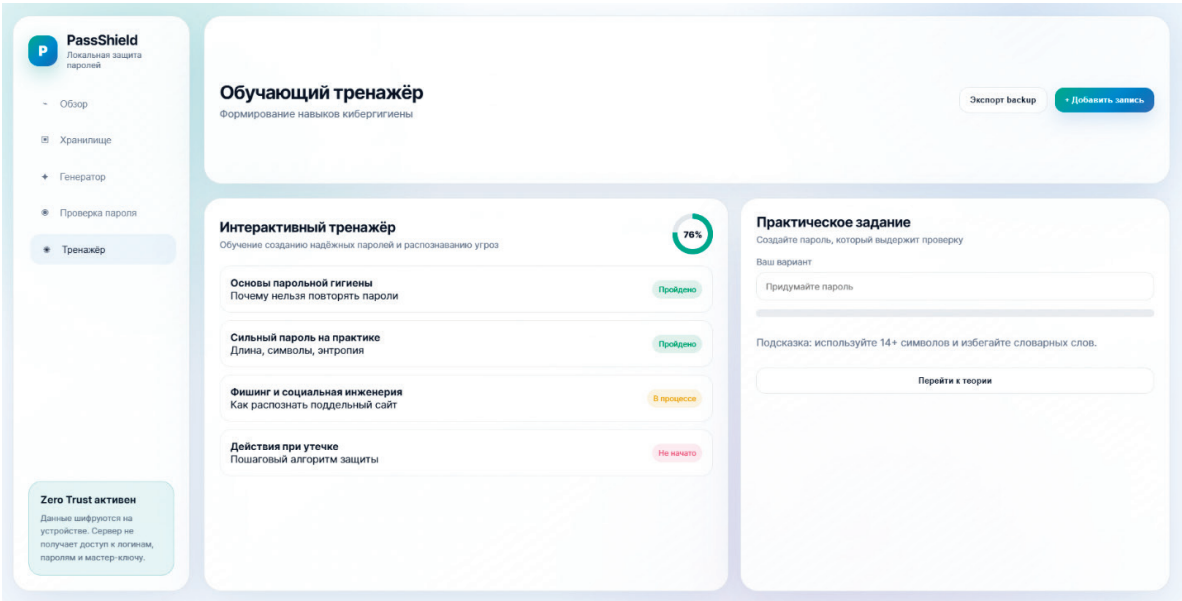


Рис. 5. Окно программы в режиме «Обучающий тренажёр»

На рисунке 6 представлено окно программы в режиме «Хранилище паролей», в котором пользователь может видеть без открытого отображения паролей

список сервисов, для которых он за некоторое время создал эти пароли и цветовую индикацию уровня их надёжности.

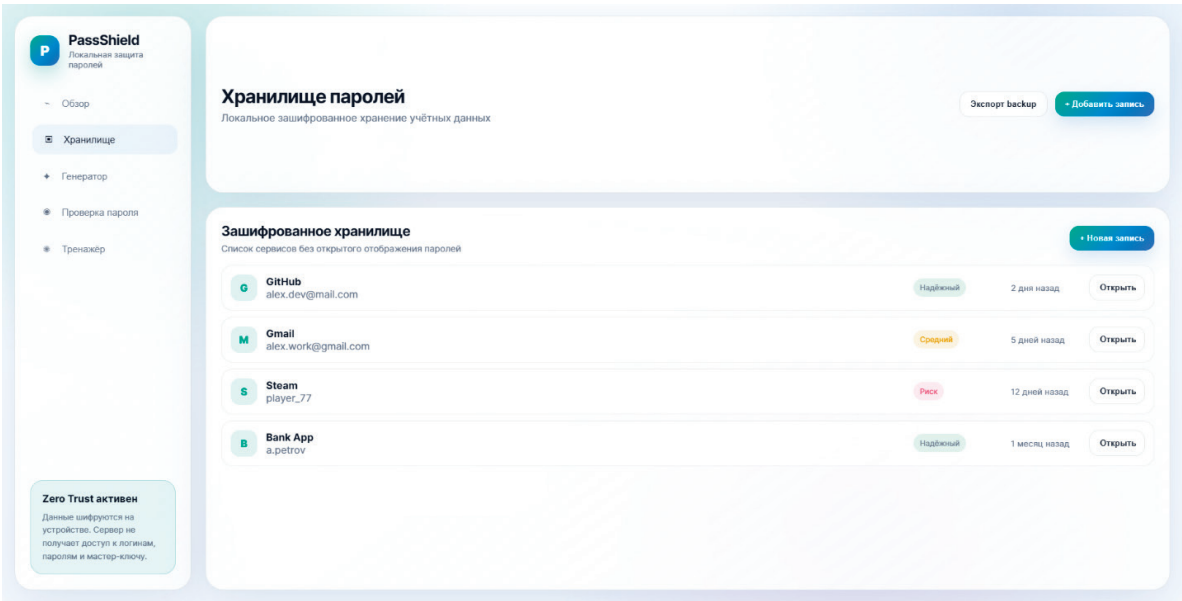


Рис. 6. Окно программы в режиме «Хранилище паролей»

Заключение

Практическое использование менеджера «PassShield» позволило получить следующие результаты:

1. Повысился уровень парольной защиты данных пользователей за счет того, что ключ шифрования и процесс расшифровки данных никогда не покидают его устройства. Это означает, что даже в случае перехвата передаваемых данных или компрометации сервера злоумышленник не получит доступ к конфиденциальной информации, так как

она зашифрована ключом, которым он не обладает. Модель безопасности строится по принципу «нулевого доверия» к инфраструктуре разработчика, что максимально снижает риски внутренних угроз и утечек с серверной части.

2. Снизились риски компрометации аккаунтов пользователей, что стало прямым следствием улучшения защиты паролей и снижения вероятности успешного взлома учетных записей методами грубого подбора (brute-force) и использования украденных учетных данных. За счет интеграции с API Have I Been Pwned обеспечена своевре-

менная реакция пользователя на утечки данных, что минимизирует потенциальный ущерб.

3. Реализована возможность формирования у некачественных пользователей устойчивых навыков кибербезопасности. Образовательный компонент обеспечивает долгосрочный эффект, который сохранится даже при прекращении использования самого приложения.

Таким образом, решения, заложенные в проект менеджера «PassShield», успешно апробированы на практике и могут быть рекомендованы для использования в популярных менеджерах паролей, что будет способствовать увеличению их функциональности и, в конечном итоге, повышению уровня защищенности данных пользователей.

Литература:

1. Мукашев, А. Р. Статистический анализ парольных политик на основе данных публичных исследований / А. Р. Мукашев // Молодой ученый. — № 16 (619). — 2026. — С. 42–45.
2. Grassi, P. Digital Identity Guidelines: Authentication and Lifecycle Management / P. Grassi, E. Newton, R. Perlner et. al. // Special Publication (NIST SP). — Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology. — 2017. — 79 p. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-63b>
3. Требования о защите информации, содержащейся в государственных информационных системах, иных информационных системах государственных органов, государственных унитарных предприятий, государственных учреждений [Электронный ресурс] // URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=500478&ysclid=mp2b95j88f257172095> (дата обращения: 17.04.2026).
4. 123456 — всё еще король. Исследование 2 миллиардов паролей 2025 года показало, что мы ничему не учимся [Электронный ресурс] // URL: <https://www.securitylab.ru/news/565848.php> (дата обращения: 17.04.2026).
5. Менеджер паролей и секретов для бизнеса и госсектора Пассворк [Электронный ресурс] // URL: <https://passwork.ru/> (дата обращения: 03.04.2026)
6. Лаборатория Касперского. Kaspersky Password Manager [Электронный ресурс] // URL: <https://www.kaspersky.ru/lp/password-manager> (дата обращения: 03.04.2026)
7. Российский облачный менеджер паролей для бизнеса BearPassCloud [Электронный ресурс] // URL: <https://bearpass.ru/cloud> (дата обращения: 03.04.2026)
8. Менеджер паролей TeamDo [Электронный ресурс] // URL: <https://teamdo.ru/passwords/> (дата обращения: 03.04.2026)
9. Менеджер паролей российских разработчиков — Один Ключ [Электронный ресурс] // URL: <https://одинключ.рф/> (дата обращения: 03.04.2026)

Подсистема статистического анализа обращений и заявок как инструмент информационной поддержки учреждения

Мухамедияров Тимур Валерьевич, студент магистратуры
Амурский государственный университет (г. Благовещенск)

В статье рассматривается подсистема статистического анализа обращений и заявок как инструмент информационной поддержки деятельности учреждения. Обосновано, что накопление обращений и заявок в информационных системах создает основу для анализа структуры входящего потока, сроков исполнения, уровня просрочки и нагрузки исполнителей. Описана общая архитектура подсистемы, включающая модули импорта, валидации, хранения данных, статистической обработки, анализа просрочки, выявления аномалий и формирования отчетов. Показано, что разработанная подсистема позволяет преобразовывать регистрационные данные в аналитические показатели, пригодные для оценки состояния процесса обработки обращений и подготовки управленческих решений.

Ключевые слова: обращения, заявки, статистический анализ, информационная поддержка, подсистема, база данных, отчетность, C++.

В деятельности современных учреждений обращения и заявки выступают одним из основных источников информации о взаимодействии с гражданами, сотрудниками, подразделениями и пользователями услуг. В большинстве случаев такие записи используются для

регистрации факта поступления запроса, назначения исполнителя и контроля текущего состояния обработки. Однако при накоплении значительного массива данных обращения и заявки приобретают дополнительное аналитическое значение, поскольку позволяют оценивать

структуру входящего потока, сроки исполнения, уровень просрочки и распределение нагрузки между исполнителями.

С. О. Репецкий [1] рассматривает обработку заявок как значимый процесс в системе поддержки, связанный с управлением инцидентами, диспетчеризацией и сопровождением запросов. Такой подход показывает, что заявка является не только единичным сообщением о проблеме, но и элементом управляемого процесса, имеющего жизненный цикл, ответственного исполнителя, статус и результат обработки. А. П. Бойко [2] при описании корпоративной информационной системы обработки заявок подчеркивает значение автоматизированного учета заявок и их сопровождения. Следовательно, разработка аналитической подсистемы должна опираться на уже существующую логику обработки заявок, но расширять ее за счет статистической интерпретации накопленных данных.

Информационная поддержка учреждения предполагает использование данных для оценки состояния управляемого объекта и обоснования последующих действий. С. В. Тарарыкин [3] отмечает, что информационная поддержка управленческих решений основывается на мониторинге и оценке показателей, отражающих состояние объекта управления. Применительно к обращениям и заявкам таким объектом является процесс их обработки, а показателями выступают количество поступивших записей, средний срок исполнения, доля просроченных обращений, нагрузка исполнителей и динамика потока по периодам. Поэтому подсистема статистического анализа должна рассматриваться не как вспомогательный отчетный модуль, а как средство преобразования операционных данных в аналитическую информацию.

Назначение разрабатываемой подсистемы состоит в автоматизированной обработке массива обращений и заявок, проверке корректности входных данных, сохранении информации в локальной базе, расчете статистических показателей и формировании аналитических отчетов. Исходными данными для подсистемы выступает CSV-файл, содержащий сведения об обращениях и заявках. К таким сведениям относятся идентификатор записи, дата создания, дата закрытия, категория, канал поступления, подразделение, исполнитель, статус, приоритет, тема и текстовое описание. Результатом работы подсистемы являются текстовые, табличные и структурированные отчеты, а также сохраненные в базе расчетные метрики.

$$X \xrightarrow{A} M \xrightarrow{R} Y,$$

где X — входной массив обращений и заявок, A — совокупность алгоритмов обработки и статистического анализа, M — набор рассчитанных метрик, R — процедуры формирования отчетов, Y — итоговые аналитические результаты. Данная схема отражает переход от первичных регистрационных данных к информационным результатам, пригодным для оценки состояния процесса обработки обращений.

Архитектура подсистемы построена по модульному принципу. Такой подход позволяет разделить про-

граммное решение на логически самостоятельные компоненты, каждый из которых отвечает за определенный этап обработки данных. Е. А. Миних и Н. С. Федоренко [4] при рассмотрении архитектуры приложения для учета заявок обслуживания компьютерной техники в центре информационных технологий вуза показывают, что автоматизация заявочного процесса требует выделения структурных компонентов, отвечающих за прием, учет и сопровождение заявок. В разрабатываемой подсистеме эта логика дополнена аналитическим контуром, предназначенным для расчета статистических показателей и формирования отчетности.

В состав подсистемы входят модуль импорта и проверки данных, модуль хранения, аналитический модуль, модуль анализа просрочки, модуль обнаружения аномалий и модуль отчетности. Модуль импорта обеспечивает чтение CSV-файла и преобразование строк в объекты предметной модели. Модуль валидации проверяет наличие обязательных полей, корректность дат, допустимость статусов и приоритетов, уникальность идентификаторов и согласованность временных параметров. Модуль хранения отвечает за запись корректных данных в локальную базу. Аналитический модуль рассчитывает сводные показатели, группировки, динамику и показатели просрочки. Модуль отчетности формирует результаты в текстовом, CSV- и JSON-форматах.

Для систематизации состава подсистемы используется таблица 1.

Для постоянного хранения данных используется SQLite. Согласно SQLite Documentation [5], SQLite предоставляет интерфейс для использования в программах на C и C++, что позволяет применять его в локальных прикладных решениях без развертывания отдельного серверного программного обеспечения. В подсистеме база данных используется для хранения исходных записей, справочников, истории статусов, журнала ошибок импорта и рассчитанных метрик. Такая организация позволяет рассматривать базу как локальное аналитическое хранилище.

Особое значение имеет обеспечение целостности данных при импорте и сохранении результатов. Согласно SQLite Documentation [6], транзакция может начинаться командой BEGIN и завершаться командами COMMIT или ROLLBACK. В программной реализации это позволяет фиксировать изменения только при успешном выполнении операции и отменять их при возникновении ошибки. Для подсистемы статистического анализа такая возможность важна, поскольку некорректное сохранение данных может привести к искажению последующих расчетов.

Программная реализация подсистемы выполнена на языке C++20. Для организации сборки используется CMake. По данным CMake Documentation [7], данное средство позволяет решать типовые задачи сборки программных проектов и организовывать работу с исходными файлами и зависимостями. Это соответствует модульной структуре подсистемы, в которой программный код разделен на компоненты импорта, хранения, аналитики и отчетности.

Таблица 1. Состав подсистемы статистического анализа обращений и заявок

Модуль подсистемы	Назначение	Результат работы
Импорт данных	Чтение CSV-файла и разбор строк	Исходный массив записей
Валидация	Проверка обязательных полей, дат, статусов и идентификаторов	Набор корректных записей и журнал ошибок
Хранение данных	Сохранение записей, справочников и истории статусов	Локальная база данных
Статистический анализ	Расчет количества, долей, средних значений и группировок	Сводные аналитические показатели
Анализ просрочки	Сравнение фактических сроков с нормативными	Перечень просроченных записей и уровень просрочки
Обнаружение аномалий	Выявление нетипичных сроков обработки и резкого роста потока	Список потенциально проблемных ситуаций
Отчетность	Формирование TXT-, CSV- и JSON-отчетов	Итоговые материалы для анализа

Источники: составлено автором на основе [1], [2], [4].

Аналитическая часть подсистемы основана на расчете статистических показателей. К числу основных показателей относятся общее количество записей, количество открытых и закрытых обращений, средний и медианный срок исполнения, доля просроченных записей, распределение обращений по категориям, исполнителям, подразделениям и периодам. Одним из ключевых показателей является признак просрочки, который может быть представлен следующим образом:

$$overdue_i = \begin{cases} 1, & \text{если } \tau_i > \tau_{c_i}^{norm}, \\ 0, & \text{если } \tau_i \leq \tau_{c_i}^{norm}. \end{cases}$$

где $overdue_i$ — признак просрочки i -й записи, τ_i — фактический срок исполнения, $\tau_{c_i}^{norm}$ — нормативный срок для категории c_i . На основе данного признака подсистема рассчитывает долю просроченных записей, что позволяет оценивать качество обработки обращений и выявлять направления, требующие организационного внимания.

Практическая значимость подсистемы заключается в том, что она позволяет использовать массив обращений и заявок не только как архив записей, но и как источник информационной поддержки учреждения. Результаты статистического анализа могут применяться для выявления наиболее частых категорий обращений, оценки нагрузки на подразделения и исполнителей, контроля сроков, обнаружения проблемных направлений и анализа динамики поступления заявок. Это повышает обоснованность управленческих решений, поскольку выводы формируются на основе данных, а не только на основании субъективной оценки ситуации.

Использование подсистемы может быть особенно полезным в тех случаях, когда учреждение обрабатывает зна-

чительный поток однотипных запросов. В такой ситуации ручной анализ становится трудоемким и не всегда позволяет своевременно выявлять отклонения. Автоматизированная подсистема сокращает время подготовки отчетов, повышает воспроизводимость расчетов и обеспечивает единый подход к оценке обращений и заявок. При этом модульная архитектура позволяет в дальнейшем расширять функциональность, добавляя новые виды отчетов, дополнительные методы анализа и иные форматы входных данных.

Подсистема статистического анализа обращений и заявок является инструментом информационной поддержки учреждения, поскольку обеспечивает переход от регистрации отдельных записей к аналитической оценке процесса их обработки. В рамках подсистемы реализуются загрузка и проверка данных, хранение информации в локальной базе, расчет статистических показателей, анализ просрочки, выявление аномалий и формирование отчетных материалов.

Модульная архитектура подсистемы позволяет разделить функции импорта, хранения, аналитики и отчетности, что повышает сопровождаемость и расширяемость программного решения. Использование SQLite обеспечивает локальное хранение данных и результатов расчетов, а применение CMake поддерживает модульную организацию проекта на C++.

Практическая значимость разработанной подсистемы состоит в возможности ее применения для оценки структуры входящего потока обращений, сроков исполнения, уровня просрочки и нагрузки исполнителей. Полученные аналитические результаты могут использоваться для выявления проблемных направлений, подготовки отчетов и обоснования управленческих решений в учреждении.

Литература:

1. Репецкий С. О. Обработка заявок в IT Service Desk.
2. Бойко А. П. Корпоративная информационная система обработки заявок на обслуживание.

3. Тарарыкин С. В. Информационная поддержка принятия управленческих решений в вузе.
4. Миних Е. А., Федоренко Н. С. Разработка архитектуры приложения для ведения учета заявок обслуживания компьютерной техники в центре информационных технологий вуза.
5. SQLite Documentation. An Introduction To The SQLite C/C++ Interface.
6. SQLite Documentation. Transaction.
7. CMake Documentation. CMake Tutorial.

Подходы к проектированию высоконагруженных систем в условиях распределенной инфраструктуры

Никитин Иван Андреевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Рожкова Оксана Александровна, старший преподаватель
Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

В статье рассматриваются подходы к проектированию современных высоконагруженных систем на примере аукционной платформы, ориентированной на размещении контекстной рекламы. Особое внимание уделено практикам обеспечения отказоустойчивости, масштабируемости и согласованности данных. Представленные решения демонстрируют гармоничное сочетание архитектурных подходов с инфраструктурными инструментами, что повышает эффективность платформы на всех этапах её жизненного цикла.

Ключевые слова: высоконагруженные системы, проектирование, микросервисы, архитектура, инфраструктура.

Современные высоконагруженные системы, работающие в условиях облачной инфраструктуры, требуют соответствия ряду подходов, принципов и методов обеспечения доступа, контроля и сопровождения ПО. Большинство этих систем работают на основе атомарных процессов, событийных моделей и межсервисного взаимодействия. Одной из таких систем является разработанная аукционная платформа — система, позволяющая множеству рекламодателей достигать целевой аудитории с минимальными затратами на продвижение бренда. Она должна не только поддерживать аукцион в режиме реального времени, но и обеспечивать пользователям своевременный и полный доступ.

В основе системы лежит микросервисная архитектура, включающая в себя несколько компонентов, каждый из которых выполняет свою бизнес-задачу. Независимые сервисы позволяют четко разграничивать ответственность: управление пользователями, управление сессиями пользователей, проведение аукционов, управление основным контентом и управление самой системой. Любой микросервисный подход минимизирует взаимные зависимости, но требует поддержания согласованности данных. Такой стиль называется Domain Driven Design или же предметно-ориентированное проектирование. Его основная цель — создать небольшие системы, которые легко и удобно поддерживать и дорабатывать. Доработка по новым требованиям проходит в определенной системе, которая взаимодействует с тем или иным доменом.

Важно отметить, что при проектировании отдельного элемента микросервисной архитектуры можно применять сразу несколько подходов и стилей. Реализация гибридной архитектуры позволяет взаимодействовать с си-

стемой разными способами: выполнять синхронные запросы для критичных операций и асинхронные согласно Event-Driven Architecture (событийно-ориентированную архитектуру). Асинхронность взаимодействия обеспечивает не только слабую зависимость компонентов, но и высокую масштабируемость. Основным инструментом такого подхода являются брокеры сообщений или использование единой шины событий. Apache Kafka, например, успела стать стандартом асинхронной передачи данных между сервисами практически во всех крупных IT компаниях. Система предоставляет возможность отправить событие в общий канал, на которое потребители реагируют в удобное для них время. Наглядным примером реализации такого стиля является система уведомлений. Производители событий из разных систем публикуют их в общую шину, откуда один сервис-потребитель трансформирует их в уведомления для конечного пользователя. Таким образом реализована нотификация о грядущих аукционах или перебитой ставке: события из двух разных источников обрабатываются единым компонентом, ответственным за информирование получателей.

Своевременный и оправданный выбор интернет-протокола для передачи данных играет одну из ведущих ролей при расчете максимальной пропускной способности системы на поздних этапах [1]. Почти все межсервисное взаимодействие в системе аукциона реализовано на основе протокола HTTP/2. Поддержка одного соединения, способного обрабатывать множество параллельных запросов, сжатие заголовков, передача данных в бинарном формате — всего лишь вершина айсберга возможностей протокола второй версии. Внедрение HTTP/2 ускорило большинство операций в разы по сравнению

с теми же операциями на HTTP/1.1. Невозможно отрицать, что HTTP/1.1 имеет ряд преимуществ даже перед обновленной версией протокола. Так, например, версия 1.1 используется в системе для пользовательского взаимодействия с частью представления. Все внешние эндпоинты системы разработаны согласно подходу REST API. Данный подход подразумевает использование HTTP-команд, таких как GET, POST, PUT и DELETE. Серверная часть, в свою очередь, преобразует данные из пользовательского запроса в Protobuf и использует для дальнейшего взаимодействия между микросервисами. Выбор такого подхода обусловлен необходимостью разделить трафик, оптимизировав взаимодействие на каждом уровне — мультиплексирование HTTP/2 работает намного лучше по долгоживущему соединению, чем по коротким пользовательским запросам. Процесс аукциона требует достаточной скорости для передачи актуальной информации в режиме реального времени. На помощь приходит простой и изящный WebSocket. Протокол предоставляет двустороннее постоянное соединение между клиентом и сервером поверх TCP, что позволяет передавать запросы на сервер или статус новой ставки для пользователя быстро, гарантированно и в правильном порядке.

Одним из важных подходов является идиоматичность. Данный подход означает обязательное соответствие требованию, при котором любой пользовательский запрос выполняется единожды и не оказывает дополнительного влияния при повторном случайном вызове. В системе аукциона это играет огромную роль. Любое двойное нажатие кнопки, обновление страницы, потери пакетов не должны нарушать логику торгов и создавать неконсистентность данных.

В контексте разработки распределенных облачных инфраструктур, Kubernetes рассматривается как эталонное и наиболее распространённое решение для оркестрации контейнеризированных приложений. Она способна автоматизировать их развертывание, масштабирование, управление ресурсами и сетевыми политиками. Платформа с открытым исходным кодом умеет объединять несколько распределенных серверов в единый вычислительный кластер, абстрагируя разработчиков от конкретного оборудования, предоставляя элементарный уровень работы с контейнеризованными приложениями.

В контексте высоконагруженных приложений, k8s предоставляет множество различных инструментов для масштабирования. Горизонтальное масштабирование системы достигается через механизм автоскейлинга. Платформа отслеживает метрики приложений и использования серверных ресурсов. При достижении пиковых нагрузок, Kubernetes увеличивает число реплик приложения для распределения трафика, а при его снижении — уменьшает реплики. Такой подход отлично экономит

ресурсы кластера, что, в свою очередь, сказывается на экономической составляющей при расчете стоимости работы системы. Так, например, в системе аукциона происходит работа компонента API Gateway. Сервис является ключевой точкой взаимодействия пользователя и всей системы. Любой запрос и ответ обязательно проходит через Gateway, валидирующий запросы и распределяющий нагрузку на остальные компоненты системы корректно. При увеличении трафика, Kubernetes автоматически разворачивает дополнительные копии сервиса и снижает нагрузку на каждую активную реплику. Важно отметить, что микросервисный подход в такой ситуации демонстрирует свое главное преимущество перед монолитным — независимость компонентов. Когда одному из компонентов требуется больше ресурсов для обработки потока данных, остальные могут спокойно работать при тех же условиях. Монолитный подход неизбежно требует увеличение общих вычислительных ресурсов, что сказывается на конечной стоимости обслуживания ПО.

Критичным аспектом проектирования системы является обеспечение её отказоустойчивости. В условиях распределенной инфраструктуры отказы бывают не только у программного обеспечения, но и у физического оборудования. Повреждение дисков, отключение питания, недоступность сети — всё это приводит к остановке работоспособности системы. Именно поэтому механизм репликации данных становится обязательным элементом архитектуры любых систем. В привычных конфигурациях СУБД широко используется подход primary — replica, при котором один узел обрабатывает все операции, а второй поддерживает идентичное состояние данных. Репликация бывает синхронной и асинхронной. При синхронной записи мастер ожидает подтверждения операции от реплики, а асинхронный подход предлагает ускоренный режим работы с небольшим отставанием данных от мастера. В аукционной системе реализован смешанный подход, при котором одновременно существует три копии одной базы данных: primary — replica — async replica. Такая особенность репликации позволяет распределить нагрузку на одну базу данных без необходимости частого масштабирования. Данные записываются в основную базу, а вычитываются из синхронной реплики. При этом, отказ любого из компонентов минимизирует потери данных и обеспечивает максимальную стабильность.

Современные высоконагруженные системы перестали быть лишь чистым, читаемым и масштабируемым кодом. Структурный подход к проектированию информационных систем, с использованием большого спектра архитектурных подходов и инфраструктурных инструментов, позволяет обеспечивать стабильность и эффективность работы продуктов.

Литература:

1. Клепман, М. Высоконагруженные приложения. Программирование, масштабирование, поддержка / Мартин Клепман. — Астана: Спринт Бук, 2025.

Алгоритм повышения устойчивости обнаружения объектов в условиях ограниченной видимости на основе оценки достоверности сенсорных данных

Новиков Андрей Игоревич, аспирант

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

В статье рассматривается задача повышения устойчивости обнаружения объектов в системах технического зрения беспилотного транспорта при ухудшении условий видимости. Ограниченная видимость, вызванная туманом, дождём, снегом, недостаточной освещённостью, засветкой или загрязнением сенсоров, приводит к снижению качества данных, поступающих от камеры, LiDAR и радара. При этом каждый тип сенсора имеет собственные ограничения: камера чувствительна к освещённости и контрастности сцены, LiDAR может давать разреженные или зашумлённые облака точек при неблагоприятных погодных условиях, а радар обладает меньшей пространственной точностью, но сохраняет работоспособность при низкой видимости. Поэтому использование фиксированных весов сенсорных данных не всегда обеспечивает надёжное обнаружение объектов в изменяющихся условиях движения.

Целью работы является разработка алгоритма повышения устойчивости обнаружения объектов за счёт оценки текущей достоверности сенсорных данных и адаптивного изменения вклада каждого сенсора в итоговое решение. В качестве основы предлагается использовать набор показателей качества данных камеры, LiDAR и радара, на основании которых формируются коэффициенты достоверности. Далее эти коэффициенты нормализуются и применяются при объединении результатов обнаружения объектов. Такой подход позволяет уменьшать влияние сенсора, данные которого в текущий момент являются менее надёжными, и повышать вклад более устойчивых источников информации.

Предлагаемый подход может быть использован как надстройка над существующими алгоритмами обнаружения объектов и мультисенсорного слияния. Его применение направлено на повышение надёжности восприятия дорожной сцены в условиях ограниченной видимости без необходимости полной замены базовых моделей обнаружения.

Ключевые слова: беспилотный транспорт, техническое зрение, обнаружение объектов, ограниченная видимость, сенсорные данные, камера, LiDAR, радар, достоверность данных, мультисенсорное слияние.

1. Введение

Системы технического зрения являются одной из ключевых частей беспилотного транспорта, поскольку обеспечивают получение информации об окружающей дорожной обстановке. [1] На основе данных восприятия выполняются обнаружение объектов, оценка положения препятствий, сопровождение транспортных средств и пешеходов, а также передача информации в модули планирования и управления.

В реальных условиях эксплуатации качество работы технического зрения существенно зависит от внешней среды. [5] Туман, дождь, снег, недостаточная освещённость, засветка камеры, пыль или загрязнение сенсоров могут снижать надёжность обнаружения объектов. При этом различные сенсоры по-разному реагируют на ухудшение видимости. Камера предоставляет информативное изображение сцены, но чувствительна к освещённости и прозрачности среды. LiDAR позволяет получать пространственные данные об объектах, однако его облако точек может разрежаться или зашумляться при неблагоприятных погодных условиях. Радар обладает меньшей пространственной детализацией, но часто сохраняет работоспособность при тумане, дожде и слабом освещении. [2, 5]

В связи с этим в системах беспилотного транспорта широко используется совместная обработка данных нескольких сенсоров. [2–4] Однако применение камеры, LiDAR и радара само по себе не гарантирует устойчивого обнаружения объектов. Если алгоритм объединения использует фиксированные веса сенсоров, то он может сохранять высокий вклад источника данных даже тогда, когда его текущая достоверность существенно снизилась. Например, при тумане визуальный детектор может работать менее надёжно, но при фиксированной схеме слияния камера продолжит влиять на итоговое решение с тем же весом.

Поэтому актуальной является задача разработки алгоритма, который учитывает не только уверенность детектора, но и текущее качество сенсорных данных. [3, 4, 6] Такой подход позволяет адаптивно уменьшать вклад менее надёжного сенсора и повышать вклад источников информации, которые в данных условиях сохраняют большую достоверность.

Целью статьи является разработка алгоритма повышения устойчивости обнаружения объектов в условиях ограниченной видимости за счёт оценки достоверности сенсорных данных и адаптивного взвешивания результатов обнаружения.

Для достижения цели решаются следующие задачи:

- 1) формализовать задачу обнаружения объектов при использовании нескольких сенсоров;

- 2) определить основные факторы, снижающие достоверность данных камеры, LiDAR и радара;
- 3) предложить показатели оценки достоверности сенсорных данных;
- 4) разработать принцип адаптивного взвешивания результатов обнаружения;
- 5) выполнить модельную оценку работы предложенного алгоритма.

2. Постановка задачи

Рассматривается система технического зрения беспилотного транспортного средства, использующая три источника информации:

$$S = \{s_{cam}, s_{lidar}, s_{radar}\},$$

где s_{cam} — камера, s_{lidar} — LiDAR, s_{radar} — радар. [2, 4]

Каждый сенсор формирует собственное множество обнаруженных объектов:

$$D_i = \{d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{im}\},$$

где D_i — результат обнаружения по данным (i)-го сенсора, а d_{ij} — отдельный обнаруженный объект.

Для каждого объекта могут быть заданы его положение, ограничивающая область, класс и уверенность обнаружения:

$$d_{ij} = \{p_{ij}, b_{ij}, l_{ij}, c_{ij}\},$$

где p_{ij} — положение объекта, b_{ij} — ограничивающая область, l_{ij} — класс объекта, c_{ij} — уверенность обнаружения. [6, 7]

В условиях ограниченной видимости значение c_{ij} не всегда достаточно для принятия надёжного решения. [5] Детектор может выдавать высокую уверенность даже при ухудшенном качестве исходных данных. Поэтому дополнительно вводится коэффициент достоверности сенсора:

$$r_i \in [0; 1],$$

где r_i характеризует текущее качество данных (i)-го сенсора. Значение, близкое к 1, соответствует высокой достоверности, а значение, близкое к 0, указывает на существенное снижение качества данных.

Коэффициент достоверности определяется на основе набора показателей качества:

$$r_i = f_i(q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{ik}),$$

где q_{ij} — нормированный показатель качества данных сенсора.

Задача состоит в том, чтобы на каждом временном шаге:

- получить результаты обнаружения объектов от камеры, LiDAR и радара;
- оценить достоверность данных каждого сенсора;
- вычислить веса сенсоров на основе коэффициентов достоверности;
- сопоставить обнаружения, относящиеся к одному объекту;
- сформировать итоговое множество обнаруженных объектов:

$$D^* = \{d_1^*, d_2^*, \dots, d_k^*\}.$$

Требуется, чтобы итоговое множество D^* было более устойчивым к ухудшению качества данных отдельных сенсоров, чем результат, полученный при использовании фиксированных весов. [3, 4]

3. Факторы снижения достоверности сенсорных данных

Достоверность сенсорных данных зависит от внешних условий, характеристик сенсора и качества работы алгоритма обнаружения. [2, 5] Для беспилотного транспорта особенно важны ситуации, при которых качество данных быстро меняется: туман, дождь, снег, ночь, засветка, загрязнение сенсоров или появление шумов.

3.1. Камера

Камера предоставляет изображение дорожной сцены и позволяет получать богатую семантическую информацию об объектах. [1, 2] Однако её достоверность существенно зависит от освещённости и видимости. [5]

Основными факторами снижения достоверности камеры являются ([2, 6]):

- низкая освещённость;
- пересвет изображения;
- снижение контрастности;
- туман, дождь или снег;
- размытие изображения;
- загрязнение объектива.

Для оценки качества данных камеры могут использоваться средняя яркость, контрастность, резкость изображения, доля пересвеченных или затемнённых областей, а также средняя уверенность визуального детектора.

3.2. LiDAR

LiDAR формирует трёхмерное облако точек и позволяет оценивать пространственное положение объектов. Его данные полезны для определения расстояния, формы и положения препятствий. Однако качество LiDAR-данных также может снижаться в неблагоприятных условиях. [5]

Основными факторами снижения достоверности LiDAR являются:

- разреженность облака точек;
- малое число точек на объекте;
- выбросы и шумовые отражения;
- снижение дальности измерений;
- неравномерная плотность точек.

В качестве показателей достоверности LiDAR могут использоваться плотность облака точек, число точек в области объекта, доля выбросов, стабильность измерений по дальности и уверенность LiDAR-детектора. [5, 6]

3.3. Радар

Радар позволяет измерять дальность и скорость объектов. [2] Его преимущество заключается в большей устойчивости к плохой видимости по сравнению с камерой. [2, 5] Однако радар обычно имеет меньшую пространственную детализацию и может давать ложные отражения. [2, 4]

Основными факторами снижения достоверности радара являются:

- низкое угловое разрешение;
- ложные отражения;
- шум измерения дальности и скорости;
- нестабильность обнаружения во времени;
- сложность точной классификации объекта.

Для оценки достоверности радара могут использоваться отношение сигнал/шум, стабильность дальности, стабильность скорости, подтверждение объекта в нескольких последовательных кадрах и уверенность радарного трекера.

Таблица 1. Факторы снижения достоверности сенсорных данных ([2, 5])

Сенсор	Факторы снижения достоверности	Показатели достоверности
Камера	Низкая освещённость, пересвет, туман, дождь, снег, размытие	Яркость, контрастность, резкость, доля пересвеченных областей, уверенность детектора
LiDAR	Разреженность облака точек, выбросы, снижение дальности, малое число точек на объекте	Плотность точек, число точек на объекте, доля выбросов, стабильность дальности
Радар	Ложные отражения, шум дальности и скорости, низкое разрешение	Отношение сигнал/шум, стабильность дальности и скорости, временное подтверждение

Таким образом, каждый сенсор имеет собственные преимущества и ограничения. Поэтому при объединении результатов обнаружения необходимо учитывать не только факт обнаружения объекта, но и текущую достоверность данных, на основе которых это обнаружение было получено.

4. Предлагаемый алгоритм оценки достоверности сенсорных данных

Для повышения устойчивости обнаружения объектов в условиях ограниченной видимости предлагается учитывать не только уверенность алгоритмов обнаружения, но и текущее качество данных, поступающих от каждого сенсора. [3–5] В рассматриваемой системе используются три источника информации: камера, LiDAR и радар. Каждый из них обладает различной чувствительностью к внешним условиям, поэтому при изменении видимости их вклад в итоговое решение должен изменяться.

Для каждого сенсора вводится коэффициент достоверности:

$$r_i \in [0; 1],$$

где r_i — коэффициент достоверности данных (i)-го сенсора. Значение, близкое к 1, соответствует высокой надёжности данных, а значение, близкое к 0, указывает на существенное снижение качества информации.

Коэффициент достоверности определяется на основе набора нормированных показателей качества:

$$r_i = \sum_{j=1}^k a_{ij} q_{ij},$$

где q_{ij} — нормированный показатель качества данных сенсора, a_{ij} — весовой коэффициент соответствующего показателя. Для сохранения значения r_i в диапазоне $[0; 1]$ принимается условие:

$$\sum_{j=1}^k a_{ij} = 1.$$

Для камеры в качестве показателей качества могут использоваться яркость, контрастность, резкость изображения, доля пересвеченных или затемнённых областей, а также средняя уверенность визуального детектора. [2, 5] Тогда коэффициент достоверности камеры можно представить как:

$$r_{cam} = \alpha_1 q_{brightness} + \alpha_2 q_{contrast} + \alpha_3 q_{sharpness} + \alpha_4 q_{overexposure} + \alpha_5 q_{cam_conf}.$$

Для LiDAR учитываются плотность облака точек, число точек в области объекта, доля выбросов, стабильность измерений по дальности и уверенность LiDAR-детектора ([5, 6]):

$$r_{lidar} = \beta_1 q_{density} + \beta_2 q_{points} + \beta_3 q_{outliers} + \beta_4 q_{range} + \beta_5 q_{lidar_conf}.$$

Для радара используются показатели отношения сигнал/шум, стабильности измерения дальности, стабильности скорости, временного подтверждения объекта и уверенности радарного трека ([2, 4]):

$$r_{radar} = \gamma_1 q_{snr} + \gamma_2 q_{range_stability} + \gamma_3 q_{velocity_stability} + \gamma_4 q_{temporal} + \gamma_5 q_{radar_conf}.$$

Таким образом, на каждом временном шаге система получает не только результаты обнаружения объектов, но и оценку текущей достоверности каждого источника данных. Это позволяет учитывать деградацию отдельных сенсоров при ухудшении видимости. Например, при снижении контрастности изображения уменьшается коэффициент достоверности камеры, а при разрежении облака точек уменьшается коэффициент достоверности LiDAR.

Итогом данного этапа являются значения r_{cam} , r_{lidar} , r_{radar} , которые далее используются при адаптивном взвешивании результатов обнаружения.

5. Алгоритм адаптивного взвешивания результатов обнаружения

После вычисления коэффициентов достоверности выполняется объединение результатов обнаружения объектов. Основная идея предлагаемого алгоритма состоит в том, что вес каждого сенсора определяется не заранее, а динамически — на основе текущей достоверности его данных. [3, 4]

Пусть на некотором временном шаге получены коэффициенты:

$$r_{cam}, r_{lidar}, r_{radar},$$

Тогда веса сенсоров вычисляются нормализацией:

$$w_i = \frac{r_i}{\sum_{j=1}^n r_j}.$$

Для трёх сенсоров это даёт:

$$w_{cam} = \frac{r_{cam}}{r_{cam} + r_{lidar} + r_{radar}},$$

$$w_{lidar} = \frac{r_{lidar}}{r_{cam} + r_{lidar} + r_{radar}},$$

$$w_{radar} = \frac{r_{radar}}{r_{cam} + r_{lidar} + r_{radar}}.$$

После нормализации выполняется условие:

$$w_{cam} + w_{lidar} + w_{radar} = 1.$$

Далее выполняется сопоставление объектов, обнаруженных разными сенсорами. Обнаружения считаются относящимися к одному объекту, если они близки по положению, имеют совместимые классы и, при наличии ограничивающего прямоугольника, обладают достаточным пересечением областей. [6, 7] В простейшем случае может использоваться критерий расстояния:

$$\|p_a - p_b\| \leq d_{max},$$

где p_a и p_b — положения объектов, полученные от разных сенсоров, а d_{max} — допустимое расстояние для сопоставления.

Для каждой группы сопоставленных обнаружений вычисляется итоговая уверенность:

$$C = \sum_{i \in A} w_i c_i$$

где A — множество сенсоров, обнаруживших данный объект, w_i — вес сенсора, c_i — уверенность обнаружения по данным этого сенсора.

Объект включается в итоговое множество обнаружений, если выполняется условие:

$$C \geq C_{min},$$

где C_{min} — порог принятия решения.

Если объект обнаружен только одним сенсором, решение принимается только при достаточно высокой достоверности этого сенсора и высокой уверенности обнаружения:

$$w_i \geq w_{single}^{min},$$

$$c_i \geq c_{single}^{min}.$$

Это позволяет снизить вероятность ложных срабатываний от одного ненадёжного источника данных.

Общая последовательность работы алгоритма имеет следующий вид:

— Вход:

результаты обнаружения от камеры, LiDAR и радара;

коэффициенты достоверности r_{cam} , r_{lidar} , r_{radar} .

1. Вычислить веса сенсоров w_{cam} , w_{lidar} , w_{radar} .
2. Сопоставить обнаружения, относящиеся к одному объекту.
3. Для каждого объекта вычислить итоговую уверенность C .
4. Сравнить C с порогом принятия решения C_{min} .

Добавить объект в итоговое множество обнаружений, если условия выполнены.

— Выход:

итоговое множество обнаруженных объектов.

Таким образом, предложенный алгоритм позволяет адаптивно перераспределять вклад камеры, LiDAR и радара в зависимости от текущего качества данных. При ухудшении видимости вес менее надёжного сенсора снижается, а вклад более устойчивых источников информации увеличивается. Это повышает устойчивость обнаружения объектов без необходимости полной замены базовых алгоритмов детекции.

6. Модельная оценка предложенного алгоритма

Для предварительной оценки предложенного алгоритма был использован модельный эксперимент. Такой вариант оценки позволяет показать принцип работы адаптивного взвешивания без необходимости проведения полноразмерных испытаний на реальном транспортном средстве или большом наборе данных. [7, 8]

В эксперименте рассматривались четыре типовых сценария ([5]):

- 1) нормальная видимость;
- 2) туман;
- 3) дождь;
- 4) ночные условия.

Для каждого сценария задавались модельные значения коэффициентов достоверности камеры, LiDAR и радара. Значения выбирались с учётом известных особенностей сенсоров: камера наиболее чувствительна к освещённости и прозрачности среды, LiDAR может терять качество при осадках и снижении плотности облака точек, а радар в большей степени сохраняет работоспособность при ограниченной видимости, но обладает меньшей пространственной детализацией. [2, 5]

Модельные значения коэффициентов достоверности представлены в таблице 2.

Таблица 2. Коэффициенты достоверности сенсоров в различных условиях

Сценарий	r_{cam}	r_{lidar}	r_{radar}
Нормальная видимость	0,90	0,90	0,80
Туман	0,30	0,60	0,90
Дождь	0,60	0,45	0,80
Ночь	0,40	0,85	0,85

Для каждого сценария веса сенсоров вычислялись по формуле:

$$w_i = \frac{r_i}{r_{cam} + r_{lidar} + r_{radar}},$$

Результаты нормализации представлены в таблице 3.

Таблица 3. Адаптивные веса сенсоров

Сценарий	wcam	wlidar	wradar
Нормальная видимость	0,35	0,35	0,30
Туман	0,17	0,33	0,50
Дождь	0,32	0,24	0,43
Ночь	0,19	0,40	0,40

Из таблицы видно, что при нормальной видимости вклад камеры и LiDAR является наибольшим и примерно одинаковым. Это соответствует условиям, при которых камера обеспечивает качественное изображение, а LiDAR формирует плотное и устойчивое облако точек. Вклад радара при этом остаётся значимым, но несколько меньшим.

В условиях тумана вес камеры существенно уменьшается, поскольку ухудшается контрастность изображения и снижается надёжность визуального обнаружения. При этом вес радара возрастает до 0,50, так как радарные измерения в меньшей степени зависят от прозрачности среды. LiDAR сохраняет средний вклад, поскольку его работа также может ухудшаться в тумане, но не настолько резко, как у камеры.

В условиях дождя уменьшается достоверность LiDAR, что связано с возможными выбросами и отражениями от капель воды. В этом случае наибольший вес также получает радар. В ночных условиях снижается вклад камеры, тогда как LiDAR и радар становятся основными источниками информации.

Для оценки влияния адаптивного взвешивания была выполнена модельная проверка итоговой уверенности обнаружения объекта. Предполагалось, что один и тот же объект может быть обнаружен всеми тремя сенсорами с различной уверенностью. Итоговая уверенность рассчитывалась по формуле:

$$C = w_{cam}C_{cam} + w_{lidar}C_{lidar} + w_{radar}C_{radar}.$$

Для сравнения рассматривались два варианта:

- фиксированное взвешивание, при котором веса сенсоров не зависят от условий;
- адаптивное взвешивание, при котором веса рассчитываются на основе коэффициентов достоверности.

В модельном эксперименте использовался порог принятия решения:

$$C_{min} = 0,6.$$

При фиксированном взвешивании ухудшение одного сенсора продолжает влиять на итоговое решение. При адаптивном взвешивании вклад сенсора с низкой достоверностью уменьшается, поэтому итоговая уверенность определяется более надёжными в текущих условиях источниками данных.

Модельный эксперимент показывает, что предложенный алгоритм корректно перераспределяет вклад сенсоров в зависимости от условий видимости.

7. Результаты и обсуждение

Результаты модельной оценки показывают, что предложенный алгоритм адаптивного взвешивания позволяет учитывать изменение качества сенсорных данных при ограниченной видимости. В отличие от схемы с фиксированными весами, предложенный подход изменяет вклад камеры, LiDAR и радара в зависимости от рассчитанных коэффициентов достоверности.

Наиболее показательный результат получен для сценария тумана. В этом случае коэффициент достоверности камеры снижается до 0,30, а её вес после нормализации составляет только 0,17. Это означает, что визуальный канал не исключается полностью, но его влияние на итоговое решение значительно уменьшается. Основной вклад переходит к радару, вес которого возрастает до 0,50. Такое поведение соответствует физическим особенностям сенсоров, поскольку радар менее чувствителен к снижению видимости.

В сценарии дождя алгоритм снижает вклад LiDAR до 0,24. Это связано с тем, что осадки могут приводить к появлению шумовых отражений и уменьшению надёжности облака точек. При этом камера сохраняет умеренный вклад, а радар становится основным источником подтверждения объекта.

В ночных условиях вес камеры также уменьшается. Основная роль переходит к LiDAR и радару, каждый из которых получает вес 0,40. Такой результат является ожидаемым, поскольку LiDAR не зависит от внешнего освещения, а радар сохраняет возможность измерять дальность и скорость объектов.

Главное преимущество предложенного алгоритма состоит в том, что он не требует заранее фиксировать приоритеты сенсоров для всех условий движения. Вместо этого приоритеты изменяются динамически. Это особенно важно для беспилотного транспорта, поскольку условия восприятия могут быстро меняться во времени: транспортное средство может въехать в туман, попасть под дождь, оказаться в зоне плохого освещения или столкнуться с частичным загрязнением сенсора.

При этом предложенный подход имеет ряд ограничений. Во-первых, результаты зависят от выбранных показателей достоверности и коэффициентов их значимости. Во-вторых, модельный эксперимент не заменяет полноценную проверку на реальных данных. В-третьих, в данной работе не рассматривалась сложная задача точного сопоставления объектов между сенсорами, которая в реальной системе может существенно влиять на качество итогового обнаружения.

Несмотря на эти ограничения, полученные результаты подтверждают целесообразность использования оценки достоверности сенсорных данных при объединении результатов обнаружения. Предложенный алгоритм может применяться как дополнительный уровень обработки над существующими детекторами объектов. [3, 4, 6] Его дальнейшее развитие связано с проверкой на открытых датасетах беспилотного транспорта, подбором коэффициентов на экспериментальных данных и расширением набора признаков достоверности для различных типов сенсоров. [7–10]

8. Ограничения предложенного подхода

Предложенный алгоритм позволяет учитывать изменение достоверности сенсорных данных, однако имеет ряд ограничений. Во-первых, качество его работы зависит от выбора показателей достоверности для камеры, LiDAR и радара. Если выбранные показатели недостаточно точно отражают реальное состояние сенсора, итоговые веса могут быть рассчитаны некорректно.

Во-вторых, коэффициенты значимости показателей требуют настройки. В данной работе они рассматриваются как задаваемые параметры, однако в реальной системе их необходимо подбирать на основе экспериментальных данных, условий эксплуатации и характеристик конкретных сенсоров.

В-третьих, в статье используется модельная оценка, которая показывает принцип работы алгоритма, но не заменяет полноценную проверку на реальных данных. [7,8] Для практического применения требуется экспериментальная валидация на наборах данных беспилотного транспорта или в ходе натурных испытаний.

Также ограничением является необходимость корректного сопоставления объектов между сенсорами. [4, 6] Ошибки сопоставления могут приводить к неправильному объединению результатов обнаружения и снижать эффективность адаптивного взвешивания.

9. Заключение

В статье рассмотрена задача повышения устойчивости обнаружения объектов в системах технического зрения беспилотного транспорта при ограниченной видимости. Предложен алгоритм, основанный на оценке достоверности данных камеры, LiDAR и радара и последующем адаптивном взвешивании результатов обнаружения. [2–5]

В отличие от схем с фиксированными весами, предложенный подход позволяет изменять вклад каждого сенсора в зависимости от текущего качества его данных. При ухудшении изображения уменьшается вес камеры, при снижении качества облака точек уменьшается вес LiDAR, а при сохранении устойчивых измерений возрастает вклад радара.

Модельная оценка показала, что алгоритм корректно перераспределяет веса сенсоров в различных условиях видимости: при тумане, дожде и ночном движении. Это подтверждает целесообразность дальнейшего развития предложенного подхода.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на экспериментальную проверку алгоритма на реальных данных, автоматический подбор коэффициентов достоверности и расширение набора признаков, характеризующих качество сенсорной информации. [7–10]

Литература:

1. Grigorescu S., Trasnea B., Cocias T., Macesanu G. A Survey of Deep Learning Techniques for Autonomous Driving // Journal of Field Robotics. 2020. Vol. 37, No. 3. P. 362–386. DOI: 10.1002/rob.21918.
2. Yeong D. J., Velasco-Hernandez G., Barry J., Walsh J. Sensor and Sensor Fusion Technology in Autonomous Vehicles: A Review // Sensors. 2021. Vol. 21, No. 6. Article 2140. DOI: 10.3390/s21062140.
3. Fayyad J., Jaradat M. A., Gruyer D., Najjaran H. Deep Learning Sensor Fusion for Autonomous Vehicle Perception and Localization: A Review // Sensors. 2020. Vol. 20, No. 15. Article 4220. DOI: 10.3390/s20154220.
4. Wang Z., Wu Y., Niu Q. Multi-Sensor Fusion in Automated Driving: A Survey // IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 2847–2868. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2962554.

5. Zhang Y., Carballo A., Yang H., Takeda K. Perception and Sensing for Autonomous Vehicles Under Adverse Weather Conditions: A Survey // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2023. Vol. 196. P. 146–177. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2022.12.021.
6. Wang X., Li K., Chehri A. Multi-Sensor Fusion Technology for 3D Object Detection in Autonomous Driving: A Review // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2024. Vol. 25, No. 2. P. 1148–1165. DOI: 10.1109/TITS.2023.3317372.
7. Caesar H., Bankiti V., Lang A. H., Vora S., Liong V. E., Xu Q., Krishnan A., Pan Y., Baldan G., Beijbom O. nuScenes: A Multimodal Dataset for Autonomous Driving // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2020. P. 11621–11631. DOI: 10.1109/CVPR42600.2020.01164.
8. Geiger A., Lenz P., Urtasun R. Are We Ready for Autonomous Driving? The KITTI Vision Benchmark Suite // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2012. P. 3354–3361. DOI: 10.1109/CVPR.2012.6248074.
9. nuScenes: a multimodal dataset for autonomous driving [Электронный ресурс]. Режим доступа: официальный сайт nuScenes. Дата обращения: 16.05.2026.
10. The KITTI Vision Benchmark Suite [Электронный ресурс]. Режим доступа: официальный сайт KITTI. Дата обращения: 16.05.2026.

Разработка информационной системы управления доставкой документов и оборудования между судами в филиале ФГБУ «Информационно-аналитический центр Судебного департамента» в Пермском крае

Осколков Вадим Алексеевич, студент

Научный руководитель: Шевчук Ирина Сергеевна, старший преподаватель
Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова

Данная статья посвящена процессу проектирования информационной системы (ИС) учёта служебного автотранспорта для филиала ФГБУ ИАЦ Судебного департамента в Пермском крае. В работе проведён анализ существующих систем управления автопарком, в ходе которого выявлены их ключевые недостатки. Сформулировано и подробно обосновано положение о невозможности применения готовых коммерческих решений ввиду их несоответствия нормативно-правовым актам и законодательству Российской Федерации.

Ключевые слова: автоматизация, учет автотранспорта, модульная архитектура, Судебный департамент.

Анализ деятельности филиала ФГБУ ИАЦ Судебного департамента показал, что применяемые в настоящее время методы учёта опираются на ручную обработку данных. Это приводит к неэффективному планированию, отсутствию прозрачного контроля, а также к высоким трудозатратам при составлении регламентированной отчётности для надзорных органов.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки специализированной системы учёта, полностью удовлетворяющей жёстким требованиям процессуального законодательства (в частности, ГПК РФ, АПК РФ, УПК РФ) и государственным стандартам в области информационной безопасности.

В результате анализа рынка программного обеспечения было установлено, что готовые коммерческие системы учёта автотранспорта не могут быть внедрены в судебную систему по следующим причинам:

1. Отсутствие юридической значимости отчётности. Коммерческие системы ориентированы преимущественно на бизнес-анализ, тогда как в судебной системе требуется формирование отчётности, имеющей официальную юридическую силу и строго соответствующей действующим кодексам и внутренним регламентам.

2. Недостаточный уровень информационной безопасности. Специфика судебной системы требует строгого разграничения прав доступа и защиты конфиденциальных данных в соответствии с государственными стандартами. Коммерческие (корпоративные) системы неспособны обеспечить необходимый уровень защиты, так как их механизмы безопасности проектируются на основе внутренних стандартов частных компаний.

На основе проведённого анализа было принято решение о проектировании специализированной информационной системы учёта автотранспорта. Данное решение в полной мере учитывает специфику деятельности Судебного департамента, требования законодательства РФ и стандарты безопасности, предъявляемые к государственным информационным системам (ГИС).

Проектируемая система учёта охватывает все ключевые процессы управления ведомственным автопарком и базируется на модульной архитектуре, включающей в себя следующие функциональные блоки:

- управление пользователями и разграничение прав доступа;
- ведение единой базы данных транспортных средств;
- планирование поездок и выездов;
- мониторинг и контроль автотранспорта в реальном времени;
- формирование аналитической и регламентированной отчётности.

Для описания логики работы системы рассмотрим основной успешный сценарий, демонстрирующий взаимодействие диспетчера с информационной системой:

1. Диспетчер осуществляет выбор необходимой заявки в интерфейсе системы.
2. Система выводит список доступных транспортных средств и водителей на указанные дату и время.
3. Диспетчер производит выбор транспортного средства.
4. Диспетчер назначает водителя на выполнение заявки.
5. Система генерирует новый маршрут, связывая его с выбранной заявкой, транспортным средством и водителем.
6. Система автоматически формирует рекомендуемый маршрут движения на основе интеграции с картографическими данными.
7. Диспетчер при необходимости вносит коррективы в маршрут (изменяет контрольные точки или порядок их следования).
8. Диспетчер выполняет сохранение скорректированного маршрута.
9. Система окончательно закрепляет выбранное транспортное средство и водителя за данным маршрутом.
10. Система присваивает маршруту уникальный идентификационный номер и переводит его в статус «Запланировано».
11. Система в автоматическом режиме отправляет уведомление водителю о назначенном задании.

Проектируемая информационная система должна обладать высокой гибкостью и потенциалом для дальнейшего расширения функционала. На рисунке 1 представлена диаграмма последовательности, отражающая данные архитектурные потребности.

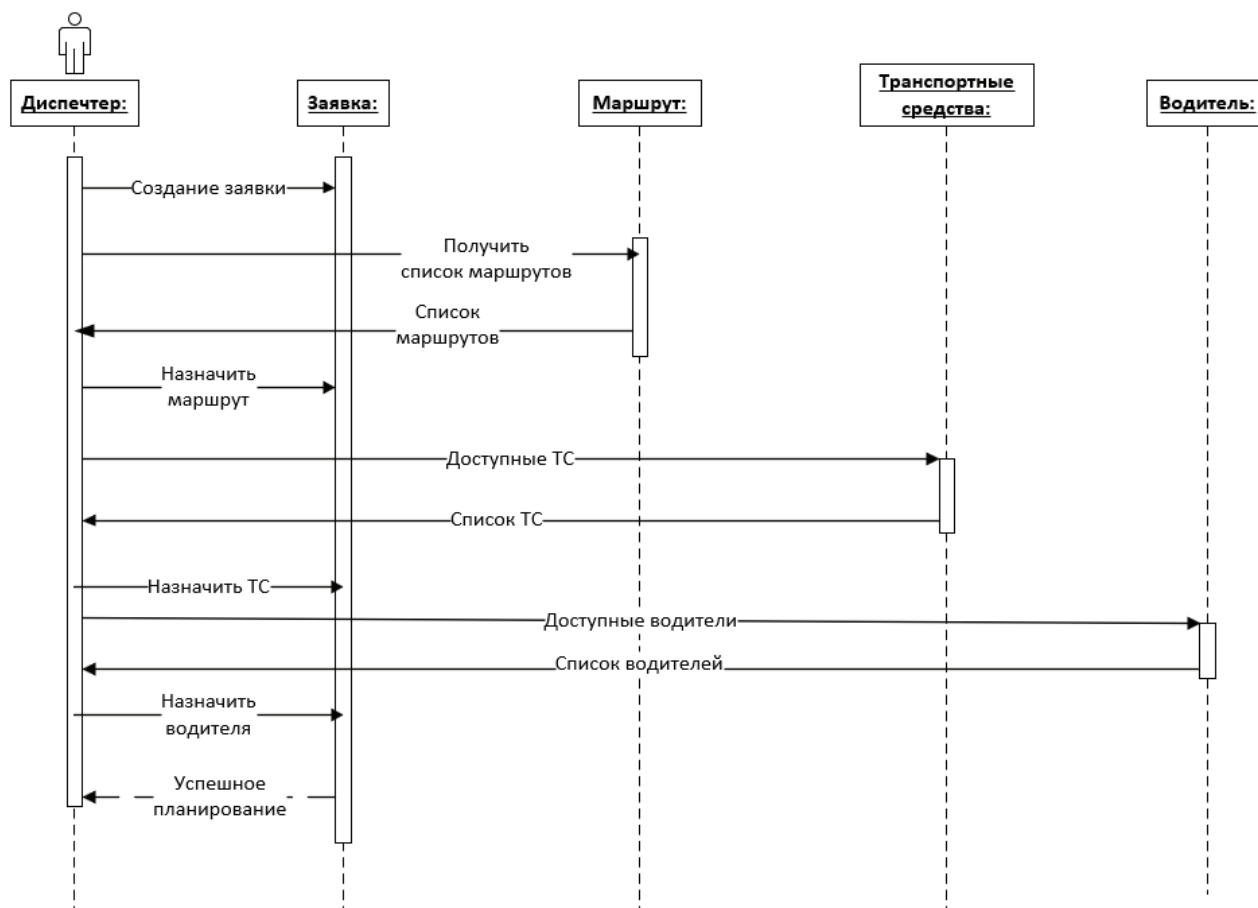


Рис. 1. Диаграмма последовательности

На диаграмме визуализирован сценарий планирования маршрута: пользователь формирует запрос к модулю планирования выездов, который обращается к базе данных для извлечения сведений о доступных автомобилях и водителях, а также взаимодействует с внешним картографическим сервисом. После подтверждения параметров модуль обращается к подсистеме уведомлений для отправки задания водителю.

В качестве технологического стека для реализации системы выбраны следующие инструментальные средства:

1. Язык программирования C# — обеспечивает высокую производительность, безопасность кода, масштабируемость и надежное взаимодействие с СУБД и внешними API.
2. Среда разработки Visual Studio — гарантирует полную интеграцию с платформой .NET, обладает развитой экосистемой плагинов и удобством долгосрочного сопровождения продукта.
3. СУБД Microsoft SQL Server (MSSQL) — характеризуется высокой надежностью, безопасностью, промышленной масштабируемостью и тесной интеграцией со средствами разработки Microsoft.

Важнейшим этапом проектирования ИС является разработка логической модели данных, детально представленная на рисунке 2.

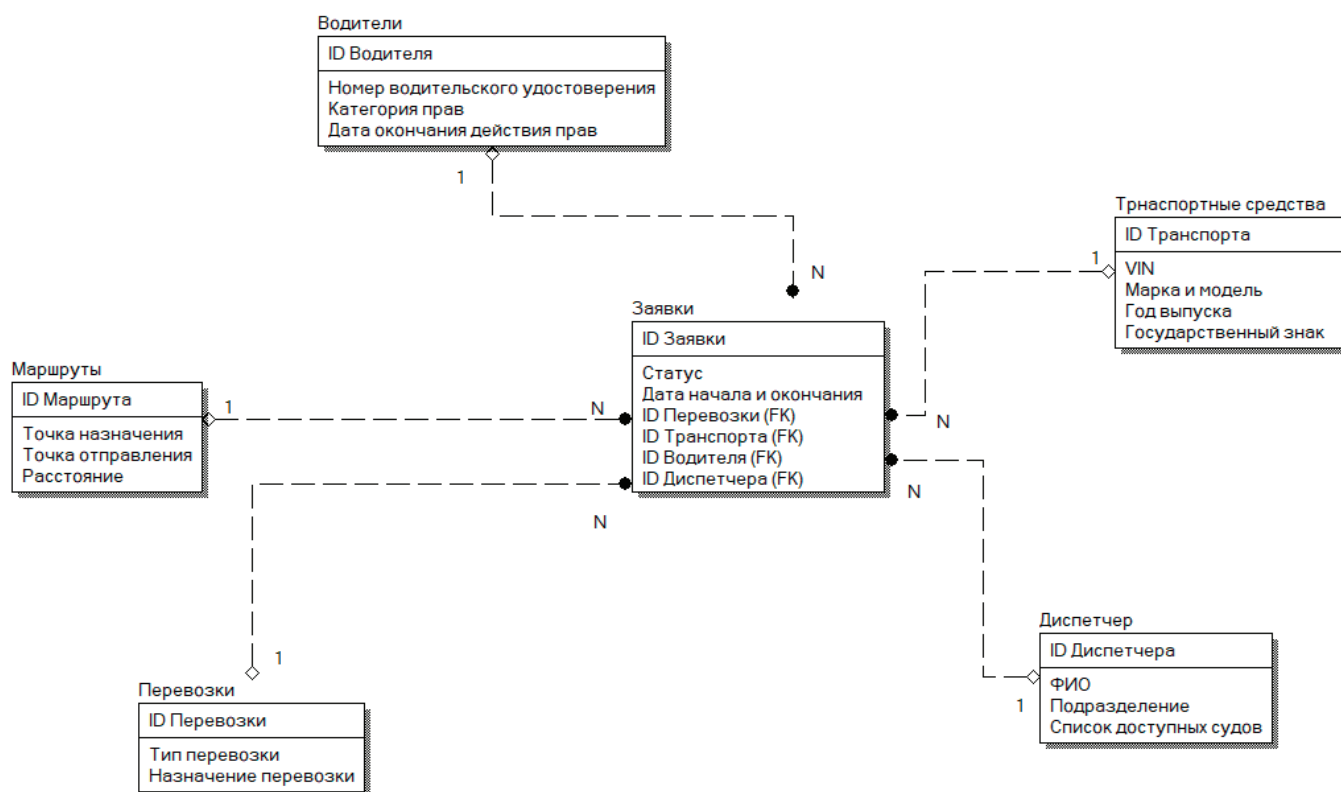


Рис. 2. Модель данных

В ходе исследования был проведён анализ управления ведомственным автотранспортом в структуре Судебного департамента, выявлены его недостатки и обоснована невозможность применения стандартных коммерческих решений. На основе выводов спроектирована модульная архитектура ИС и разработана логическая модель данных. Внедрение предложенного решения позволит автоматизировать ключевые процессы, обеспечить прозрачность и юридическую силу отчётности, разграничить доступ сотрудников и развернуть систему, целиком соответствующую нормативно-правовым требованиям судебной системы Российской Федерации.

Литература:

1. О ФГБУ ИАЦ Судебного департамента: [сайт]. — URL: <https://iac.cdep.ru/основные-виды-деятельности/> (дата обращения: 28.02.2026).
2. Программа «Контроль и учёт автотранспорта»: [сайт]. — <https://www.avto-uchet.ru/> (Дата обращения 01.03.2025).
3. Автотранспорт: учёт и анализ: [сайт]. — <http://kors-soft.ru/instr/tra3/help.htm> (Дата обращения 07.03.2026).
4. Система учёта и регистрации автотранспорта: [сайт]. — <https://vashtvmir.ru/sistema-ucheta-i-registratsii-avtotransporta/> (Дата обращения 03.03.2026).

Интеграция метода анализа иерархий с алгоритмами машинного обучения в логистике

Сухарев Арсений Эдуардович, студент магистратуры

Научный руководитель: Ивахненко Андрей Михайлович, доктор технических наук, профессор
Российский университет транспорта (МИИТ) (г. Москва)

В статье рассматривается интеграция метода анализа иерархий (МАИ) Т. Саати с алгоритмами машинного обучения как перспективное направление повышения эффективности принятия решений в логистике. Подробно описан механизм гибридной системы: от автоматизированного формирования оценок средствами машинного обучения до синтеза глобальных приоритетов методом МАИ.

Ключевые слова: МАИ, машинное обучение, многокритериальное принятие решений, логистика, выбор поставщиков, цепи поставок, случайный лес, автоматизация экспертных оценок.

В условиях цифровой трансформации логистической отрасли задачи многокритериального выбора, отбор поставщиков, управление транспортным парком, оценка рисков цепей поставок, приобретают новое измерение. Объём данных, доступных для анализа, кратно возрастает, тогда как временные ресурсы лиц, принимающих решения, остаются ограниченными. В этих условиях классические методы многокритериального анализа, в том числе метод анализа иерархий, требуют адаптации к реалиям информационно насыщенной среды [1].

Метод анализа иерархий, предложенный Т. Саати в 1970-х годах, зарекомендовал себя как надёжный инструмент структурированного принятия решений. Однако его применение в масштабных операционных задачах сопряжено с существенными ограничениями, такими как процедура ручного заполнения матриц парных сравнений становится практически неосуществимой при большом числе альтернатив, а качество результата критически зависит от субъективных суждений экспертов. Интеграция МАИ с алгоритмами машинного обучения — МО позволяет преодолеть данные ограничения, сохранив при этом методологическую прозрачность и интерпретируемость итоговых решений [2].

Ограничения классического МАИ в контексте современных логистических задач можно разделить на две группы. Первая связана с масштабируемостью, при сравнимых объектах число необходимых парных сравнений равно $n(n-1)/2$, что при $n > 15$ делает процедуру трудновыполнимой даже для опытного эксперта. Вторая группа ограничений касается объективности, так эксперт вынужден оперировать обобщёнными представлениями, тогда как в корпоративных базах данных уже накоплены тысячи записей об их реальной производительности.

Алгоритмы машинного обучения, в свою очередь, способны автоматически извлекать численные оценки из исторических данных, однако их результаты нередко лишены мобильности управления и не позволяют явно учитывать стратегические приоритеты организации. Таким образом, МАИ и МО обладают взаимодополняющими свойствами, так первый обеспечивает структурированное объединение суждений и прозрачность логики

решения, второй — объективную количественную основу для оценок [3].

Гибридная система МО-МАИ функционирует как двухэтапная процедура. На первом этапе алгоритм МО анализирует исторические данные и генерирует численные оценки альтернатив по каждому критерию иерархической модели. На втором этапе МАИ агрегирует эти оценки, взвешивая их с учётом относительной важности критериев, и формирует глобальный вектор приоритетов.

Для каждого критерия иерархической модели строится отдельная модель МО или единая многовыходная модель. На вход алгоритм получает набор признаков, характеризующих альтернативы, например, исторические показатели производительности, технические параметры, временные ряды операционных данных. На выходе формируется числовой вектор оценок по данному критерию для всех рассматриваемых альтернатив.

Выбор конкретного алгоритма МО определяется характером данных и критерия. Для задач классификации, отнесение поставщика к категории надёжных или ненадёжных, применяются методы градиентного бустинга или случайного леса, для прогнозирования непрерывных показателей, таких как, ожидаемое время доставки, прогнозируемые затраты на ремонт, — регрессионные модели или рекуррентные нейронные сети при наличии временной зависимости [4].

Выходные значения модели МО, как правило, представляют собой непрерывные числа или вероятности, которые необходимо привести к шкале относительных приоритетов, используемой в МАИ. Для этого применяется нормировка, численная оценка i -й альтернативы по j -му критерию преобразуется в локальный приоритет по формуле:

$$v_{ij} = s_{ij} / \sum_k s_{kj}, k = 1, \dots, n,$$

где s_{ij} — исходная оценка, полученная от модели МО, n — число альтернатив. При необходимости перед нормировкой применяется монотонное масштабирование, приводящее оценки к единому диапазону и устраняющее влияние выбросов.

В ряде работ предлагается более формализованный подход, выходы МО преобразуются непосредственно в элементы матриц парных сравнений по правилу

$a_{ij} = s_{ij} / s_{jj}$, что позволяет сохранить стандартную процедуру МАИ в неизменном виде и воспользоваться встроенной проверкой согласованности [3].

После получения локальных приоритетов v_{ij} для всех альтернатив и критериев МАИ выполняет стандартную процедуру синтеза. Веса критериев w_j определяются экспертным путём через матрицы парных сравнений на уровне критериев — именно здесь сохраняется роль эксперта как носителя стратегических предпочтений организации. Глобальный приоритет i -й альтернативы вычисляется как:

$$P_i = \sum w_j \cdot v_{ij}, j = 1, \dots, m.$$

Альтернатива с максимальным значением P_i признаётся наиболее предпочтительной. Таким образом, эксперт освобождается от трудоёмкой задачи попарной оценки самих альтернатив, сосредотачиваясь исключительно на смысловой части задачи определения относительной важности критериев.

Надёжность гибридной системы обеспечивается двумя механизмами контроля. Первый — встроенная в МАИ проверка согласованности через отношение согласованности ОС, если автоматически сформированные матрицы парных сравнений демонстрируют $ОС > 0,10$, система сигнализирует о необходимости экспертного вмешательства. Второй механизм — регулярное переобучение модели МО на новых данных, что обеспечивает актуальность оценок в условиях изменяющейся операционной среды [2].

Дополнительным инструментом контроля служит анализ важности признаков модели МО, он позволяет эксперту убедиться, что алгоритм опирается на содержательно обоснованные переменные, а не на случайные корреляции в обучающей выборке.

Совместное применение МАИ и машинного обучения целесообразно при соблюдении ряда условий. Прежде

всего необходим достаточный объём исторических данных как правило, не менее одного-двух лет операционной статистики, обеспечивающий репрезентативную обучающую выборку. Кроме того, задача должна характеризоваться высокой частотой принятия решений или большим числом оцениваемых объектов, при которых ручная экспертная процедура становится нерентабельной.

Немаловажным условием является также наличие чётко формализованной иерархической структуры задачи, набор критериев должен быть стабильным и содержательно обоснованным, поскольку именно он определяет архитектуру как иерархической модели МАИ, так и модели машинного обучения. Наконец, организация должна располагать компетенцией в области анализа данных для сопровождения алгоритмической составляющей системы [4].

Интеграция метода анализа иерархий с алгоритмами машинного обучения представляет собой методологически обоснованный ответ на ограничения классического МАИ в условиях информационно насыщенной логистической среды. Предложенная двухэтапная схема позволяет объединить статистическую мощь МО с прозрачностью и управленческой интерпретируемостью МАИ, сохранив за экспертом ключевую роль в определении стратегических приоритетов.

Практическая состоятельность данного подхода подтверждается рядом реализованных проектов. В частности, исследование Liu et al. 2020 г, выполненное на материалах платформы Cainiao Network (Alibaba Group), продемонстрировало, что гибридная модель на основе алгоритма случайного леса и МАИ позволила сократить цикл обновления рейтингов поставщиков с шести месяцев до двух недель.

Литература:

1. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати; пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. — Москва: Радио и связь, 1993. — 278 с.
2. Черноруцкий, И. Г. Методы принятия решений / И. Г. Черноруцкий. — Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2005. — 416 с.
3. Liu, Y. Automated supplier evaluation using random forest and AHP in e-commerce logistics / Y. Liu, H. Zhang, J. Wang // Transportation Research Part E. — 2020. — Vol. 144. — P. 102–118.
4. Ho, W. Integrated analytic hierarchy process and its applications — a literature review / W. Ho // European Journal of Operational Research. — 2008. — Vol. 186, № 1. — P. 211–228.

Программное средство для финансового планирования с применением искусственного интеллекта

Федотов Евгений Андреевич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (г. Зеленоград)

В статье рассматривается разработка программного средства для финансового планирования с применением искусственного интеллекта. Обоснована актуальность задачи в условиях недостаточности существующих решений для комплексного учёта личных финансов и формирования персональных аналитических рекомендаций. Проведён анализ су-

существующих программных аналогов, выявлены их ключевые недостатки. Предложено программное средство, реализующее учёт доходов и расходов, планирование финансовых целей и интеллектуальный анализ данных на основе локальной языковой модели. Описаны концептуальная модель, архитектура и алгоритмы функционирования системы. Показано, что разработанное решение позволяет обеспечить пользователям бесплатный доступ к персональным финансовым рекомендациям, снизить трудозатраты на ведение учёта и поддержать принятие обоснованных финансовых решений.

Ключевые слова: финансовое планирование, личный бюджет, искусственный интеллект, языковая модель, REST API, учёт транзакций, аналитика расходов, программное средство, персональные рекомендации.

1. Анализ предметной области

В современных условиях цифровизации и широкого распространения мобильных устройств вопросы управления личным бюджетом и долгосрочного финансового планирования приобретают всё большую актуальность. Программные средства становятся ключевым инструментом для мониторинга финансового состояния, анализа потребительского поведения и обеспечения экономической стабильности пользователей.

Финансовое планирование предполагает систематическую фиксацию информации о доходах и расходах, а также получение на её основе аналитических выводов и персональных рекомендаций. Ручное ведение подобного учёта является трудоёмким процессом, что снижает мотивацию пользователей к его регулярному применению.

Основные проблемы в данной предметной области:

- отсутствие универсальных решений, обеспечивающих комплексный учёт и долгосрочное планирование в рамках одного приложения;
- ограниченность аналитических инструментов: большинство решений отображают лишь базовую статистику по категориям, не предоставляя персональных рекомендаций;
- широко распространённая модель монетизации, ограничивающая ключевой функционал без оформления платной подписки;
- необходимость самостоятельной интерпретации данных пользователем, не обладающим специальными знаниями в области финансового менеджмента.

Особенно остро эти проблемы проявляются у пользователей, нацеленных на достижение конкретных финансовых целей — формирование накоплений или оптимизацию повседневных расходов. Поэтому актуальна задача разработки программного средства, которое обеспечивает не только учёт транзакций, но и интеллектуальный анализ данных с формированием персональных советов. Такой подход позволяет снизить требования к финансовой грамотности пользователя и повысить практическую ценность системы.

2. Обзор существующих решений

В настоящее время существует ряд программных средств для управления личными финансами, среди которых можно выделить следующие категории:

- решения для учёта доходов и расходов;
- решения с инструментами финансового планирования и постановки целей;
- решения с элементами интеллектуального анализа данных.

К наиболее распространённым решениям относятся CoinKeeper, Cleo, Wallet и Zenmoney. Анализ показал, что существующие инструменты имеют следующие ограничения:

- отсутствие комплексного подхода в одном приложении;
- ограниченность аналитических функций базовой статистикой без формирования персональных рекомендаций;
- закрытость расширенного функционала за платной подпиской;
- ориентация на зарубежные банковские системы и отсутствие поддержки российского рынка у ряда решений;
- зависимость от установки отдельного приложения без возможности работы через распространённые мессенджеры.

Таким образом, существует потребность в универсальном программном средстве, обеспечивающем бесплатный доступ к комплексному учёту финансов, долгосрочному планированию и интеллектуальному анализу данных без необходимости установки дополнительного программного обеспечения.

3. Концептуальная модель

На основе анализа предметной области и функциональных требований разработана концептуальная модель программного средства для финансового планирования с применением искусственного интеллекта (ПС ФПИИ). Для ви-

зуализации границ системы и сценариев взаимодействия с внешним окружением использована диаграмма вариантов использования (Use Case Diagram) языка моделирования UML.

Пользователь — субъект системы, который инициирует работу программного средства, вводит данные о транзакциях и финансовых целях, управляет категориями расходов и запрашивает интеллектуальный анализ своего бюджета, получая в ответ персональные аналитические выводы и рекомендации.

Концептуальная модель ПС ФПИИ включает следующие ключевые сценарии:

- авторизация пользователя — идентификация осуществляется через механизмы мессенджера, что исключает необходимость отдельной регистрации и обеспечивает безопасный доступ к персональным финансовым данным;
- ведение учёта транзакций — пользователь вводит данные о доходах и расходах через интерфейс мессенджера с указанием суммы, категории, валюты и даты операции;
- управление финансовыми целями — пользователь создаёт долгосрочные цели накопления, отслеживает прогресс их достижения и получает актуальное состояние бюджета;
- запрос интеллектуального анализа — завершающий этап взаимодействия, на котором сервис аналитики агрегирует данные за выбранный период, формирует контекст и передаёт его локальной языковой модели для генерации персональных рекомендаций по оптимизации бюджета.

Проиллюстрируем это на рис. 1.

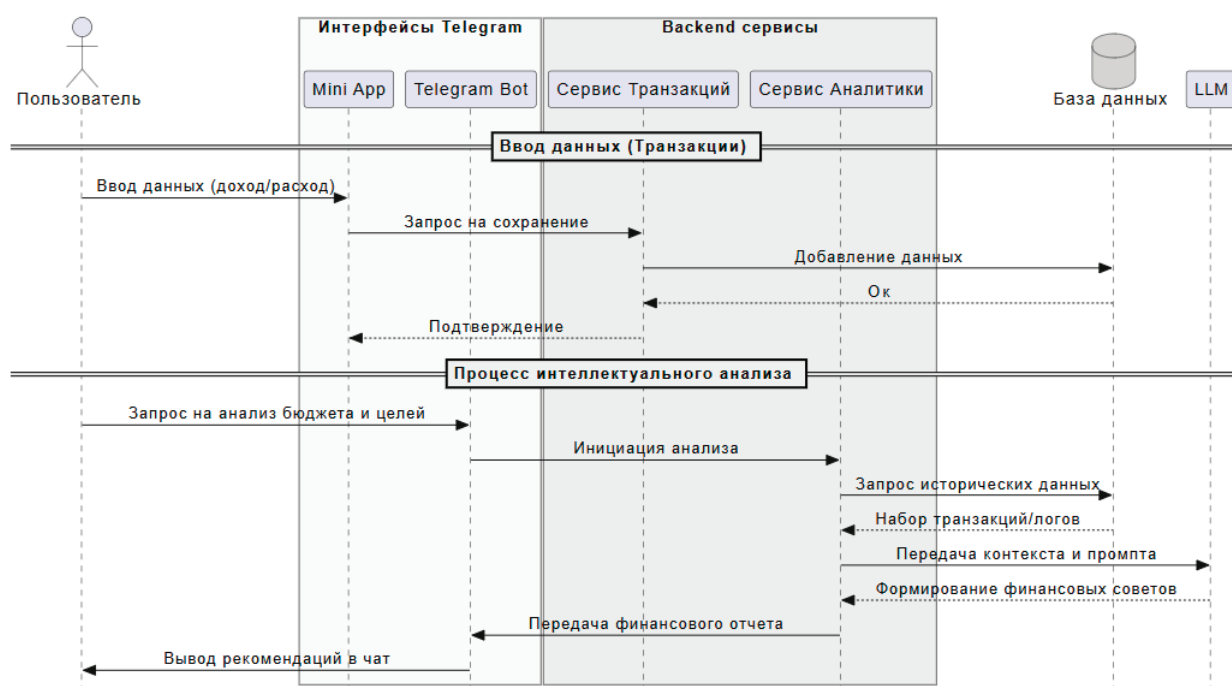


Рис. 1. Концептуальная модель ПС ФПИИ

4. Стек технологий

В стек используемых технологий для разработки программного средства для финансового планирования с применением искусственного интеллекта (ПС ФПИИ) включены современные инструменты и библиотеки, обеспечивающие корректную обработку пользовательских данных, взаимодействие с мессенджером, интеграцию с языковой моделью и поддержку качества кода. Подробнее про каждый из компонентов:

- язык программирования Python версии 3.11;
- фреймворк FastAPI;
- библиотека валидации данных Pydantic — применяется для описания и проверки схем входных и выходных данных между компонентами системы;
- СУБД PostgreSQL — используется для хранения данных о транзакциях, финансовых целях и пользователях;
- библиотека aiogram для обработки пользовательских запросов в диалоговом формате;
- локальная языковая модель (LLM) — выполняет интеллектуальный анализ агрегированных финансовых данных и формирует персональные рекомендации по оптимизации бюджета;
- HTML, CSS, JavaScript — технологии для создания интерфейса;

5. Алгоритмы функционирования

Работа программного средства начинается с инициализации и запуска сервисов. После запуска система переходит в режим ожидания входящих запросов от пользователей. В зависимости от типа запроса возможны три сценария:

- запрос через интерфейс мессенджера — сервер принимает данные о транзакции или финансовой цели, выполняет валидацию, при корректности — сохраняет запись в базе данных и возвращает пользователю актуальное состояние бюджета;
- REST API запрос между сервисами — сервис аналитики обращается к сервису транзакций для получения агрегированных данных за выбранный период, выполняется обработка запроса и возврат JSON-ответа;
- запрос к языковой модели — сервис аналитики формирует контекст на основе полученных данных, передаёт его локальной языковой модели и ожидает результата в виде текстовых рекомендаций, которые затем направляются пользователю через мессенджер.

Система работает в непрерывном цикле обработки входящих запросов, обеспечивая как синхронное взаимодействие при учёте транзакций, так и асинхронную обработку ресурсоёмких операций интеллектуального анализа без снижения отзывчивости интерфейса.

Схема алгоритма работы ПС ФПИИ представлена на рис. 2.

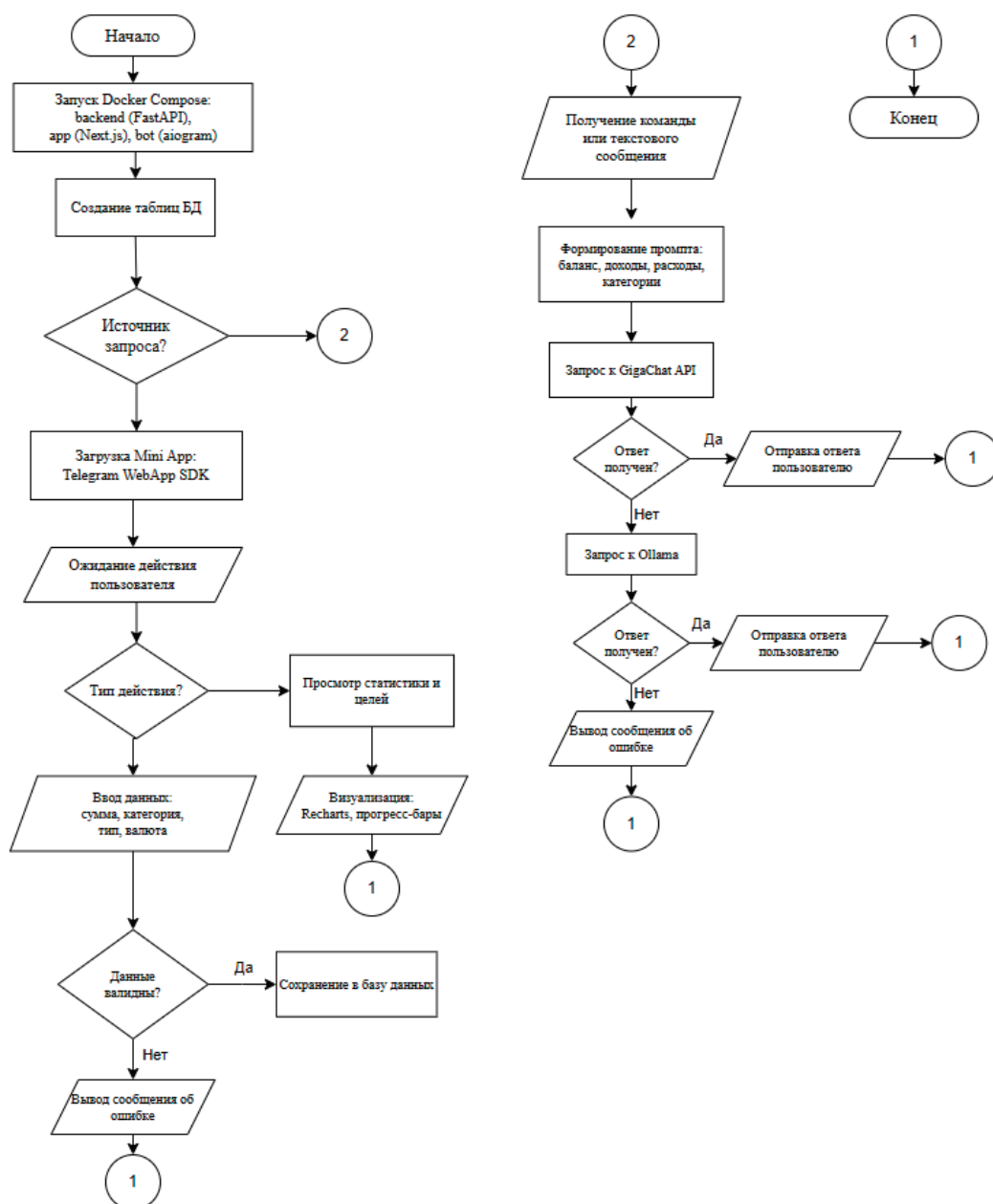


Рис. 2. Схема алгоритма работы ПС ФПИИ

6. Результаты

Разработанное программное средство для финансового планирования с применением искусственного интеллекта автоматизирует ведение учёта доходов и расходов и формирование персональных аналитических рекомендаций без необходимости наличия у пользователя специальных знаний в области финансового менеджмента. Экспериментально подтверждена эффективность интеллектуального анализа финансовых данных и корректность формирования персональных советов по оптимизации бюджета на основе реальных транзакций пользователя.

Перспективы дальнейшего развития: расширение аналитического функционала, повышение точности рекомендаций языковой модели, интеграция с банковскими сервисами для автоматического импорта транзакций.

Литература:

1. Язык программирования Python. — URL: <https://www.python.org/doc/>
2. FastAPI Framework. Официальная документация. — URL: <https://fastapi.tiangolo.com/>
3. SQLAlchemy Documentation. — URL: <https://docs.sqlalchemy.org/>
4. Telegram Mini Apps. Официальная документация. — URL: <https://core.telegram.org/bots/webapps>
5. Aiogram. Асинхронный фреймворк для Telegram Bot API. — URL: <https://docs.aiogram.dev/>

Анализ больших данных с использованием больших языковых моделей: роль языковых моделей в автоматизации аналитических процессов

Шеварев Максим Владимирович, студент магистратуры
Московский политехнический университет

В статье рассматривается роль больших языковых моделей в автоматизации отдельных стадий анализа больших данных. Показано, что LLM целесообразно понимать не как замену хранилищ, СУБД, BI-систем и методов машинного обучения, а как семантический и агентный слой, работающий поверх уже существующего аналитического конвейера. Предложена авторская классификация пяти ролей LLM: ассистент очистки, семантический интерпретатор, агент генерации запросов, контролер качества и интерпретатор результатов. Также сформированы матрицы соответствия этих ролей этапам pipeline и ключевым архитектурным требованиям. Особое внимание уделено ограничениям LLM: галлюцинациям, утечкам данных и снижению воспроизводимости аналитических процедур.

Ключевые слова: большие данные, большие языковые модели, LLM, LLM4Data, Data4LLM, автоматизация аналитики, Text-to-SQL, управление данными, качество данных, data governance.

Введение

Инфраструктуры больших данных долгое время строились вокруг хранилищ, вычислительных движков, ETL-процессов и специализированных аналитических инструментов. В такой архитектуре основной гарантией надежности выступали формальные элементы: схема данных, типы, ограничения, SQL-запросы, регламенты качества и заранее описанные метрики. Появление больших языковых моделей изменило не саму природу данных, а способ взаимодействия аналитика с ними: всё чаще работа начинается не с готового запроса, а с естественно-языкового намерения, которое затем должно быть переведено в формальную процедуру.

В современной литературе это направление описывается через связку LLM4Data и Data4LLM. Первая линия относится к применению больших языковых моделей для управления, очистки, поиска, интерпретации и анализа данных; вторая — к использованию методов управления данными для подготовки, обслуживания и инференса самих моделей [1]. Близкую по смыслу рамку задает данно-центричный искусственный интеллект: в нем качество, жизненный цикл и сопровождаемость данных рассматриваются не как второстепенное условие, а как самостоятельный предмет проектирования [2].

При этом LLM нельзя рассматривать как новое универсальное ядро аналитики. Работы по применению крупных языковых моделей в управлении данными показывают, что они полезны там, где требуется перевод между представлениями: текстом, таблицей, схемой, программным кодом, запросом и объяснением результата [3], [4]. Но в задачах строгого вычисления, контроля типов, соблюдения схемы и воспроизводимости модель должна опираться на внешние инструменты исполнения и проверки.

Цель статьи состоит в том, чтобы систематизировать роли LLM в конвейере больших данных и предложить простую теоретическую модель их применения. В статье не утверждается, что языковые модели способны заменить классические средства анализа. Напротив, основной тезис состоит в другом: наибольшую ценность LLM дают тогда, когда встроены в управляемый контур, где генерация отделена от верификации, а итоговый результат может быть проверен формальными средствами.

Концептуальная рамка LLM4Data и Data4LLM

Пара LLM4Data / Data4LLM удобна тем, что не смешивает две разные стороны одной проблемы. LLM4Data отвечает на вопрос, как языковые модели могут помогать при работе с данными: понимать таблицы, предлагать варианты очистки, связывать пользовательский вопрос со схемой, формировать SQL-запрос, описывать результат и готовить документацию. Data4LLM, в свою очередь, отвечает на вопрос, какие данные, индексы, контекст, кэши, векторные базы и контуры сервинга нужны для устойчивой работы самих моделей [1], [4].

Смысл такой рамки особенно заметен на табличных и схемо-ориентированных задачах. Исследования по обработке таблиц показывают, что LLM способны работать с табличными структурами, но их ответы чувствительны к способу представления таблицы, порядку полей, сериализации и полноте контекста [5], [6]. Поэтому табличная аналитика с участием LLM требует не только сильной модели, но и аккуратной подготовки схемы, метаданных и проверочных правил. Отдельные работы по задачам над таблицами прямо показывают, что использование LLM в таких сценариях становится самостоятельным направлением, а не частным случаем обычной обработки текста [7].

Отдельное место занимает Text-to-SQL — перевод естественно-языкового вопроса в формальный запрос к базе данных. Обзоры по этой теме фиксируют быстрый рост качества LLM-подходов, но одновременно подчеркивают зависимость результата от schema linking, примеров, подсказок и постпроверки [8]. Экспериментальные оценки показывают, что даже сильные модели могут давать синтаксически правдоподобные, но семантически неверные запросы, если контекст схемы неполон или бизнес-правила не зафиксированы явно [9].

В задачах очистки данных и подготовки признаков LLM полезны не столько как автоматический исполнитель, сколько как генератор гипотез. Они могут предлагать контекстные правила, восстанавливать неоднозначные значения, подсказывать преобразования и помогать в feature engineering [10], [11], [12]. Однако любое такое предложение должно проходить через формальные ограничения, тесты, журналирование изменений и, в спорных случаях, проверку человеком.

Еще одна линия исследований связана с документацией и прозрачностью наборов данных. Подходы Datasheets for Datasets и Data Cards показывают, что датасет должен сопровождаться сведениями о происхождении, составе, ограничениях, допустимых сценариях использования и возможных рисках [13], [14]. Языковые модели способны ускорить подготовку таких описаний, но не могут сами быть окончательным источником ответственности. Более поздние обзоры инструментов документации также показывают, что главная сложность состоит не только в написании текста, но и во встраивании документации в рабочий процесс [15].

Наконец, LLM заметно усиливают слой объяснения результатов. Исследования по data-to-text generation рассматривают преобразование структурированных данных в связное текстовое описание как отдельную задачу [16]. В прикладных сценариях вроде анализа логов языковые модели используются не только для обнаружения аномалий, но и для объяснения возможных причин их появления [17]. В более широком виде эта логика ведет к инструментально-усиленным LLM и агентным системам, где модель планирует действия, вызывает внешние инструменты, анализирует промежуточные результаты и передает итог человеку [18], [19].

Авторская классификация ролей LLM

Для описания места LLM в аналитическом pipeline предлагается не инструментальная, а функциональная классификация. Она исходит из того, на какой объект воздействует модель: сырые данные, схему, пользовательский вопрос, вычислительный результат или итоговый аналитический текст. По этому признаку можно выделить пять ролей.

Первая роль — ассистент очистки. В этой роли LLM помогают выявлять пропуски, дубли, неоднозначные категории, противоречивые единицы измерения и контекстные ошибки. Их ценность состоит в способности учитывать не только статистику распределений, но и смысловое окружение записи. В то же время именно здесь особенно опасны тихие ошибки: правдоподобная, но неверная правка может перейти во все последующие стадии анализа [10], [11]. Поэтому ассистент очистки должен предлагать варианты исправления, но не заменять проверяемую процедуру изменения данных.

Вторая роль — семантический интерпретатор. Она нужна там, где схема бедно описана, названия полей неполны, а источники содержат сочетание таблиц, кодов, текстов и доменных терминов. LLM может помочь связать формальную структуру с предметным смыслом: предложить описание поля, вероятный тип сущности, связь между таблицами или ограничение использования датасета. Но такая интерпретация должна подтверждаться владельцами данных и метаданными, иначе она превращается в догадку, оформленную как уверенное объяснение [5], [6], [13], [14].

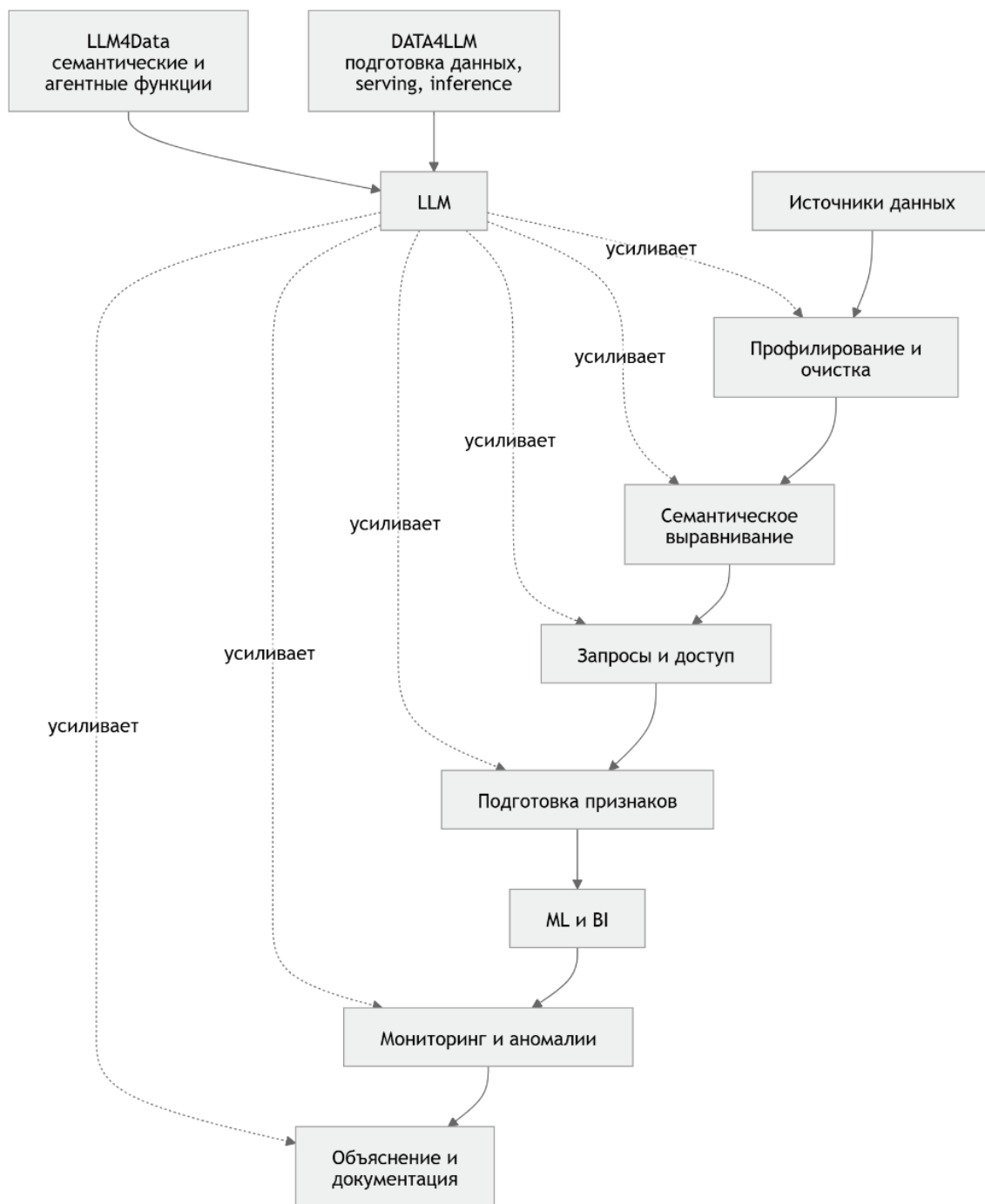


Рис. 1. Общая логика применения LLM в конвейере больших данных

Третья роль — агент генерации запросов. В этом режиме LLM переводит вопрос пользователя в SQL, NL2Viz-команду или другой формальный язык доступа. Эта роль особенно заметна в BI-сценариях, где необходимо снизить порог входа для пользователей, не владеющих языком запросов. Однако запрос, созданный LLM, должен исполняться в контролируемой среде и проверяться на соответствие схеме, правам доступа и допустимым агрегациям [8], [9].

Четвертая роль — контролер качества. В отличие от предыдущих ролей, она не столько создает новый артефакт, сколько проверяет уже полученный: сопоставляет текстовый вывод с агрегатами, ищет противоречия в рассуждении, проверяет типы и ограничения, требует повторного запуска инструмента и фиксирует происхождение результата. Эта роль принципиальна, потому что исследования по оценке LLM и галлюцинациям показывают: убедительная форма ответа не является доказательством его корректности [20], [21].

Пятая роль — интерпретатор результатов. Здесь LLM превращает таблицу, график, лог, набор метрик или результат модели в понятное объяснение для исследователя, руководителя или аудитора. Такая роль полезна при подготовке отчетов, пояснении аномалий и документировании выводов. Но и в этом случае текст должен быть привязан к исходным

числам: языковая модель не должна свободно достраивать причины там, где данные показывают только корреляцию или описание [16], [17].

Матрицы применения ролей

Первую матрицу удобно построить по этапам аналитического pipeline. Она показывает, где роль LLM является основной, где вспомогательной, а где её использование допустимо только эпизодически. Важно, что одна роль может сопровождать несколько этапов, а один этап может включать несколько ролей.

Таблица 1. Матрица соответствия ролей LLM этапам аналитического pipeline

Этап	Оч.	Сем.	Запр.	Контр.	Интерпр.
Получение и профилирование	△	○	—	○	—
Очистка и нормализация	◎	○	—	◎	—
Семантическое выравнивание схем и метаданных	○	◎	○	○	△
Доступ к данным и ВІ-запросы	—	○	◎	○	○
Подготовка признаков	○	○	△	○	—
ML-этап и оценка результатов	—	△	△	◎	○
Мониторинг и анализ аномалий	○	○	—	◎	◎
Объяснение, отчетность, документация	—	○	△	○	◎

Обозначения: ◎ — основная роль; ○ — вспомогательная роль; △ — эпизодическая роль;
— — нецелесообразно использовать как основной механизм.

Из таблицы 1 следует, что LLM не стоит описывать одной общей формулой «аналитический помощник». На ранних стадиях они помогают прояснять смысл данных и предлагать варианты преобразований, но требуют жесткой проверки. На поздних стадиях их ценность смещается к объяснению, подготовке текста и поддержке коммуникации между аналитиком и пользователем.

Таблица 2. Матрица применения ролей LLM по архитектурным измерениям

Роль	Тип данных	Скорость обновления	Требования к качеству
Ассистент очистки	Таблицы, логи, текстовые поля	Низкая-средняя; потоковый режим только с правилами	Очень высокие; обязательна внешняя проверка
Семантический интерпретатор	Схемы, метаданные, смешанные артефакты	Средняя-высокая	Высокие; допустима человеко-машинная редактура
Агент генерации запросов	Структурированные и полуструктурированные данные	Высокая, интерактивная	Очень высокие; нужна sandbox-проверка
Контролер качества	Все данные и промежуточные артефакты	Любая, особенно непрерывная	Критические
Интерпретатор результатов	Агрегаты, графики, логи, summary-артефакты	Периодическая или интерактивная	Высокие; обязателен числовой grounding

Таблица 3

Роль	Стоимость хранения	ВІ-нагрузка	ML-нагрузка	Governance
Ассистент очистки	Средняя из-за версионирования и логов ремонта	Средняя	Высокая	Очень высокие
Семантический интерпретатор	Низкая-средняя	Высокая	Средняя	Высокие
Агент генерации запросов	Низкая	Очень высокая	Низкая-средняя	Очень высокие
Контролер качества	Средняя-высокая из-за аудита и provenance	Высокая	Высокая	Максимальные
Интерпретатор результатов	Низкая	Очень высокая	Средняя	Высокие

Таблицы 2 и 3 показывают, что выбор роли зависит не от популярности LLM как технологии, а от профиля нагрузки. Если доминирует интерактивная BI-аналитика, наиболее заметным становится агент генерации запросов, но его необходимо связывать с контролером качества. Если приоритетом являются ML-задачи и подготовка признаков, большее значение получают ассистент очистки и семантический интерпретатор. В регуляторно чувствительных контурах все роли должны подчиняться требованиям governance и аудита.

Риски и ограничения применения LLM

Использование LLM в аналитике больших данных порождает не только локальные ошибки, но и системные риски. Первый риск — галлюцинации. Модель может уверенно объяснить аномалию, предложить преобразование или сформировать запрос, который выглядит профессионально, но не подтверждается исходными данными [21]. Второй риск — утечка данных через prompts, retrieval, внешние API или запоминание фрагментов обучающих данных [22], [23], [24]. Третий риск — потеря воспроизводимости, когда результат зависит от версии модели, промпта, температуры вывода, состава контекста и загрязнения бенчмарков [20], [25], [26].

Поэтому зрелая архитектура LLM4Data должна строиться не как свободный чат с данными, а как контролируемый контур. Минимальный вариант такого контура включает retrieval и контекст схемы, инструменты исполнения, формальные проверки, участие человека и аудит происхождения результата. Именно эта логика отражена на рисунке 2.

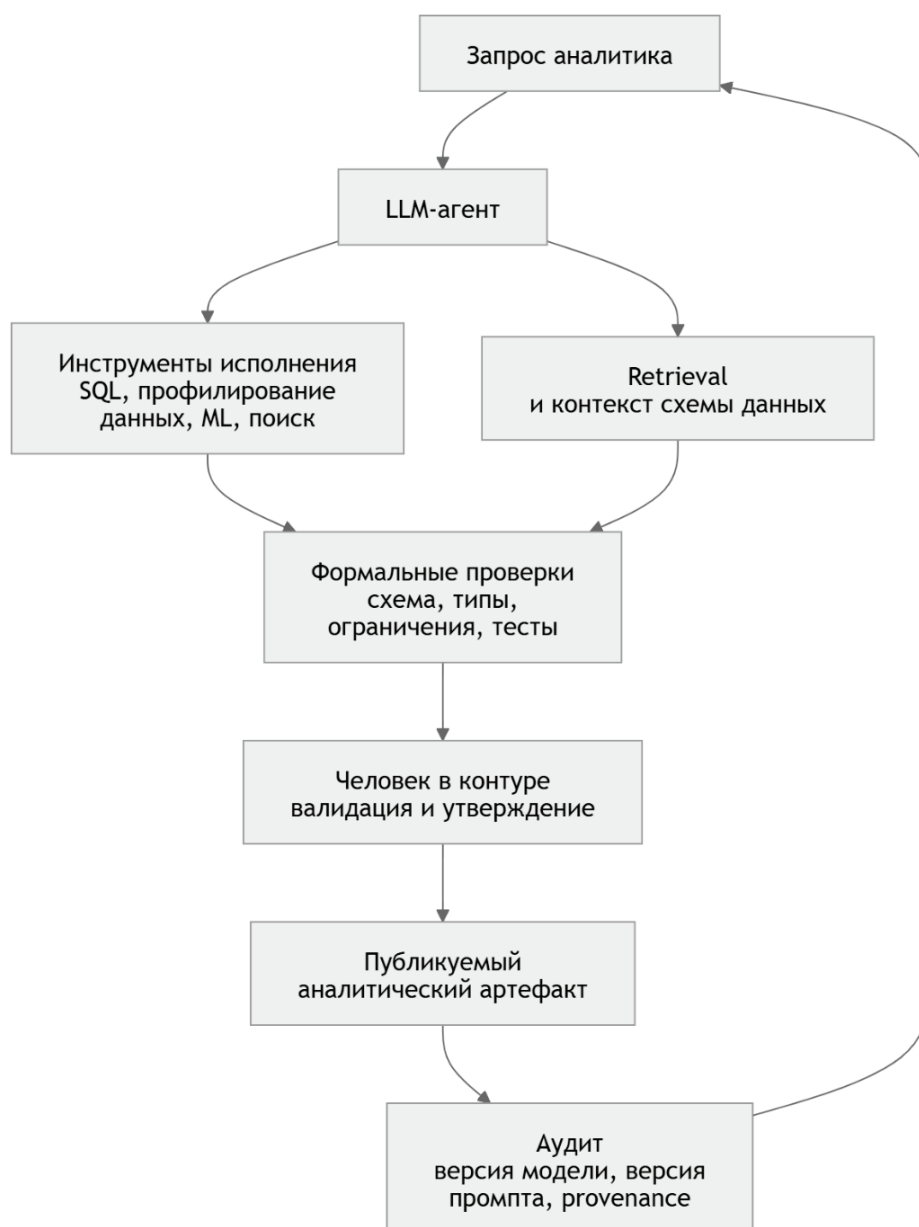


Рис. 2. Минимальный контур надежности LLM-аналитики

Таблица 4. Основные риски применения LLM в аналитике больших данных

Риск	Где проявляется сильнее всего	Теоретический эффект	Минимальный контур снижения риска
Галлюцинации	Очистка, генерация запросов, объяснение результатов	Ложные преобразования и интерпретации попадают в официальную аналитику	Retrieval, schema-aware ограничения, sandbox-исполнение, self-check, human review
Утечки данных	Приватные датасеты, prompts с чувствительными полями, внешние API	Нарушение конфиденциальности и нормативного соответствия	Локальный inference, редактирование чувствительных атрибутов, журнал доступа, policy enforcement
Потеря воспроизводимости	Benchmarking, агентные цепочки, long-running analysis	Невозможность повторить результат и проверить валидность вывода	Версионирование модели и промптов, фиксированные инструменты, contamination-aware оценка, аудит

Особенно важно, что перечисленные риски не устраняются простым запретом на «неправильные» промпты. Если в организации нет контроля доступа, версионирования, журналирования и политики работы с чувствительными признаками, LLM лишь делает уже существующие проблемы менее заметными. Приватность в LLM4Data связана не только с сетевой безопасностью, но и с тем, какие поля попадают в контекст модели, какие результаты сохраняются и кто может повторно использовать промежуточные артефакты [22], [23], [24].

Риск воспроизводимости также имеет академическое значение. Если одна и та же система в разные моменты времени генерирует разные правила очистки, разные SQL-запросы или разные текстовые выводы, то исследователь не может уверенно отделить устойчивый результат от случайной вариации модели. Поэтому LLM следует проектировать как вероятностного помощника, а не как самостоятельный источник аналитической истины [20], [25], [26].

Заключение

Проведенный анализ показывает, что большие языковые модели в конвейере больших данных следует рассматривать как слой семантического посредничества между человеком, данными и формальными инструментами вычисления. Они особенно полезны там, где требуется связать естественный язык с таблицей, схемой, запросом, метаданными или объяснением результата. Однако там, где требуется строгая корректность, LLM должны работать только вместе с внешней проверкой.

Предложенная классификация выделяет пять ролей LLM: ассистент очистки, семантический интерпретатор, агент генерации запросов, контролер качества и интерпретатор результатов. Эти роли не заменяют стадии pipeline, а накладываются на них и усиливают отдельные переходы между данными, формальными процедурами и аналитическим выводом.

Главный практический вывод состоит в том, что автоматизация аналитики с помощью LLM должна начинаться не с выбора модели, а с определения границ автономии. В одних случаях модель может только предлагать варианты, в других — формировать запрос для последующей проверки, в третьих — объяснять уже рассчитанные показатели. Чем выше требования к качеству, приватности и governance, тем меньше должно быть автономного исполнения и тем сильнее должен быть контур проверки.

Таким образом, LLM перспективны не как замена статистики, СУБД, BI-платформ или систем машинного обучения, а как управляемая надстройка над ними. Научная ценность предложенной рамки состоит в том, что она переводит обсуждение LLM в аналитике больших данных из общего утверждения о «полезности искусственного интеллекта» в более точный вопрос: какую роль модель выполняет, на каком этапе pipeline она подключается и каким способом проверяется ее результат.

Литература:

1. Li G., Wang J., Zhang C., Wang J. Data+AI: LLM4Data and Data4LLM // Companion of the 2025 International Conference on Management of Data. 2025. DOI: 10.1145/3722212.3725641.
2. Zha D., Bhat Z. P., Lai K.-H. et al. Data-centric Artificial Intelligence: A Survey // ACM Computing Surveys. 2025. Vol. 57, no. 5. P. 1–42. DOI: 10.1145/3711118.
3. Trummer I. From BERT to GPT-3 Codex: Harnessing the Potential of Very Large Language Models for Data Management // Proceedings of the VLDB Endowment. 2022. Vol. 15, no. 12. P. 3770–3773. DOI: 10.14778/3554821.3554896.

4. Li G., Zhou X., Zhao X. LLM for Data Management // Proceedings of the VLDB Endowment. 2024. DOI: 10.14778/3685800.3685838.
5. Lu W., Zhang J., Fan J. et al. Large language model for table processing: a survey // Frontiers of Computer Science. 2025. DOI: 10.1007/s11704-024-40763-6.
6. Liu T., Wang F., Chen M. Rethinking Tabular Data Understanding with Large Language Models // Proceedings of the 2024 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies. 2024. P. 450–482. DOI: 10.18653/v1/2024.naacl-long.26.
7. Dong Y., Oyamada M., Xiao C., Zhang H. On the Use of Large Language Models for Table Tasks // Proceedings of the 33rd ACM International Conference on Information and Knowledge Management. 2024. DOI: 10.1145/3627673.3679100.
8. Shi L., Tang Z., Zhang N., Zhang X., Yang Z. A Survey on Employing Large Language Models for Text-to-SQL Tasks // ACM Computing Surveys. 2025. DOI: 10.1145/3737873.
9. Gao D., Wang H., Li Y. et al. Text-to-SQL Empowered by Large Language Models: A Benchmark Evaluation // Proceedings of the VLDB Endowment. 2024. Vol. 17, no. 5. P. 1132–1145. DOI: 10.14778/3641204.3641221.
10. Biester F., Abdelaal M., Del Gaudio D. LLMClean: Context-Aware Tabular Data Cleaning via LLM-Generated OFDs // New Trends in Database and Information Systems. 2024. DOI: 10.1007/978-3-031-70421-5_7.
11. Naeem Z. A., Ahmad M. S., Eltabakh M., Ouzzani M., Tang N. RetClean: Retrieval-Based Data Cleaning Using LLMs and Data Lakes // Proceedings of the VLDB Endowment. 2024. DOI: 10.14778/3685800.3685890.
12. Han S., Yoon J., Arik S. O., Pfister T. Large Language Models Can Automatically Engineer Features for Few-Shot Tabular Learning // Proceedings of Machine Learning Research. 2024. DOI: 10.5555/3692070.3692765.
13. Gebru T., Morgenstern J., Vecchione B. et al. Datasheets for Datasets // Communications of the ACM. 2021. DOI: 10.1145/3458723.
14. Pushkarna M., Zaldivar A., Kjartansson O. et al. Data Cards: Purposeful and Transparent Dataset Documentation for Responsible AI // FAccT 2022. 2022. P. 1776–1826. DOI: 10.1145/3531146.3533231.
15. Reynolds-Cuellar P., Wong-Villacres M., Alvarado Garcia A., Precel H. From Reflection to Repair: A Scoping Review of Dataset Documentation Tools // CHI 2026. 2026. DOI: 10.1145/3772318.3791344.
16. Sharma M., Gogineni A. K., Ramakrishnan N. Neural Methods for Data-to-text Generation // ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology. 2024. DOI: 10.1145/3660639.
17. Zhang Z., Li Y. et al. LLM-LADE: Large language model-based log anomaly detection with explanation // Knowledge-Based Systems. 2025. Vol. 326. Art. 114064. DOI: 10.1016/j.knosys.2025.114064.
18. Essabri M. A., Rebii J., Erradi M. Tool Augmented LLMs for Big Data Analysis // Networked Systems. 2024. DOI: 10.1007/978-3-031-67321-4_7.
19. Sun M., Han R., Jiang B. et al. A Survey on Large Language Model-based Agents for Statistics and Data Science // The American Statistician. 2025. DOI: 10.1080/00031305.2025.2561140.
20. Chang Y., Wang X., Wang J. et al. A Survey on Evaluation of Large Language Models // ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology. 2024. DOI: 10.1145/3641289.
21. Huang L., Yu W., Ma W. et al. A Survey on Hallucination in Large Language Models: Principles, Taxonomy, Challenges, and Open Questions // ACM Transactions on Information Systems. 2025. Vol. 43, no. 2. P. 1–55. DOI: 10.1145/3703155.
22. Das B. C., Amini M. H., Wu Y. Security and Privacy Challenges of Large Language Models: A Survey // ACM Computing Surveys. 2025. DOI: 10.1145/3712001.
23. Yan B., Li K., Xu M. et al. On Protecting the Data Privacy of Large Language Models: A Survey // 2024 International Conference on Meta Computing. 2024. DOI: 10.1109/ICMC60390.2024.00008.
24. Carlini N., Tramèr F., Wallace E. et al. Extracting Training Data from Large Language Models // 30th USENIX Security Symposium. 2021. DOI: 10.48550/arXiv.2012.07805.
25. Chen S., Chen Y., Li Z. et al. Benchmarking Large Language Models Under Data Contamination: A Survey from Static to Dynamic Evaluation // Proceedings of EMNLP 2025. 2025. P. 10080–10098. DOI: 10.18653/v1/2025.emnlp-main.511.
26. Zhang H., Lin Y., Wan X. PaCoST: Paired Confidence Significance Testing for Benchmark Contamination Detection in Large Language Models // Findings of ACL: EMNLP 2024. 2024. DOI: 10.18653/v1/2024.findings-emnlp.97.

КУЛЬТУРОЛОГИЯ

Мультимодальные механизмы легитимации материнства как социального идеала в медийном дискурсе: образ Кейт Миддлтон как культурная модель

Гришкина Виктория Сергеевна, студент;

Першина Мария Максимовна, студент

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (г. Москва)

В статье рассматриваются мультимодальные механизмы конструирования нормативного образа материнства в современном медиадискурсе на материале публичных выступлений и визуальных репрезентаций Кейт Миддлтон. Анализ направлен на выявление того, каким образом взаимодействие речевых стратегий, визуальных кодов и медийных интерпретаций формирует устойчивый социальный идеал. Установлено, что согласованность дискурсивных и невербальных элементов обеспечивает легитимацию материнства как общественно значимой практики. Научная новизна исследования заключается в рассмотрении материнства как мультимодального дискурсивного конструкта и в смещении аналитического фокуса с описания образа на выявление его нормативной функции.

Ключевые слова: медиадискурс, Кейт Миддлтон, материнство, мультимодальность, критический дискурс-анализ.

Введение

В условиях медиатизированного общества коммуникация выполняет не только информационную, но и нормативную функцию, задавая рамки интерпретации социальной реальности. Особое место в этом процессе занимает репрезентация материнства, которая в публичном дискурсе постепенно приобретает статус культурного стандарта [7]. Цифровые платформы, новостные медиа и публичные коммуникации знаменитостей формируют устойчивые представления о том, каким должно быть «правильное» родительство, какие эмоциональные практики считаются нормативными и каким образом семья должна быть представлена в публичном пространстве [12]. При этом публичные личности сегодня не просто привлекают внимание, а задают образцы поведения, которые признаются обществом. Кейт Миддлтон служит здесь показательным примером, так как её выступления и проекты неизменно фокусируются на темах детства, психологической устойчивости детей и ответственности родителей.

При этом значимость образа Кейт Миддлтон определяется не только содержанием ее выступлений. Существенную роль играет сочетание речевых стратегий, визуальных кодов, телесных практик и медиарепрезентаций, формирующих ощущение «естественности» и эмоциональной доступности. Именно благодаря мультимодальному характеру современной медийной коммуникации образ идеальной матери оказывается не просто описанным, а буквально визуализированным и эмоционально переживаемым аудиторией [6].

Цель статьи заключается в анализе того, каким образом в публичной коммуникации Кейт Миддлтон формируется и закрепляется модель «идеального материнства» как культурной нормы современного общества. Методологически исследование сочетает критический дискурс-анализ и мультимодальный подход, что позволяет выявить устойчивые речевые стратегии, оценочную лексику, метафоры, а также проанализировать семантические поля, связанные с заботой и развитием ребёнка. Мультимодальный анализ направлен на изучение невербальных аспектов коммуникации, а также на выявление особенностей медиарепрезентации образа в СМИ и механизмов его усиления или трансформации.

Основная часть

Современные исследования медиадискурса рассматривают публичную коммуникацию не как нейтральную передачу информации, а как механизм формирования социальных представлений и идеологических установок [4]. В рамках критического дискурс-анализа язык понимается как форма социальной практики, через которую воспроизводятся нормы, модели поведения и властные отношения [11]. Это особенно важно для изучения тем, связанных с гендером и семьей, поскольку именно медиа активно участвуют в определении того, какие формы материнства воспринимаются как социально одобряемые.

В современной культуре сохраняется тенденция к идеализации материнства, поскольку она ассоциируется с эмоциональной зрелостью, социальной ответствен-

ностью и моральной состоятельностью женщины [8]. При этом от матери ожидается, что она будет постоянно эмоционально вовлечена в жизнь своего ребенка [10].

В медийном пространстве данные представления подерживаются не только вербально, но и визуально. Согласно мультимодальной теории Г. Кресса и Т. ван Леувена, визуальные элементы способны самостоятельно воспроизводить смысл [6]. В этом смысле поза, взгляд, цвет одежды, дистанция между участниками коммуникации и др. участвуют в формировании социальных значений не менее активно, чем речевые конструкции.

Одной из наиболее устойчивых особенностей публичной речи Кейт Миддлтон является сочетание эмоциональной риторики с институциональным дискурсом ответственности. В отличие от традиционного политического дискурса, ориентированного на демонстрацию власти и компетентности, ее выступления строятся вокруг идеи эмоционального участия и коллективной заботы. Это проявляется, в частности, в реализации информационно-интерпретационной стратегии, в рамках которой раннее детство репрезентируется как критически значимый этап развития («the early years shape us for life»), а также подкрепляется статистическими данными, придающими высказываниям научную обоснованность («the social cost of late intervention has been estimated to be over 17 billion pounds a year») [1].

Наиболее часто в выступлениях Кейт Миддлтон встречаются лексические группы, связанные с ранним детством, поддержкой и совместной ответственностью: «care», «support», «nurture», «together», «wellbeing». Подобный лексический выбор формирует ощущение коллективного участия в решении социальных проблем и снижает дистанцию между представителем монархии и аудиторией.

Особое значение имеет использование инклюзивных местоимений «we» и «our», что соответствует стратегии отождествления с нацией [5]. Данные конструкции создают эффект символического единства, в рамках которого ответственность за благополучие детей распределяется между государством, обществом и семьей.

Параллельно реализуется стратегия интимизации, проявляющаяся в субъективно окрашенных высказываниях («I am convinced», «I feel passionately», «close to my heart»), а также соблюдении норм речевого этикета, включая выражение благодарности и признание вклада аудитории («Thank you for being here», «Thank you for your support»), что усиливает доверительный характер коммуникации и снижает социальную дистанцию [2].

Кейт Миддлтон часто использует концептуальные метафоры, которые помогают упростить восприятие сложных социальных процессов. Раннее детство систематически описывается как «foundation», «investment» или «building block», что позволяет представить заботу о детях как долгосрочное вложение в будущее общества.

Интересно, что эмоциональность в публичных выступлениях принцессы практически никогда не переходит в избыточную экспрессивность. Напротив, речь сохра-

няет высокую степень сдержанности. Это создает эффект контролируемой искренности — одного из ключевых механизмов формирования доверия в современной медиакommunikации.

Не менее важным элементом формирования образа становится невербальная коммуникация.

Во время публичных мероприятий регулярно используются открытые позы, мягкая жестикуляция и постоянный зрительный контакт с аудиторией. Особенно показательным взаимодействием с детьми: принцесса часто выстраивает коммуникацию на одном визуальном уровне с ребенком — наклоняется, присаживается или сокращает физическую дистанцию. Подобные практики формируют ощущение «естественного» материнского поведения.

Значительную роль играет цветовая палитра одежды [3]. В публичных мероприятиях, связанных с детьми и благотворительностью, преобладают мягкие пастельные оттенки, ассоциирующиеся с заботой, спокойствием и эмоциональной безопасностью. В более институциональных форматах используются насыщенные и строгие цвета, однако даже в этих случаях визуальный образ сохраняет элементы мягкости и доступности.

Важно отметить, что визуальная стратегия Кейт Миддлтон отличается высокой степенью повторяемости. Повторяемость здесь функционирует как механизм узнаваемости и стабильности. Аудитория при этом получает предсказуемый и эмоционально непротиворечивый образ.

Медиарепрезентации дополнительно усиливают данный эффект. Британские СМИ регулярно используют фотографии, где Кейт взаимодействует с детьми, улыбается или демонстрирует эмоциональную вовлеченность. Даже при освещении официальных мероприятий акцент часто смещается с институциональной функции на личностные качества — заботливость, мягкость, эмпатию. В результате формируется образ «доступной публичной фигуры», эмоционально близкой широкой аудитории.

Пресса играет активную роль в закреплении образа Кейт Миддлтон как культурной модели «идеального материнства». При этом как качественные издания, так и таблоиды воспроизводят схожий набор смыслов, хотя используют разные стратегии подачи.

Качественные медиа чаще акцентируют внимание на социальной значимости инициатив, связанных с ранним детством и психологическим благополучием детей. В таких публикациях Кейт Миддлтон представляется как публичная фигура, способная привлекать внимание к системным проблемам общества. Таблоидная пресса, напротив, фокусируется преимущественно на эмоциональной составляющей образа: семейных фотографиях, взаимодействии с детьми и элементах повседневной жизни.

Несмотря на различия в жанровой логике, оба типа медиа способствуют закреплению одной и той же нормативной модели семьи. Материнство в этих репрезентациях связывается с эмоциональной стабильностью и самоотдачей. Семья представляется пространством гармонии и моральной устойчивости, а сама Кейт Миддлтон — сим-

волическим подтверждением жизнеспособности данной модели.

В результате медийный образ принцессы Уэльской поддерживает современный культурный запрос на эмоциональную открытость и «естественность» публичных фигур, а также воспроизводит традиционные представления о женской роли.

Кроме того, через подобные репрезентации укрепляется и символический статус монархии. Семейная риторика и визуальная демонстрация заботы позволяют институциональной структуре адаптироваться к современным ожиданиям аудитории, сохраняя при этом культурный авторитет и общественную значимость [9].

Выводы

Подводя итог, можно сказать, что образ Кейт Миддлтон в современном медиaprостранстве выступает не просто частью публичного имиджа монархии, а полноценной культурной моделью «идеального материнства». Этот образ формируется за счет сочетания речевых стратегий, визуальных кодов и медиарепрезентаций, которые создают ощущение эмоциональной искренности, естественности и доступности. Особую роль в этом процессе играет

мультимодальный характер коммуникации: значение передается не только через слова, но и через мимику, жесты, визуальные образы, цветовые решения и способы взаимодействия с аудиторией.

Исследование также показало, что в публичной коммуникации Кейт Миддлтон материнство последовательно связывается с заботой, эмоциональной устойчивостью, ответственностью и социальной значимостью раннего детства. Благодаря использованию инклюзивной риторики, метафор совместной ответственности и сдержанной эмоциональности формируется образ публичной фигуры, близкой аудитории и разделяющей ее ценности. При этом медиа не только транслируют данный образ, но и активно участвуют в его закреплении, воспроизводя устойчивые представления о семье и женской роли в современном обществе.

Таким образом, репрезентация Кейт Миддлтон демонстрирует, каким образом современный медиадискурс способен превращать отдельную публичную фигуру в символ культурной нормы. Одновременно через подобные образы поддерживается и символическая устойчивость монархии, которая адаптируется к ожиданиям современной аудитории, сохраняя при этом свой общественный авторитет и культурную значимость.

Литература:

1. Безрукова, А. А. Роль вербальных средств коммуникации в создании имиджа члена королевской семьи (на примере герцогини Кембриджской Кейт Миддлтон) / А. А. Безрукова, Т. Ю. Колосова. — Текст: непосредственный // Трансформации общественного сознания в переходную эпоху. — Нижний Новгород: НГЛУ, 2022. — С. 212–216.
2. Селиванова, И. В. Стратегии удержания власти в публичном дискурсе испанской монархии / И. В. Селиванова. — Текст: непосредственный // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Лингвистика и межкультурная коммуникация. — 2023. — № 3. — С. 45–57.
3. Arora, C. Color psychology: Understanding the influence of colors on human perception and behaviour — A review / C. Arora, D. Warsi. — Текст: непосредственный // Alochana Journal. — 2024. — № 10. — С. 402–416.
4. Fairclough, N. Critical discourse analysis / N. Fairclough. — Текст: непосредственный // The Routledge handbook of discourse analysis. — London: Routledge, 2023. — С. 11–22.
5. Kaldybekova, N. B. The communicative strategies and tactics of verbal manipulation in political discourse / N. B. Kaldybekova. — Текст: непосредственный // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. — Алматы: КазУМОиМЯ, 2022. — С. 44–48.
6. Kress, G. Multimodal discourse: The modes and media of contemporary communication / G. Kress, L. T. Van. — London: Arnold, 2001. — Текст: непосредственный.
7. Mary, S. M. Representations of motherhood in the media: A systematic literature review / S. M. Mary, R. Duschinsky, L. Davis. — Текст: непосредственный // Information, Communication & Society. — 2025. — № 1. — С. 169–186.
8. Pezzoli, S. “(Un) being a mother” media representation of motherhood and female identity / S. Pezzoli, M. Brancato. — Текст: непосредственный // Journalism and Media. — 2024. — № 4. — С. 1539–1553.
9. Ramona, M. A. The British monarchy in the 21st century: Symbolic power and political relevance / M. A. Ramona. — Текст: непосредственный // German International Journal of Modern Science. — 2025. — № 97. — С. 37–42.
10. Schmidt, E. M. What makes a good mother? Two decades of research reflecting social norms of motherhood / E. M. Schmidt, F. Décieux, U. Zartler, C. Schnor. — Текст: непосредственный // Journal of Family Theory & Review. — 2023. — № 1. — С. 57–77.
11. Van, Dijk T A. Análisis crítico del discurso / Dijk T A Van. — Текст: непосредственный // Revista Austral de Ciencias Sociales. — 2016. — № 30. — С. 203–222.
12. Williamson, T. Mothering ideology: A qualitative exploration of mothers’ perceptions of navigating motherhood pressures and partner relationships / T. Williamson, D. L. Wagstaff, J. Goodwin, N. Smith. — Текст: непосредственный // Sex Roles. — 2023. — № 1–2. — С. 101–117.

ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ

Роль импрессионизма в цифровом искусстве и мультимедиа

Абдугагимова Марьям Эльдаровна, студент

Научный руководитель: Нурудинова Аида Магомедовна, старший преподаватель

Дагестанский государственный технический университет (г. Махачкала)

В статье рассмотрена роль влияния искусства импрессионистов на современное искусство и взаимодействие его с современными технологиями. Особое внимание уделяется визуальным эффектам, цифровой фотографии и эмоциональной составляющей, выраженной в идее импрессионистического метода, в котором импрессионистские приёмы становятся основой для создания новых форм художественного выражения.

Ключевые слова: импрессионизм, фотография, цифровое искусство, цвет, технологии, дизайн, визуальные эффекты, эстетика, цифровое искусство, мультимедиа.

Импрессионизм, возникший в середине XIX века как ответ на академические каноны, царившие в мире искусства, изменил искусство, сделав главным героем произведения не реальный объект, а эмоциональное впечатление от окружающего мира. Импрессионизм — это художественное направление, в котором главное не точность изображения, а передача впечатления от момента. Основные особенности: внимание к свету и цвету, быстрые, заметные мазки, отсутствие мелкой детализации, передача атмосферы. Вот имена одних из самых популярных и сегодня представителей импрессионизма, это Клод Моне, Пьер-Огюст Ренуар, Эдгар Дега. Сегодня, в эпоху цифровых технологий, принципы импрессионизма получают новое звучание. Цифровое искусство, использующее обработку изображений, анимацию, виртуальную и дополненную реальность, активно заимствует и переосмысливает техники импрессионистов.

Цифровое изображение состоит из пикселей, которые можно изменять с помощью алгоритмов.

Импрессионизм и цифровое искусство похожи: оба работают с цветом и светом, оба упрощают формы, оба создают атмосферу, а не точную копию. Поэтому импрессионизм легко «переносится» в цифровую среду.

Сегодня мы можем превратить обычную фотографию в картину за несколько секунд. Фильтры и нейросети делают изображения похожими на работы известных художников. Импрессионизм, искусство, возникшее в XIX веке, сегодня активно используется в технологиях и мультимедиа, оно актуально своим новаторским подходом, самой идеей возможности увидеть новое в привычном. Импрессионизм, с его акцентом на мимолетные впечат-

ления, атмосферу и игру света и цвета, находит отражение в цифровом искусстве. В отличие от классиков, которые создавали вибрирующую поверхность холста с помощью отдельных мазков, современные художники используют пиксели и алгоритмы для достижения похожего эффекта. В компьютерной графике и анимации активно применяются техники размытия, цветовых градиентов и динамического освещения. Они помогают создать ощущение движения, эфемерности и изменчивости. Визуальные эффекты в кино и видеоиграх, такие как дым, туман, блики на воде или солнечные лучи, являются цифровыми аналогами импрессионистских пейзажей. Основное внимание уделяется не фотографической точности, а эмоциональному воздействию и передаче атмосферы момента.

Сегодня многие приложения позволяют применять художественные стили к фотографиям. Примеры этому Instagram, Prisma. Они используют алгоритмы, которые добавляют эффект мазков, смягчают детали, усиливают цвет и свет. В результате фото становится похожим на картину импрессиониста.

Мультимедийные выставки и иммерсивные проекты стали важной площадкой для переосмысления импрессионизма. Работы Клода Моне и Эдгара Дега, а также их последователей, проецируются на большие экраны, окружая зрителя со всех сторон. К статичным изображениям добавляются движение, звук и интерактивные элементы. Такой подход стирает грань между зрителем и произведением. Вместо отстранённого созерцания человек погружается в «живую» картину, становясь частью импрессионистского мира. Динамика проекций, меняющееся освещение и объёмный звук создают эффект синергии,

усиливая эмоциональное воздействие. Это не просто демонстрация репродукций, а новый художественный опыт на основе классических произведений.

Импрессионизм предвосхитил многие приёмы современной фотографии. Акцент на «решающем моменте», естественном освещении, съёмке с неожиданных ракурсов и отказе от сложных нарративов в пользу чистых визуальных образов перекликается с практикой импрессионистов. В эпоху смартфонов и социальных сетей эти принципы стали популярны. Пользователи стремятся запечатлеть не столько события, сколько настроение: размытые фоны (боке), солнечные блики (lens flare), мягкие пастельные тона фильтров — всё это инструменты для создания «фотографического импрессионизма». Эстетика случайного кадра и передачи мимолётных впечатлений доминирует в визуальной культуре интернета.

В дизайне пользовательских интерфейсов (UI) и опыта взаимодействия (UX) всё большее значение приобретает эмоциональность. Дизайнеры стремятся не только сделать интерфейс функциональным, но и вызвать у пользователя определенные чувства — умиротворение, восторг или легкость. Использование мягких градиентов, органических форм, плавных анимаций и акцента на микровзаимодействиях, таких как реакция кнопки на нажатие, создает ощущение живого, дышащего пространства. Это делает взаимодействие с цифровым продуктом более человечным и приятным. Импрессионизм здесь проявляется не в сюжете, а в самой ткани пользовательского опыта.

Импрессионизм оказался удивительно живучим явлением, чьи принципы перекликаются с духом цифровой эпохи. Отказ от статичности в пользу динамики, приоритет эмоций над фактами и внимание к свету и цвету как главным выразительным средствам нашли свое продолжение в пикселях и алгоритмах.

Сегодня импрессионизм — это не только историческое направление в живописи, но и фундаментальный элемент современного цифрового искусства и мультимедиа. Он служит мостом между традицией и инновацией, по-

зволяя создавать произведения, которые глубоко резонируют с аудиторией на эмоциональном уровне.

Современные технологии используют нейросети для анализа художественных стилей. Один из методов — перенос стиля (style transfer). Как это работает? Все просто, нейросеть изучает картины художника, выделяет особенности стиля и применяет их к новому изображению. Таким образом создаются уникальные изображения.

Импрессионизм активно используется в разных сферах:

- Видеоигры — для создания атмосферных миров
- Кино и анимация — для передачи эмоций
- Виртуальная реальность — для погружения в художественную среду.

Этот стиль помогает сделать изображение более живым и эмоциональным. Импрессионизм не исчез — он стал частью цифровой культуры. Сегодня художник может работать не только с кистью, но и с технологиями.

Импрессионизм стал не только историческим этапом в развитии искусства, но и источником вдохновения для цифрового творчества и мультимедийных практик. Его принципы — внимание к моменту, эмоциональность, работа с цветом и светом — сегодня реализуются в новых технологических форматах, формируя современный визуальный язык. Как появление тьюбиков с краской и складных мольбертов позволило импрессионистам выйти на пленэр, так и современные технологии (сенсорные экраны, VR/AR, проекции) расширяют возможности художников, позволяя создавать новые формы искусства, основанные на впечатлениях и взаимодействии с окружающим пространством.

В мультимедийных проектах и цифровых инсталляциях теперь важны не только визуальные эффекты, но и эмоциональный отклик зрителей. В этом контексте именно импрессионизм вдохновляет своим примером, возможностью видеть новое. Импрессионизм научил искусство играть с впечатлениями, а не с сюжетами. Это особенно актуально для создания иммерсивных и интерактивных пространств. В таких местах пользователи становятся частью произведения.

Литература:

1. Харитонов, Н. С. Генезис русского импрессионизма: монография / Н. С. Харитонов. — Москва: ВГУК им. С. А. Герасимова, 2020. — 256 с.
2. Казакова, Н. Ю. История искусств: учебное пособие / Н. Ю. Казакова. — Москва: РГУ им. А. Н. Косыгина, 2025. — 72 с.
3. Диалог искусств и арт-парадигм. Статьи. Очерки. Материалы: материалы конференции / составители А. И. Демченко [и др.]; под редакцией А. И. Демченко [и др.]. — Саратов: СГК им. Л. В. Собинова, 2021 — Том 18: По материалам VI Международного научного форума «Диалог искусств и арт-парадигм» «SCIENCEFORUM PAN-ART VI». 28 января 2021 года — 2021. — 364 с.
4. Ляняшин Владимир Алексеевич Русский импрессионизм: формулы стиля и реальность // Научные труды Санкт-Петербургской академии художеств. 2018. № 44. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/russkiy-impressionizm-formuly-stilya-i-realnost> (дата обращения: 11.05.2026).
5. Импрессионизм. Жизнь и движение в картинах <https://hsedesign.ru/project/33c708d6d9074afcb89b8ac80094b5d>
6. Андреев, Л. Г. Импрессионизм. — М.: Московский университет, 2000.

Эволюция растительного орнамента Средней Азии: от сакральной функции к декоративной системе

Ахатова Назира Фахриддин кизи (г. Самарканд)

Дробченко Наталья Валерьевна, кандидат архитектуры, и. о. профессора
Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет имени М. Улугбека (Узбекистан)

В статье рассматривается развитие растительного орнамента Средней Азии с древнейших времен до периода независимости Республики Узбекистан. Анализируется трансформация функций орнамента — от магической и символической к преимущественно декоративной, а также изменения его композиционных и формообразующих принципов. Особое внимание уделено влиянию античных, восточных и исламских традиций на формирование орнаментальной системы региона. Рассматриваются основные этапы развития растительного орнамента, особенности его стилизации и символики в различные исторические периоды.

Ключевые слова: орнамент, растительный орнамент, Средняя Азия, ислими, символика, декоративное искусство, архитектурный декор, исламский орнамент, культурное наследие.

Введение

В современном художественном сознании орнамент преимущественно воспринимается как декоративный элемент. Однако исторический анализ показывает, что в ранние периоды его функции были значительно шире и включали сакральные, охранительные и символические значения. Особенно наглядно данная трансформация прослеживается в орнаментальных системах Средней Азии, сформировавшихся на пересечении различных культурных традиций.

Растительный орнамент на протяжении многих веков являлся важным элементом архитектурного и декоративно-прикладного искусства региона. Через систему символов, ритмов и композиционных построений он отражал мировоззрение общества, религиозные представления и художественные особенности эпохи. Несмотря на значительное количество исследований, посвящённых орнаментальному искусству, вопросы эволюции растительного орнамента Средней Азии и изменения его функций остаются актуальными.

Научная новизна статьи заключается в систематизации этапов трансформации растительного орнамента Средней Азии в контексте изменения его сакральных, символических и декоративных функций.

Целью статьи является выявление основных этапов эволюции растительного орнамента Средней Азии и анализ изменения его функций и формообразующих принципов.

Происхождение орнамента и его сакральная функция

Возникновение орнамента относится к глубокой древности и связано с переходом человека к оседлому образу жизни. Уже в эпоху палеолита фиксируются первые орнаментальные мотивы, а в неолите орнамент становится важным элементом художественной культуры [1, с. 3]. На ранних этапах орнамент выполнял, прежде всего, охранительную функцию. Простейшие узоры — вмятины, полосы, зигзаги и сетки — рассматривались как средства защиты жилища и предметов быта от злых сил. Эстетическая составляющая в этот период имела второстепенное значение.

Архаический орнамент основывался на двух типах композиции: бесконечной и замкнутой. Ритмическое повторение мотивов формировало бесконечный узор, тогда как замкнутый строился на принципах симметрии. Уже в этот период закладываются основы орнаментальной структуры, включающей элементы, мотивы и схемы, а также развивается система симметрии — от осевой до радиальной [5, с. 47]. Именно эти композиционные принципы стали фундаментом для дальнейшего развития орнаментального искусства в античности, Средневековье и последующих эпохах.

Античные и восточные влияния

Орнамент Средней Азии формировался под значительным влиянием культур Передней Азии, Греции, Рима, Индии и Китая. В местной художественной традиции закрепляются мотивы розетки, пальметты, лотоса, аканта, а также спирали и завитки. Розетка, связанная с солярной символикой, широко использовалась в греко-бактрийском искусстве (рис. 1).

Пальметта и акант, пришедшие из античного мира, постепенно трансформировались, приобретая локальные особенности. Наблюдается усиление стилизации растительных форм и их подчинение геометрическим схемам. В отличие от античной традиции, где сохранялась пластичность природных форм, среднеазиатский орнамент постепенно приобретал условный и символический характер.

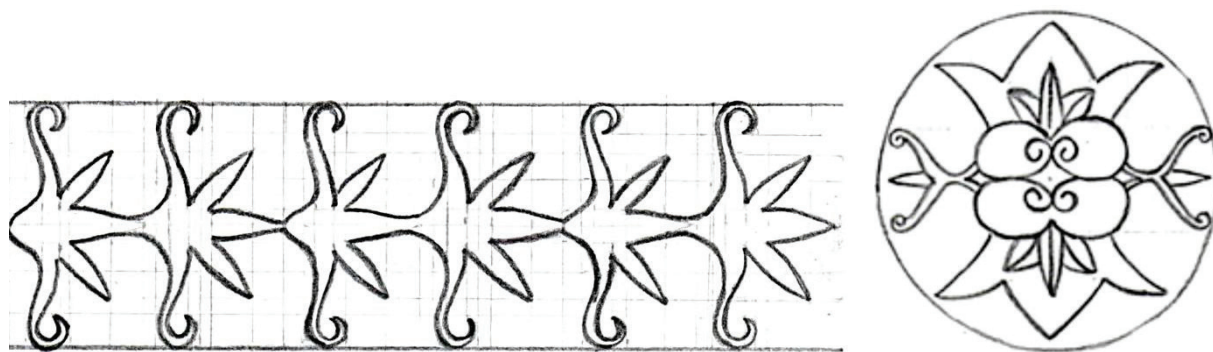


Рис. 1. Виды архаических узоров: 1 — бесконечный; 2 — замкнутый (выполнено авторами на основе [1])

Кушанский и раннесредневековый периоды

В кушанский период (I–IV вв.) античные формы сохраняются, но приобретают более упрощённый характер. Акант теряет пластическую изысканность, появляются новые композиционные решения, включая введение антропоморфных элементов [3, с. 54].

В IV–VI вв. растительный орнамент становится доминирующим элементом архитектурного декора. Мотивы тюльпана, виноградной лозы, лотоса и аканта подчиняются циркульным построениям и симметрии, образуя сложные переплетения [3, с. 131]. Орнамент постепенно превращается в самостоятельную художественную систему.

Исламский период и формирование ислими

Распространение ислама в IX–XII вв. привело к отказу от фигуративных изображений и стимулировало развитие растительного, геометрического и эпиграфического орнамента. В этот период формируется орнамент ислими — система гибких спиралевидных побегов, подчинённых строгой геометрической основе (рис. 2).

Растительный орнамент становится более абстрактным, теряя прямую связь с природными формами, но сохраняя символическое содержание. По мнению О. Грабара, исламский орнамент формирует особый визуальный язык, основанный на принципах ритма, бесконечности и символической интерпретации формы [8]. Орнаментальные композиции начинают строиться на принципах ритма, повторяемости и бесконечности, что отражало философские представления исламской культуры о гармонии мироздания.

Для среднеазиатской архитектуры исламского периода характерно активное использование резного ганча, майолики и мозаики, где растительный орнамент сочетался с геометрическими структурами и каллиграфией.

Эпоха Темуридов

XIII–XV вв. стали временем расцвета орнаментального искусства Средней Азии. В архитектуре преобладает растительный узор, отличающийся высокой степенью стилизации, сложностью композиции и богатством цветовых решений (рис.3).

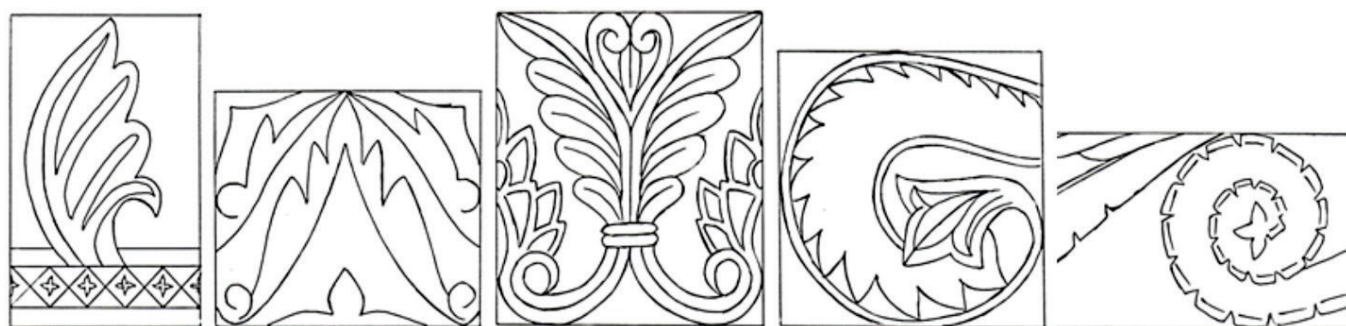


Рис. 2. Пальметты, трилистники, спирали и полупальметты VIII в.: 1 — кайма из пальметт (Ктесифон, резной ганч); 2, 3 — каймы из пальметт (Варахша, резной ганч); 4, 5 — Варахша, резной ганч (выполнено авторами на основе [2])

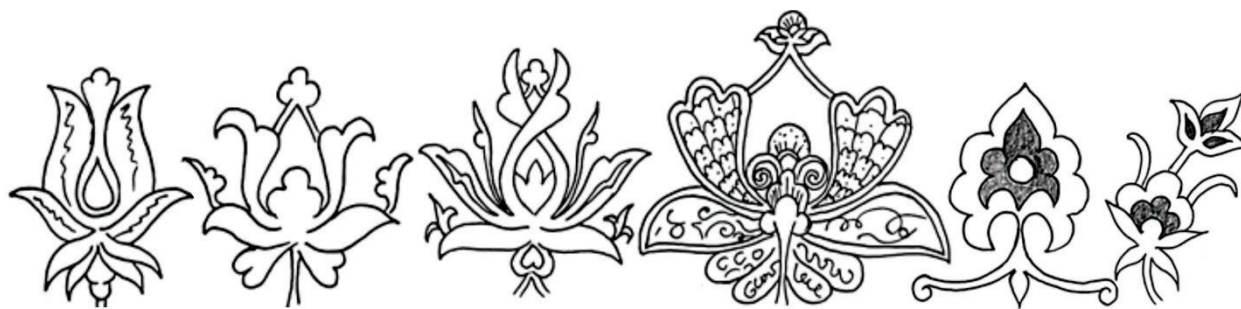


Рис. 3. Мотивы цветка, бутона на облицовках XIV — XVI вв.: 1 — надгробие Наджмиддина Кубра; 2–4 — мавзолей Туркан — ака; 5, 6 — ансамбль Султан Саадат (выполнено авторами на основе [2; 3])

Орнамент используется не только как декоративный элемент, но и как средство визуального утверждения могущества государства и художественного совершенства эпохи. Для памятников темуридской архитектуры характерны мотивы цветка, бутона, виноградной лозы, сложных спиралей и пальметт. Особое значение приобретает синтез растительных и геометрических форм, создающий целостную художественную систему. Орнамент становится важной частью архитектурного образа и пространственной композиции. Подобные особенности характерны для архитектурно-художественных традиций Центральной Азии, где орнамент выступает важным элементом визуальной организации пространства [7].

Новое и новейшее время

В XVI–XVII вв. орнамент приобретает более условный характер, усиливается геометризация форм и декоративная условность композиций. В последующие столетия растительный орнамент продолжает использоваться в архитектуре, прикладном искусстве и ремесленных традициях.

В XX веке под влиянием советской идеологии в орнаментику вводятся новые символы и декоративные элементы, однако во второй половине века наблюдается возвращение к традиционным мотивам и национальному художественному наследию.

В период независимости Республики Узбекистан орнамент вновь становится важным элементом культурной идентичности [6]. Он активно применяется в интерьере, декоративно-прикладном искусстве, дизайне среды и современной архитектуре. Традиционные мотивы адаптируются к современным художественным и дизайнерским решениям, сохраняя преемственность культурных традиций [4]. Основные этапы трансформации растительного орнамента Средней Азии представлены в таблице 1.

Таблица 1. Эволюция функций растительного орнамента Средней Азии

Период	Особенности орнамента	Основная функция
Архаический	Геометризация	Охранительная
Античный	Пластичность форм	Символическая
Исламский	Ислими	Духовная
Темуридский	Сложная стилизация	Репрезентативная
Современный	Декоративная адаптация	Культурная идентичность

Разработано авторами на основе [1–6].

Представленные этапы демонстрируют постепенную трансформацию растительного орнамента от сакральной системы к универсальному художественно-декоративному языку культуры Средней Азии.

Заключение

История растительного орнамента Средней Азии демонстрирует сложный путь трансформации от сакрального знака к декоративной системе. Несмотря на утрату магико-охранной функции, орнамент сохраняет символическую и структурообразующую роль, оставаясь важным носителем культурной памяти региона.

Эволюция растительного орнамента отражает изменения мировоззрения общества, религиозных представлений и художественных принципов различных эпох. В современной культуре Средней Азии орнамент продолжает оставаться важным элементом национальной идентичности и художественного наследия.

Литература:

1. Ремпель Л. И. Архитектурный орнамент Узбекистана. — Ташкент: Художественная литература УзССР, 1961. — 616 с.
2. Пугаченкова Г. А., Ремпель Л. И. История искусств Узбекистана с древнейших времен до середины девятнадцатого века. — Москва: Искусство, 1965. — 688 с.
3. Булатов С. С. Орнамент Центральной Азии. — Ташкент: Фан, 1991. — 184 с.
4. Drobchenko N. V., Akhatova N. F. Plant and geometric ornament in modern interior // TJE — Tematics Journal of Social Sciences. — 2022. — Vol. 8, Issue 2. — P. 158–163. — DOI: 10.5281/zenodo.6548831.
5. Дробченко Н. В., Ахатова Н. Ф. Структурное функциональное изучение и построение орнаментов // *Arxitektura va qurilish muammolari, ilmiy-texnik jurnal*. — 2023. — № 2 (1-qism). — С. 45–50.
6. Дробченко Н. В. Роль традиционной народной культуры Узбекистана и ее сохранение в условиях урбанизации // Научные школы. Молодежь в науке и культуре XXI века. — Челябинск: Челябинский государственный институт культуры, 2024. — С. 142–145.
7. Drobchenko N. V. Historical and artistic features of landscape and architectural traditions of Central Asia // *Modern scientific research*. — 2024. — Vol. 3. — P. 112–118.
8. Grabar O. *The Mediation of Ornament*. — Princeton: Princeton University Press, 1992. — 320 p.

Роль композиционных и пропорциональных характеристик в генерации орнамента на примере якутской орнаментальной традиции

Григорьева Татьяна Васильевна, ассистент

Научный руководитель: Петрова Анна Григорьевна, кандидат искусствоведения, профессор, зав. кафедрой
Арктический государственный университет искусств, культуры и креативных индустрий (г. Якутск)

Ключевые слова: орнаментальное искусство Якутии, генеративные нейросети, дизайн ювелирных изделий.

The role of compositional and proportional characteristics in the generation of ornament on the example of Yakut ornamental tradition

Grigoryeva Tatyana Vasilyevna, assistant

Scientific advisor: Petrova Anna Grigoryevna, ph.d. in art history, professor, head of department
Arctic State University of Arts, Culture and Creative Industries (Yakutsk)

Актуальность исследования обусловлена тем, что в условиях цифровой трансформации и глобализации культурных процессов особую значимость приобретают вопросы сохранения, систематизации и актуализации материального наследия коренных народов. Ювелирное искусство народа саха, обладающее уникальной эстетикой и глубокой семиотической структурой, выступает носителем исторической памяти, мифологических представлений и этнокультурной идентичности. Орнаментальные коды, зафиксированные в традиционных украшениях, представляют собой не декоративный фон, а сложную знаковую систему, требующую современного прочтения. Традиционные искусствоведческие и этнографические методы, хотя и остаются фундаментом изучения, не всегда позволяют раскрыть структурные закономерности орнамента и его потенциал для интеграции в современные дизайн-процессы. В этой связи применение технологий искусственного интеллекта, в частности нейросетевого моделирования, открывает новые возможности для формализации, анализа и генерации орнаментальных композиций, сохраняющих семантическую

целостность традиции. Материалом для исследования послужили такие цифровые продукты, как «Орнамент народов Якутии», разработки студентов-дизайнеров, цифровые реконструкции орнаментов, представленные на платформе <https://nasledie.nlrs.ru/ornaments/>, а также авторские материалы и методики создания ювелирных изделий.

Основная проблема исследований в данной области заключается в отсутствии научно обоснованной методики перевода традиционных орнаментальных кодов якутского ювелирного искусства в формат, пригодный для машинного обучения, что ограничивает возможности их современной интерпретации и тиражирования без потери семантической и стилистической идентичности. Данная проблематика определяет задачи исследования: выявление историко-культурологических особенностей и семиотической природы орнаментальных кодов в ювелирном искусстве народа саха; анализ традиционных форм, технологий обработки металла и принципов орнаментальной композиции, а также определение их влияния на современные классификационные системы. В рамках



Рис. 1. Фрагмент украшения-трансформера “Кес биис”, элементы созданы с использованием цифровых инструментов 3D-моделирования. Автор Григорьева Т. В. 2024 г.



Рис. 2, 3, 4. Коллекция украшений “SENSUS”, изделия созданы с применением цифровых инструментов 3d-моделирования. Автор Григорьева Т. В. 2023 г.

данной статьи рассматривается роль композиционных и пропорциональных характеристик в генерации орнамента на примере якутской орнаментальной традиции.

Одним из важных объектов культурной идентичности, который отличается многочисленными и разнообразными элементами, но также сохранил устойчивое образное и символическое содержание, является ювелирное искусство народа саха. Традиционные якутские украшения занимают высокое значение в жизни народа, формируя его культурный код как маркер самосознания и этнической особенности.

История развития ювелирной отрасли народа саха тесно связана с формированием этнической общности в результате взаимовлияния и взаимодействий палеоазиатских, тунгусских и тюрко-монгольских этнических

групп [5]. Влияние среды, её особенности, а также доступные материалы и технологии обработки металла задавали форму, декор, композиционное и цветовое решение предметов традиционного искусства, в том числе и ювелирного. Передаваясь от поколения к поколению, отражая мифологию и представление о мире, сформировалась уникальная материальная культура, самобытная и своеобразная.

Изначально орнамент на якутских украшениях нес глубокую религиозно-магическую нагрузку. Украшения архаичного типа функционировали как обереги и амулеты, а узор усиливал их охранную функцию. Например, круглая бляха «туоһахта», крепившаяся на женскую шапку, интерпретируется как солярный знак, аналогичный элементам

шаманского костюма [6, с. 112]. Зооморфные подвески, стилизованные под изображения коней, птиц или мифических существ («бар кыыл»), восходят к традициям скифо-сибирского звериного стиля и выполняли функции амулетов, связанных с плодородием, удачей на охоте и защитой от злых сил [6, с. 73–74].

К XIX веку, с развитием ремесла и усилением влияния городской культуры, семантическая нагрузка многих мо-

тивов ослабевала, уступая место эстетической функции, однако орнамент продолжал оставаться важным этномаркирующим элементом, подчёркивавшим статус, богатство и культурную принадлежность владельца.

Обобщая типологические и семиотические исследования, можно представить следующую систематизированную модель орнаментальных кодов традиционного якутского ювелирного искусства (таблица 1).

Таблица 1

Группа орнамента	Основные элементы и композиционные особенности	Семантическая и функциональная нагрузка
Геометрический орнамент	Линии, штрихи, точки, крестики, круги, дуги, зигзаги, зубцы, сетки, ромбы, треугольники. Часто используется для рам, кайм и орнаментальных поясов	Структурно-рамочная, охранительная, маркировка границ са크рального пространства
Сложногеометрический орнамент	Лировидные, спиральные, рогообразные, волновые и сердцевидные фигуры; дуги с крестами в местах соединения. Подчёркивает динамику, «жизненный путь», поток энергии	Связь с тотемистическими представлениями, сакрально-обережная функция, символ движения по мировому стеблю
Криволинейный орнамент (растительный/ сложнокриволинейный)	Вьющийся стебель, листья, бутоны, розетки, сетки, условные деревья с разветвлениями. Передаёт идею роста, раскрытия, жизненной силы и плодородия	Часто занимает центральное место или выполняет роль «сердцевины» композиции; символизирует расцвет, обновление, связь с божествами-покровителями
Геометризованные зоо-/антропоморфные мотивы	Стилизованные фигуры женщины, коня, птицы, солнца, луны; рога животных, следы зверей (медведя, лося, утки). Часто — центральный сакральный мотив	Архаичный пласт, связанный с тотемизмом, солярным культом и шаманскими представлениями; несёт основную ритуальную и идентификационную нагрузку

Данная типология допускает прямую формализацию для задач машинного обучения: геометрические пласты могут быть описаны через векторы симметрии и периодичности раппорта; криволинейные мотивы — через параметры кривизны линий, плотности узлов и топологической связности; семантические теги (оберег, статус, ритуал, зона тела) — как метаданные для условной генерации. Подобное сопоставление визуальной грамматики и вычислительных признаков создаёт мост между семиотическим анализом и нейросетевой архитектурой [1]. Сакаральная триада цветов и нечётная численность элементов могут быть закодированы в виде индикаторных векторов или ограничений по искажению значений, что позволит модели соблюдать культурные константы даже при вариативной генерации.

Одним из первых проектов цифровизации орнаментального наследия стал проект «Орнамент народов Якутии» (2011), выполнявшийся в русле планомерного изучения изобразительного искусства народов северо-востока Сибири и ориентированный, прежде всего, на ци-

фровое освоение музейных собраний, а также на привлечение к работе фондов периферийных музеев, коллекции которых лишь фрагментарно включены в орбиту научных исследований¹. Первый результат проекта «Орнамент народов Якутии» (CD-ROM) содержал свыше 300 цветных иллюстраций и аналитические статьи о характере, видах и построении, в основном, якутского, эвенкийского, эвенского орнаментов. Весь материал диска разбит на три раздела: резьба по дереву, изделия из бересты; серебро, металл; шитье, вышивка, плетение, а также содержит блок, включающий рисунки и акварели Народного художника ЯАССР М. М. Носова. На диске представлены материалы коллекций народного и декоративно-прикладного искусства из собраний крупных музеев Республики Саха (Якутия) — Якутского государственного музея истории и культуры народов Севера им. Е. М. Ярославского, Национального художественного музея РС (Я); улусных музеев — Верхневилуйского музея истории и этнографии, историко-этнографического музея с. Кэнтик Верхневилуйского улуса «Чап-уустара», фондов архива Якутского

¹ Проекту «Орнамент народов Якутии» присужден грант Президента Российской Федерации для поддержки творческих проектов общенационального значения в области культуры и искусства (Распоряжение Президента Российской Федерации от 6 августа 2007 г. № 437-рп). Главная цель проекта — создание целостной базы данных орнаментального наследия народов Якутии.

научного центра Сибирского отделения Российской академии наук [3]. Продолжением работы над проектом цифровизации орнаментального наследия стала разработка цифровых реконструкций якутских орнаментов исследователями Ивановой С. В., Петровой А. Г. и студентами кафедры Дизайна и декоративно-прикладного искусства народов Арктики в 2019–2020 гг. Цифровые реконструкции орнаментов представлены на сайте Национальной библиотеки РС (Я): <https://nasledie.nlrs.ru/ornaments/> — они представляют более 300 реконструкций в векторном формате, являющихся графическими воспроизведениями наиболее распространённых форм и композиций орнамента в таких материалах, как металл, дерево, мягкие материалы.

В дальнейшем стало очевидным, что в контексте применения генеративных нейросетей для воспроизведения орнаментального искусства возникает проблема аутентичности: модели, обученные на обобщённых выборках, генерируют паттерны, обладающие формальной сложностью, но не отражающие структурно-семантических особенностей конкретной этнокультурной традиции. Наиболее рельефно данная проблема проявляется при генерации орнамента народов Якутии, где композиция, пропорции, ритм и цветопластические свойства образуют систему, отличную от смежных ареалов (Южная Сибирь, Центральная Азия).

В широком значении композиция понимается как построение и структура художественного произведения, детерминированные его содержанием, функцией и материальным носителем. В более узком, семиотическом смысле композиция выступает языком произведения. Орнаментальные образы якутского искусства передаются посредством условно-символического кода, где отдельные элементы либо составляют символы, либо сами являются символами, выражающими образное содержание. Конструкция орнамента состоит из мотива — главного элемента, который может представлять собой один элемент или же состоять из нескольких элементов, пластически оформленных в единое орнаментальное образование, раппорта — площади повторяющегося рисунка, включающего мотивы и расстояние до соседнего мотива. В орнаментальном искусстве существуют четыре основных вида композиции. Самыми распространёнными с древнейшего времени в архитектурном декоре, орнаментации тканей, керамике являются раппортные композиции с открытой структурой, в которых орнаментальный мотив повторяется через одинаковые интервалы в горизонтальном или вертикальном направлениях. Если мотив повторяется только в одном направлении, образуя орнаментальные ряды это *ленточный раппорт*. Раппорт может образовывать сетку, повторяясь по горизонтальным и вертикальным рядам, т.н. сплошной сетчатый раппорт. Он характерен для тканей, ковров, мозаичных композиций и пр. Мотив может вписываться в прямоугольную или косую сетку. Мотив розетчатого (центрального, лучевого) раппорта чаще всего вписан в треугольную форму или об-

разовывает геральдический раппорт, основанный на симметрии вертикального отражения. Существует, кроме того, и разновидность — замкнутая или монокомпозиция, в которой раппортное повторение через равные интервалы одинаковых мотивов заменяется более сложной ритмической организацией. Доминирующим видом симметрии в орнаменте народов Якутии является зеркальная симметрия, при которой орнаментальная фигура делится плоскостью на две половины, совпадающие при отражении. Данный тип симметрии способствует возникновению эффекта уравновешенности и статического покоя. Замкнутые монокомпозиции, равно как и асимметричные композиции, для якутского орнамента нетипичны. Подавляющее большинство композиций строятся с использованием оси или плоскости симметрии, что обеспечивает их визуальную уравновешенность и устойчивость.

Как и у многих народов Сибири, в якутском орнаменте встречаются розетки, совмещающие в себе осевую и зеркальную симметрии. Подобная форма представляется более завершённой: от ее центра отходят равнозначные, взаимно уравновешивающие друг друга элементы. Благодаря цельности и замкнутости, позволяющим организовать любую поверхность данные мотивы получили в орнаментальном искусстве народов Сибири особенное распространение. Например, в якутских орнаментированных коробках *маллаах иһит* можно видеть органическую связь рисунка с оформляемым изделием. При осевой симметрии фигуры совмещаются посредством поворота вокруг оси, перпендикулярной к плоскости изображения. Для таких форм в якутском орнаменте характерна четкая организация. Для многих предметов характерен поясной принцип построения орнамента. Следует отметить такое качество, как конструктивность орнамента народов Якутии, поскольку он подчеркивает архитектонику, форму и целостность предмета, вещи, являясь частью его «языка». Взаиморасположение мотивов и элементов на композиционной плоскости и пластическая характеристика формы мотивов тяготеют к прямолинейным и криволинейным ритмическим движениям. Ритмический строй орнаментальных композиций решается в достаточно распространенных формах. Цветопластические свойства орнамента неразрывно связаны с композиционным решением. Конгруэнтность (ситуация, при которой рисунок и фон занимают зрительно равные площади, и композиция воспринимается альтернативно — как темный рисунок на светлом фоне и наоборот), характерная для многих народов Южной Сибири и Центральной Азии, не получила значительного развития в орнаментальном искусстве Якутии. В якутской традиции наблюдаются иные пропорциональные отношения, например, рисунок чаще занимает преобладающую площадь по сравнению с фоном, в ряде случаев, рисунок относительно фона может быть незначительным. В орнаменте народов Якутии присутствуют такие виды и приемы выразительного пластического движения элементов, как членение плоскости на части, особенно в декорировании

мягких материалов (одежды, нарядного конского убранства у якутов), очерчивание, линейная обрисовка мотива и элементов орнаментальной композиции по контуру. Применение нейросетевых алгоритмов (в частности, диффузионных моделей и GAN) для генерации якутского орнамента требует формализации перечисленных композиционных, ритмических и пропорциональных ограничений. Анализ показывает, что пропорциональные параметры (соотношение «рисунок–фон») не могут быть усреднены на основе паназийской выборки; требуется жесткое задание преобладания фигуры либо её редукции в зависимости от типа носителя. Ритмическая структура должна быть ориентирована на зеркальную и осевую симметрию при минимальной асимметрии; розетчатые раппорты с треугольной ячейкой требуют отдельных режимов генерации. Поясной принцип и конструктивность означают, что генерируемый узор должен быть не изотропным паттерном, а адаптивным к форме предмета (архитектоническая функциональность). Возможно, отсутствие конгруэнтности необходимо имплементировать как правило: рисунок доминирует над фоном; обратный случай (равенство или доминирование фона) является маркером ошибки модели.

Проведённый анализ позволяет констатировать, что орнаментальная композиция в якутском ювелирном искусстве представляет собой многослойную семиотическую систему, интегрирующую технологическое мастерство, глубокую семантику и историческую память. Типология мотивов и композиционная структура орнамента поддаются формализации и алгоритмизации, что открывает перспективы для их цифрового моделирования. Сохранение семантической целостности традиции при адаптации к современным дизайн-процессам требует методологически выверенного подхода, учитывающего как структурные закономерности узора, так и его культурный, ритуальный и социальный контекст. Эти выводы создают теоретико-методологический фундамент для перехода к следующему этапу исследования — разработке методики нейросетевого моделирования, способной не только фиксировать, но и генерировать орнаментальные решения, сохраняющие культурную аутентичность и семантическую глубину якутского ювелирного искусства.

Фундаментом для интеграции искусственного интеллекта в дизайн служит комплекс взаимосвязанных технологий и концепций. Ключевой из них является машинное обучение (Machine Learning), которое позволяет алгоритмам выявлять сложные паттерны и закономерности в огромных массивах визуальных данных. Это не просто поиск по шаблону; система учится распознавать стили, композиционные приемы, цветовые гармонии и даже эмоциональную нагрузку изображений. На основе машинного обучения построены генеративные состязательные сети (GANs), архитектура, в которой две нейронные сети ведут своеобразную «игру»: одна (генератор) создает изображения, а другая (дискриминатор) пытается отличить их от реальных. В результате этой конкуренции генератор

учится производить все более качественные и правдоподобные артефакты. Настоящий прорыв совершили трансформеры и большие языковые модели (LLM), которые легли в основу таких инструментов, как Stable Diffusion и Midjourney. Эти модели понимают не просто ключевые слова, а семантику и контекст целых текстовых предложений (промптов), что позволяет им трансформировать сложные описания в целостные и детализированные изображения. Дополняет эту палитру компьютерное зрение, наделяющее машины способностью «видеть» и анализировать визуальную информацию, что используется для автоматического тегирования, распознавания объектов и оценки композиции. Вместе эти технологии образуют мощный инструментарий, который переводит дизайн на новый уровень, от автоматизации рутины до генерации принципиально новых идей.

В сфере декоративно-прикладного искусства (ДПИ), где традиционно ценится ручной труд и уникальность, внедрение нейросетей порождает сложную и неоднозначную картину. Со стороны преимуществ открываются поистине революционные возможности. Нейросети выступают как неиссякаемый источник вдохновения, способный за минуты сгенерировать бесчисленные вариации узоров, орнаментов, фактур и сюжетов, основанных на глубоком анализе культурного наследия — от гжельской росписи и хохломы до японской циновки тати. Это позволяет художнику-прикладнику проводить мгновенный визуальный эксперимент и прототипирование, отработывая идею будущего изделия из керамики, стекла, текстиля или металла до начала долгой и трудоемкой физической работы. Кроме того, искусственный интеллект становится инструментом цифрового сохранения наследия, позволяя реконструировать и реинтерпретировать утраченные или редкие техники, давая им новую жизнь в современном контексте.

Однако эти преимущества уравниваются серьезными ограничениями. Главный изъян — это отсутствие тактильности и той самой «души», которая вкладывается мастером в материал. Нейросеть создает безупречную цифровую картинку, но она не чувствует сопротивление дерева под резцом, пластичность глины на гончарном круге или переплетение нитей в ткацком станке. Она не может воспроизвести случайную, но живую неровность мазка, которая и рождает уникальность артефакта. Глубинное понимание культурного кода и символического значения каждого элемента также остается за пределами ее компетенции; алгоритм оперирует статистическими паттернами, а не смыслами. Это порождает вопросы об истинной уникальности и авторстве: изделие, рожденное в диалоге с искусственным интеллектом, рискует остаться лишь красивой, но безличной симуляцией, лишенной энергетики и истории ручного творения.

Таким образом, орнаментальный код саха обладает достаточной структурной регулярностью для алгоритмизации, однако требует специализированной разметки датасета и внедрения культурно-обусловленных ограничений в процесс обучения. Успешная адекватная ге-

нерация этнически аутентичного якутского орнамента нейросетевыми системами невозможна без введения в архитектуру модели или в процесс постобработки явных композиционных инвариантов: типа симметрии, ритмического шага, пропорции фигуры и фона, а также учета конструктивной связи узора с формой декорируемого объекта. Игнорирование этих параметров приводит

к продукции, имитирующей внешние признаки орнаментальности, но не передающей культурно-специфического композиционного языка.

Исследование выполнено по Программе развития Арктического государственного университета искусств, культуры и креативных индустрий на 2025–2036 годы в рамках Программы «Приоритет-2030. Дальний Восток»

Литература:

1. Манович, Л. Язык новых медиа / Л. Манович; пер. с англ. — М.: Ад Маргинем, 2014. — 368 с. — ISBN 978–5–91103–182–2.
2. Петрова, А. Г. История и семантика орнамента: конспект лекций и методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы / А. Г. Петрова. — Якутск: ИЦ АГИКИ, 2017. — 48 с.
3. Петрова, А. Г. Орнамент народов Якутии: монография. Т. 1 — Электрон. дан. — Якутск, 2011. — 1 опт. диск (CD-ROM).
4. Петрова, А. Г. Универсальные композиционные формы в орнаменте народов Арктики / А. Г. Петрова // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. — 2014. — № 2–2 (40). — С. 150–153.
5. Петрова, А. Г. Ювелирное искусство Якутии: учеб.-метод. пособие / А. Г. Петрова; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «АГИКИ». — Якутск: АГИКИ, 2022. — 48 с.
6. Саввинов, А. И. Традиционные металлические украшения якутов: XIX — начало XX века: историко-этнографическое исследование / А. И. Саввинов. — Новосибирск: Наука, 2001. — 171 с. — ISBN 5–02–031450–6.

Режиссерское воплощение трагедий «монументального» стиля Н. Г. Виноградова-Мамонта

Панфилов Дмитрий Вячеславович, студент магистратуры
Научный руководитель: Кибардин Артем Александрович, старший преподаватель
Санкт-Петербургский государственный институт культуры

Великая Октябрьская социалистическая революция 1917 года значительно изменила политический и общественный порядок, определила новые задачи культуры и искусства, которые бы в полной мере влияли на воспитание новых государственных идей и ценности. Одной из важнейших задач театра становилась массовая агитация населения в защиту молодого государства. Театральные деятели, кто приняли революцию, разрабатывали и на практике старались воплотить идеи «нового» театра в жизнь.

Одним из представителей режиссеров Петрограда, кто занимался развитием театра на первых порах революции, формировал собственную театральную концепцию в контексте политических изменений, был Николай Глебович Виноградов-Мамонт. Он являлся выпускником Курсов мастерства сценических постановок (Курмасцеп), которые были открыты Вс.Э. Мейерхольдом в 1918 году. С этого же года он был руководителем Театрально-драматургической мастерской Красной Армии, но уже в мае 1919 года драматург и будущий создатель «монументального» стиля ушел на фронт. В 1924 году Виноградов-Мамонт открывает свою музыкально-театральную студию, получившую

название «Мастерская монументального театра» или сокращенно «Мамонт». Определяя в качестве основных тезисов своей режиссерской концепции всемирность, театр-храм, творчество масс, оркестр искусств, радость труда, преобразование мира, Н. Г. Виноградов-Мамонт выделяет еще один тезис, заключающийся в монументальности. И в качестве основной своей теоретической и практической идеи, которая нашла отражение в документе «Искусство тысячелетия» и его драматургическом наследии, является обоснование «монументального» стиля театра, который был противопоставлен стилю «камерному». И именно это сыграло ключевую роль в драматургической и режиссерской деятельности Виноградова-Мамонта и оказало существенное влияние на развитие характерных приемов массовых зрелищ и театрализованных представлений [3].

Н. Г. Виноградов-Мамонт создает статью «Искусство тысячелетий», где подробно представляет теоретические воззрения своей идеи о «монументальном» стиле. Именно здесь содержатся основные обоснования и изыскания того, что представляет собой монументальный стиль и какой должна быть социалистическая драматургия монументального стиля. Законы, которые были

определены Н. Г. Виноградовым-Мамонтом в качестве первооснов монументального стиля должны были найти свое точное отражение в им же созданных произведениях. Его драматургия воплотила в жизнь то, что ранее не могло быть доведено до своего развития и понимания — монументальный стиль, отличный от камерного и всего того, что существовало в театре на период творческой жизни драматурга [2].

Одним из ярких примеров, где были воплощены основные законы «монументального» стиля, выступает трагедия в стихах «Дворец Коммуны» («Город золотых колоннад») [1]. Она была создана драматургом в 1927 году. Действие трагедии представляет перед зрителями картину революционной борьбы с царским миром прошлого. Действующих лиц трагедии можно разделить на несколько групп, исходя из сюжета и концепции. К первой группе относятся все те герои, которые пытаются сохранить «прошлый» мир, олицетворяющий царскую власть: Царь, Наследник, граф Валгалл, князь Рюрикович. Ко второй группе относятся все, кто борются с этим царским миром, воспевают идеи революции о новой жизни и светлом будущем: Динамов Владимир Ильич (вождь мирового пролетариата), Разумовская Софья Львовна (жена Динамова), матрос Степан (сын Динамова), Ольга (дочь Динамова). Для всех представителей второй группы идеи революционной борьбы превыше собственных интересов, вся их жизнь — это и есть стремление к победе над царским временем. Здесь есть еще один персонаж, который не относится ни к первой, ни ко второй группе — Разумовский Лев Николаевич (отец Софьи Львовны). С одной стороны, он представитель прошлого мира, но с другой — он любящий отец, который выступает против революционной борьбы, чтобы сохранить мир в его неизменном виде; он не знает, что ждет впереди его семью после того, как революция одержит победу.

Третью группу действующих лиц составляет две группы массового героя — рабочие, работницы, солдаты, матросы — все те, кто является отражением новой эпохи; вторая группа масс — свита, сановники, придворные, духовенство, адъютанты, офицеры и прочие — представители массы старой эпохи.

Трагедия включает в себя пять актов и строится по следующим местам действия:

— Акт первый: действие происходит в Императорском зимнем дворце и здесь в качестве действующих лиц представлены все из первой группы, а также масса второй группы.

— Акт второй: действие проходит также во дворце, но если первый акт был в Тронном зале, то второй акт — рядом с кабинетом царя и двумя главными действующими лицами здесь являются наследник и Ольга.

— Третий и пятый акт — это электростанция, это является противоборствующим началом старому царскому миру.

— Акт четвертый также проходит в Тронном зале и представляет собой финал коронации.

Н. Г. Виноградов-Мамонт указывает в трагедии и место действия — столица северной империи, XX век.

Сюжетная линия трагедии начинается с Тронного зала в Императорском зимнем дворце, где Царь и все действующие лица первой группы готовятся к «священному конованию». Вместе с тем, уже здесь завязывается и конфликт трагедии, который в данном действии озвучивается как доклад царю о «вооруженном восстании масс».

В первом же акте мы знакомимся и со второй линией конфликта — персонажами первой группы во главе с героем-титаном Динамовым. Мы неслучайно называем его титаном, так как он и по характеристике своей наполнен этими чертами, и в тексте трагедии неоднократно драматургом так характеризуется. Здесь драматург вводит прототип исторического героя, который представлен в образе Владимира Ильича Динамова.

Несмотря на то, что трагедия «Дворец Коммуны» не была реализована в качестве сценической постановки, тем не менее, мы можем с полной уверенностью отнести ее не только к драматургическому, но и к режиссерскому опыту Н. Г. Виноградова-Мамонта. Это обусловлено тем, что драматургом в контексте самого текста трагедии были составлены точные режиссерские ремарки, которые позволяют нам рассмотреть не только сам текст, но и сценическое решение трагедии, систему образов, ее звуковое и музыкальное оформление. Иными словами, трагедия «Дворец Коммуны» представляет собой режиссерский сценарий своего сценического воплощения. Это является отражением одного из законов «монументального» стиля — «театральность, то есть драматургическая партитура, рассчитанная на весь оркестр искусств <...> драматург в творческом воображении создает весь спектакль, но записывает только поэтический текст» [2].

Помимо ремарок о включении тех или иных звуковых эффектов — звучание гимна, грохот взрыва, гул заводских гудков и т. д., здесь описаны и сценические решения каждого акта. Одним из важных элементов, соединяющих действие в Тронном зале и электростанции, является экран-радио, который был тайно установлен, чтобы Царь смог следить за действиями Динамова и его помощников. Как описывает Н. Г. Виноградов-Мамонт, «громоздкий экран — через весь тронный зал», позволяет нам сделать предположение, что этот экран не просто показывает то, что делает Динамов, он способствует развитию действия, так как он словно сталкивает два мира — неподвижный мир Империи и новый мир революции. Не менее важным элементом трагедии является и шар, который символизирует собой гибель Империи и драматург добавляет следующую ремарку, описывающую расположение шара и включение его в действие: «По знаку царя — открывается аванзал. На зеленом мраморном пьедестале стоит огромный шар, сверкающий отраженными огнями» [1]. Третьим важным сценическим элементом является сам «Город золотых колоннад». Образ «города» неоднократно встречается в актах трагедии, а его зримое вопло-

щение предполагалось драматургом с помощью выстроенных на сцене различных по масштабу зеркал.

Таким образом, текст трагедии «Дворец Коммуны» («Город золотых колоннад») является не только поэтиче-

ским текстом, созданным драматургом по выведенным им законам социалистической трагедии монументального стиля, это является подробным сценарием для постановки массового действия.

Литература:

1. «Дворец Коммуны» = «Город золотых колоннад». Трагедия в стихах // Российский государственный архив литературы и искусства. Ф.2542 оп.2 ед. хр.2. Л. 94.
2. Искусство тысячелетий // Российский государственный архив литературы и искусства. Ф. 614. Оп. 1. Ед.хр. 70. Л. 42.
3. Кибардин, А. А. Художественный метод Театрально-драматургической мастерской Красной Армии в Петрограде 1919–1920 годов / А. А. Кибардин // Временник Зубовского института. — 2021. — № 2 (33). — С. 145–162.
4. Слесарь, Е. А. Советский праздник: театрализация мифа / Е. А. Слесарь. — М.: Гараж, 2024. — 260 с.

Фотография как язык традиции: опыт фотопроекта «Айка» в контексте современного искусства

Пименова Анастасия Валериевна, студент магистратуры

Научный руководитель: Гольцева Оксана Сергеевна, кандидат педагогических наук, доцент
Российский государственный социальный университет (г. Москва)

В статье исследуется авторский фотопроjekt «Айка». Проект является частью современного искусства на тему сохранения культурной идентичности этносов и народов. Авторы рассматривают его как образец современного искусства, исследующего и популяризирующего финно-угорское наследие, а именно наследие народа коми.

Ключевые слова: фотография, современное искусство, культурная идентичность, традиции, коми мифология, финно-угорская культура, культурное наследие.

Глобализация и стремительный технологический рост заставляют по-новому взглянуть на культурное наследие народов России — эта тема всё чаще звучит и в искусстве, и в академической среде. Традиционные верования, долгое время остававшиеся где-то на периферии общего внимания, сегодня возвращаются в поле зрения художников и исследователей как источник живого, не музейного вдохновения. Фотопроjekt «Айка», созданный на основе мифологии коми, является ярким примером того, как современные формы искусства могут быть использованы для возрождения и переосмысления забытых народных традиций.

«Айка» представляет собой значимый культурный феномен, позволяющий зрителю погрузиться в мир финно-угорской мифологии. С точки зрения культурологического анализа проект демонстрирует глубокое понимание традиционных верований народа коми. В основе проекта лежит образ Айки — духа-хозяина, занимающего важное место в мифологии коми-зырян, олицетворяя связь человека с природой и окружающим миром. Слово «Айка» происходит от древнего финно-угорского корня «Ai», означающего «отец» или «родитель» [3, с. 79]. Изначально подобные духи воспринимались как могущественные существа, отвечающие за порядок и благополучие в опре-

делённой местности, или как покровители рода. Они выступают не только как хранители территорий и объектов, но и как персонификации природных сил и явлений. Они могли быть как благосклонными к людям, так и опасными, требующими уважения и жертв.

Проект корректно отражает двойственность понятия «айка». С одной стороны, это могущественный дух-покровитель, защитник. С другой — собирательное название для злых духов [3, с. 79]. Эта амбивалентность является ключевой для понимания проекта и находит отражение в визуальных образах, где трудно однозначно определить, добрый или злой дух представлен на фотографии. Неопределённость, двусмысленность, ощущение смутной тревоги — важная часть проекта, отражающая сложность и неоднозначность мифологических представлений.

С точки зрения соответствия финно-угорской мифологии в целом, проект «Айка» вписывается в контекст шаманизма и анимизма, характерного для многих народов, населяющих северные территории. Вера в низших духов «хозяев» — «матерей» и «отцов», населяющих природные объекты и отражающих природные явления, является общей чертой финно-угорского мировоззрения [4, с. 8]. Фотографии, изображающие духов в лесу, у реки, отсылают к древним ритуалам и обрядам, связанным с почита-

нием природы. Проект, таким образом, не ограничивается коми мифологией, а поднимается до уровня общефинно-угорских представлений о мире и месте человека в нем.

Автор проекта метафорически отправляет зрителя в путешествие по лабиринтам человеческого сознания, где древние страхи и представления о духах-хозяевах, возможно, кажутся забытыми и несерьёзными, но в определённых обстоятельствах способны проявиться с новой силой. Подобно тому, как многие из нас знакомы с концепциями домовых, водяных и леших, воспринимая их скорее как сказочных персонажей, нежели реальные сущности. Вера в духов Айка в культуре коми народа представляет собой отголосок древних времён, когда человек

ощущал свою неразрывную связь с природой и признавал существование невидимых сил, влияющих на его жизнь. Однако, несмотря на рациональный подход к миру, свойственный современному человеку, древний страх, породивший эти образы, никуда не исчез. Он может скрываться в подсознании, проявляясь в моменты одиночества, когда теряется ощущение безопасности (например, в тёмном лесу, у шумной реки или даже в собственном доме) [1, с. 256–258]. Именно об этих персонифицированных страхах и размышляет проект «Айка». Он представляет собой попытку визуализировать то, что обычно остаётся невидимым, дать форму и цвет тем чувствам, которые люди сегодня стараются подавлять или игнорировать (рис. 1).



Рис. 1. Некоторые фотографии из проекта «Айка» (разработано автором, 2023 г.)

Атмосфера таинственности и сакральности достигается за счёт продуманного освещения и композиции, а также деталей — визуальных символов. Такие элементы как лес, вода и огонь подчёркивают связь духов с природной средой. Использование атрибутов традиционного быта (прялка, рушник и т. д.) способствует сохранению культурной памяти и передаче её будущим поколениям. С помощью приёмов постановочной фотографии и некоторой театрализации создаются условные, сконструированные сцены, не претендующие на документальное воспроизведение обрядов и ритуалов. Фотографии здесь скорее представляют собой современную интерпретацию, основанную на знании и понимании контекста. Это помогает дистанцироваться от буквального восприятия конкретных персонажей из коми мифологии, вместо этого сделав акцент на передаче их архетипа и эмоций, которые они вызывают.

Использование постановочной фотографии и театрализации позволяет создать искусственные, сконструированные сцены, которые не претендуют на документальную точность. Этот приём позволяет дистанцироваться от буквального изображения мифологических персонажей и сосредоточиться на передаче их сущности, эмоций и архетипических образов. Важным элементом интерпретации является использование маски. Как центральный элемент визуального языка она также имеет корни в ритуальных практиках, где служит инструментом для трансформации и установления связи с духовным миром [2]. Маска скрывает лицо персонажа, лишая его индивидуальности

и подчёркивая его принадлежность к потустороннему. Сам образ основан на погребальных масках, найденных в Чердынском районе Пермского края, которые относят к Пермскому звериному стилю — художественной металлопластике Урала [5, с. 203]. Применение одной и той же маски для изображения разных духов подчёркивает их общую природу и связь. Кроме того, маска добавляет образам обезличенность и дополнительно создаёт эффект «дистанцирования», тем самым усиливая у зрителя чувство тревоги и непонимания.

В 2023 году этот проект вошел в число участников категории «Фотография» на Вторых открытых молодежных Арктических Дельфийских играх. Участие фотопроекта в этом конкурсе является значимым событием, подчёркивающим его художественную ценность в контексте сохранения и популяризации культурного наследия народов Севера. По сути, это признание того, что проект отвечает довольно строгим критериям современного искусства, где традиция становится не музейным экспонатом, а вполне актуальным художественным высказыванием.

Фотопроект «Айка» честно показывает, как современное искусство может работать с народной культурой. Он не ограничивается пересказом традиционных верований коми, а адаптирует их к сегодняшнему контексту и предлагает для них актуальную интерпретацию. Проект демонстрирует, что на сегодняшний день подобное искусство является мостом между прошлым и настоящим, сохраняющим и обогащающим общее культурное наследие нашей страны. В итоге, «Айка» выходит за рамки простого

фотопроекта, становясь объектом современного искусства, призывающим зрителя к диалогу о переосмыслении традиционных верований в эпоху высоких технологий и глобализации.

Литература:

1. Культурология: учебник для студентов вузов / П. С. Гуревич. — 4-е изд., стереотипное. — М.: Гардарики, 2008. — 280 с.
2. Маски народов Сибири / Текст и подбор ил. С. В. Иванова; Фот. В. А. Стукалова. — Ленинград: Аврора, 1974. [Электронный ресурс]. — URL: <https://сибирскаяскифия.рф/find/lib/ivanov.pdf> (дата обращения 23.05.2025).
3. Мифология Коми / Н. Д. Конаков, А. Н. Власов, И. В. Ильина... / Науч. ред. В. В. Напольских. — М.: Издательство ДИК, 1999. — 480 с.
4. Петрухин В. Я. Мифы финно-угров / В. Я. Петрухин. — М.: Астрель: АСТ: Транзиткнига, 2005. — 463 с.
5. Эренбург Б. А. Звериный стиль / Эренбург Б. А. — Пермь: Сенатор, 2014. — 212 с.

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 21 (624) / 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 03.06.2026. Дата выхода в свет: 10.06.2026.

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; <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.