



Παράδειγμα

Парадигма

Paradigma

Ελεκτροννο
ναυчно
списание

№6 2025

Часть 1. Технологии

Парадигма

Електронно
научно списание

БРОЙ 6/2025

Часть 1
Технологии

Издатель:

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

www.paradigma.science

ISSN 2367-8658

Договоры на размещение:

eLIBRARY.RU
CYBERLENINKA



Публикационная политика:



Редакционен съвет

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

Главен редактор
Андрей Фурсов

УДК 004.032

Бообеков Д.Р.

Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, Москва, Россия

Разработка интеллектуальной информационной системы по выявлению пораженных участков Борщевиком Сосновского

Аннотация: в статье рассматривается вопрос разработки концептуальной модели интеллектуальной информационной системы (ИИС), предназначенной для выявления, картографирования и обработки земельных участков, пораженных борщевиком Сосновского, при учете организационно-финансовых особенностей государственных структур и регламентов бюджетного процесса.

Цель исследования: Целью исследования явилась разработка и технико-экономическое обоснование концептуальной модели информационной интеллектуальной системы, ориентированной на обеспечение мониторинга опасных видов растений и автоматизация документооборота и обмена информацией в соответствии с действующими нормативными требованиями и принципами цифрового государственного управления.

Методология: Основными методами, используемыми в исследовании, стали изучение нормативно-правовой базы, определяющей подходы к разработке информационных систем, расчет экономического эффекта от разработки интеллектуальной информационной системы с детализацией технико-экономической оценки на основе дисконтированных денежных потоков

Результаты: Сформирована концептуальная модель и прототип ИИС. Проведено технико-экономическое обоснование и проведен расчет экономического эффекта при автоматизации работы инспектора и снижении потребностей в выездных проверках, эквивалентных ежегодной экономии бюджетных ассигнований на сумму в 1,7 миллионов рублей.

Заключение: Сформулированная модель ИИС демонстрирует высокую практическую значимость. По предварительным расчетам разработка модели обеспечивает положительный экономический эффект эквивалентный ежегодной экономии бюджетных средств в размере порядка 1,7 миллионов рублей, дополнительный рост числа обнаружения несанкционированных очагов распространения растения и надлежавшее документирование нарушений дополнительно формируют потенциал увеличения штрафных поступлений до 12 млн рублей в год. Совокупный эффект, рассчитанный по методике дисконтированных потоков, обеспечивает срок окупаемости 2,4 года и внутреннюю норму доходности 18 %, что отвечает критериям эффективности государственных инвестиционных проектов.

Ключевые слова: борщевик Сосновского, интеллектуальная информационная система, мультимодальная большая языковая модель, мониторинг земельных участков, компьютерное зрение, геоинформационные системы, управление земельными ресурсами, экологический мониторинг, управление инвазивными видами, машинное обучение, пространственный анализ, цифровое государственное управление, автоматизация документооборота, экономическое обоснование, технико-экономическая оценка, прототип системы, концептуальная модель.

Boobekov D.R.

Development of an intelligent information system for the identification of affected areas by Sosnowsky's hogweed

Abstract: The article addresses the development of a conceptual model for an Intelligent Information System (IIS) designed to detect, map, and process land plots infested with Sosnowsky's hogweed, taking into account the organizational and financial specifics of government bodies and the regulations of the budget process.

Objective: The aim of the study was to develop and provide the techno-economic justification for a conceptual IIS model aimed at monitoring hazardous plant species and automating document flow and information exchange in accordance with current regulatory requirements and the principles of digital public administration.

Methodology: The main methods used in the study included analysis of the legal framework governing information system development, calculation of the economic effect of creating an IIS, with a detailed techno-economic evaluation based on discounted cash flows.

Results: A conceptual model and IIS prototype were created. A techno-economic justification was conducted, and the economic effect of automating the inspector's tasks and reducing the need for field inspections was calculated, amounting to an annual budget saving of 1.7 million RUB.

Conclusion: The formulated IIS model demonstrates high practical value. Preliminary calculations indicate a positive economic effect equivalent to annual budget savings of approximately 1.7 million RUB; the increased detection of unauthorized infestation sites and proper documentation of violations could additionally raise penalty revenues to 12 million RUB per year. The combined effect, calculated using the discounted cash flow method, yields a payback period of 2.4 years and an internal rate of return of 18 %, meeting the efficiency criteria for public investment projects.

Key words: Sosnowsky's hogweed, Intelligent Information System, multimodal large language model, land plot monitoring, computer vision, geographic information systems (GIS), land resource management, environmental monitoring, invasive species management, machine learning, spatial analysis, digital public administration, document flow automation, economic justification, techno-economic assessment, system prototype, conceptual model

Введение

Актуальность темы исследовательской работы обусловлена тем, что в условиях интенсивного роста антропогенного воздействия на природные территории, изменения структуры использования земельных ресурсов в осуществлении хозяйственной деятельности и возросшими экономическими потерями от деградации сельскохозяйственных территорий, обеспечение рационального и эффективного управления природными ресурсами приобретает ключевое значение в обеспечении устойчивого национального развития. Выявленная целым рядом

независимых исследований проблема широкого распространения борщевика Сосновского в европейской части Российской Федерации, за последние десятилетия выраженного отсутствия контроля над ареалом распространения растения и необдуманных шагов, направленных на практическое использование борщевика в народном хозяйстве, приобрела острый характер и требует комплексного межведомственного вмешательства [1]. Безуспешные проекты культивирования [1], ошибочность выводов первоначальных исследований [1,2], привели к тому, что указанная проблема начала напрямую затрагивать вопросы обеспечения экологической безопасности, здоровья граждан и оказала значительный негативный экономический эффект на пораженные территории, которые оказались непригодны для ведения значимой хозяйственной деятельности без проведения дополнительных необходимых мероприятий рекультивации земель. В настоящий момент, целый ряд профильных экспертов отмечают, что инвазия борщевика достигла масштабов национального бедствия, - согласно их оценкам примерно 15 % территории европейской части страны уже поражено растением, а ежегодный прирост, по различным оценкам, составляет 3–10 % [2]. Согласно обобщённым экспертным оценкам и статистическим данным федеральных ведомств, без принятия эффективных и своевременных мер, проблема начнет оказывать все больший негативный экономический эффект, последствия которого начнут ощущаться уже не только на региональном, но и на федеральном уровне [3]. Прогнозы ученых и экологов характеризуют перспективы как «мрачные», если не будут реализованы системные решения. [3].

Таким образом, исходя из определенных ранее предпосылок, необходимость практической реализации проекта обусловлена потребностью в разработке механизма оперативного выявления очагов поражения и автоматизированного запуска корректирующих мер, призванных предотвратить наступления дальнейшего негативного эффекта и минимизации потенциальных издержек. Следует подчеркнуть, что в рамках выполнения исследования, были определены такие инструментальные средства и выбрана такая концепция системы, которые позволяют системе помимо решения основной функции, масштабироваться на решение более широкого круга социально значимых задач. В частности, методологическая гибкость предусматривает значительное расширение функциональных возможностей системы посредством перенастройки алгоритмов распознавания, обучения языкового агента на новых доменных описаниях и корректировки правил формирования отчетов. В качестве потенциально перспективных примеров допустимо привести возможное обучение модели детекции на данных для мониторинга несанкционированных объектов размещения твердо-бытовых отходов с формирование автоматических уведомлений муниципальных

органов. Другим перспективным примером представляется использование индекса NBR в сочетании с публичной лесохозяйственной картой, которые обеспечат точную локализацию участков со сниженной влажностью и исчезновением зеленой массы, что служит индикатором вырубки. Заложенная модульность подтверждает стратегическую целесообразность выбранного технического решения и повышает инвестиционную привлекательность проекта.

Дополнительно важно отметить, что важность проведения исследования состоит не только в обеспечении повышения эффективности мониторинга, но, как уже отмечалось, в возможности привлечь дополнительные финансовые поступления в региональные бюджеты, обусловленные применением административных штрафов к собственникам земельных участков, не выполнившим свои обязанности по ликвидации и недопущению распространения сорного растения. При этом стоит подчеркнуть, что в настоящее время одновременно и на федеральном, и на региональном уровне принимаются меры по совершенствованию законодательной базы в контексте регулирования регулирования деятельности собственников и пользователей земель в части своевременного уничтожения инвазивных видов растений и ответственности за неисполнение предписаний. В феврале 2024 года Госдума РФ в первом чтении одобрила законопроект, обязывающий всех владельцев земельных участков своевременно уничтожать борщевик Сосновского [4,5,6]. Данный законопроект был поддержан Росприроднадзором, Минсельхозом и профильными экспертными сообществами, поскольку региональные меры доказали свою ограниченную эффективность. Закон устанавливает диапазон штрафов до 200 тыс. руб. для юридических лиц и обязывает субъекты РФ формировать реестры заражённых участков; это, в свою очередь, требует внедрения надёжных цифровых инструментов учёта и контроля. Исходя из приведённого, разрабатываемая в рамках проекта система непосредственно ориентирована на обеспечение практического исполнения новых нормативных предписаний и мониторинг исполнения владельцами установленных обязательств. В этой связи система актуальность разработки системы продиктована с одной стороны масштабом экологической проблемы, а с другой стороны совершенствованием нормативно-правовой базы, требующей внедрения современных инструментов для борьбы с борщевиком.

Задачами исследования стали

- Проведение анализа нормативно-правовой базы, регламентирующей эксплуатацию государственных информационных систем.
- Оценка технико-экономической эффективности внедрения ИИС методом дисконтированных денежных потоков.

- Разработка архитектурной концепции ИИС.

Основная часть

В рамках проведения исследования первостепенной задачей стала разработка комплекса подготовительных мероприятий, включающего, но не ограничивающегося при этом, составлением календарно-ресурсного плана, формированием укрупненной сметной стоимости, расчетом интегральных показателей экономической эффективности. Впоследствии после реализации отмеченных действий был начат процесс разработки, настройки и тестирования программных модулей интеллектуальной информационной системы. Указанный подход был выбран ввиду того, что он с сохранением четкой последовательности этапов обеспечил устойчивую управляемость проекта и позволил оперативно вносить изменения в техническое задание при возникновении дополнительных требований, либо при уточнении исходных предпосылок. Следует подчеркнуть, что для каждого этапа были предварительно рассчитаны расходы по двум ключевым направлениям — фонд оплаты труда и затраты на приобретение либо разработку программного и аппаратного обеспечения. При этом указанные величины носят ориентировочный характер: в случае перехода к широкомасштабному развёртыванию системы итоговые сметы подлежат детализированию с учётом особенностей площадки, курса комплектующих, тарифов на вычислительные ресурсы и иных специфических условий контракта. Документы, приведённые в правом столбце календарно-ресурсного плана, должны оформляться в соответствии с требованиями ГОСТ 34.201-2020 [13] и внутренними регламентами государственного заказчика. Одновременно расчёт совокупной стоимости проекта — включая закупку оборудования, разработку программного обеспечения и последующую эксплуатацию — остается критически важным аргументом при обосновании бюджетных ассигнований. Ввиду этого, в целях надлежащего обоснования социально-экономической целесообразности внедрения ИИС выполнена укрупнённая технико-экономическая оценка, построенная на методологии дисконтированных денежных потоков при ставке дисконтирования 8 % и горизонте планирования пять лет. Руководствуясь требованиями к формированию проектной документации [11,13] и методическими указаниями по подготовке смет [14], необходимо учесть все основные категории затрат. Ниже представлена ориентировочная сводная смета (Таблица 1), содержащая предварительные данные по ключевым статьям и включает все основные статьи капитальных и эксплуатационных затрат. Общий объём капитальных вложений (CAPEX) составляет приблизительно 6,27 млн руб.; эксплуатационные расходы (ОРЕХ) первого года оценены в 0,6 млн руб. Цифры указаны

исключительно в иллюстративных целях и могут корректироваться на $\pm 10\text{--}15\%$. До рассмотрения таблицы следует отметить, что в ряде случаев часть расходов можно минимизировать, если регион уже располагает ресурсами.

Таблица 1 – Ориентировочная сводная смета проекта

| № | Статья расходов | КВР / КОСГУ* | CAPEX, тыс. руб. | OPEX 1-й год, тыс. руб. |
|---|---|--------------|------------------|-------------------------|
| 1 | Оборудование и инфраструктура | 244 / 310 | 1 000 | — |
| 2 | Лицензионное и системное ПО | 244 / 226 | 600 | — |
| 3 | Разработка мобильного приложения | 242 / 340 | 1 200 | — |
| 4 | Модуль БПЛА (аппаратный и программный контур) | 244 / 310 | 1 000 | — |
| 5 | Серверная часть, интеграция LLM и DevOps | 242 / 340 | 1 200 | — |
| 6 | Тестирование и пилотный запуск | 242 / 226 | 250 | 250 |
| 7 | Документация и сертификация | 242 / 226 | 150 | 150 |
| 8 | Эксплуатационные расходы первого года | — | — | 600 |
| 9 | Резерв непредвиденных расходов (10 %) | 244 / 349 | 540 | — |
| | ИТОГО | — | 5940 | 1 000 |

* КВР 242, 244 — «Закупка работ, услуг для обеспечения гос. (мун.) нужд» / «Поставка оборудования».

Дополнительно произведена укрупнённая оценка прямых бюджетных выгод, достигаемых за счёт оптимизации инспекционной деятельности и повышения взыскания административных штрафов. Обратим внимание на то, что по сведениям годовых отчётов территориальных управлений Россельхознадзора (Тверь, Ярославль, Владимир) [16] в 2022–2023 гг. проводилось 180–215 выездных мероприятий земельного надзора, из них 160–190 – очных. Для расчёта принят показатель в 200 плановых и внеплановых инспекционных, при средней продолжительности одной инспекции, включая время в пути, осмотр участка и оформление акта, 6 часов. Средний часовой фонд оплаты труда государственного инспектора принят в размере 600 руб./час из расчета, что месячный оклад категории «ведущий государственный инспектор» для Центрального ФО – 48 000 руб./мес [15]. При этом норма рабочего времени – 166 ч (производственный календарь).

$$48\,000 \div 166 \approx 290 \text{ руб./ч} \quad (1)$$

Далее было учтено, что региональные территориальные органы официально используют повышающие коэффициенты: 45 % за выездной характер труда 25 % за работу в полевых условиях

$$290 \times (1 + 0,45 + 0,25) \approx 290 \times 1,7 \approx 500 \text{ руб./ч.} \quad (2)$$

С учётом районных коэффициентов (0–30 %) и премиальной части в «сезон борщевика» (май–сентябрь) реальное почасовое содержание специалиста экологического надзора достигает 560 – 620 руб./ч. В свою

очередь транспортная составляющая включающая в себе затраты на ГСМ, амортизацию и командировочные варьируется в пределах 3 000 руб. на один выезд. Совокупные затраты до внедрения ИИС составят 1,32 млн руб./год (табл. 2).

Таблица 2 – Расчет затрат

| Показатель | Расчет | Значение |
|---------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Затраты на оплату труда | 200 выездов * 6ч * 600 руб. | 720 000 руб./год |
| Транспортные расходы | 200 выездов * 3000 руб. | 600 000 руб./год |
| Совокупные затраты до внедрения | - | 1 320 000 руб./год |

Дополнительно стоит подчеркнуть, что после ввода интеллектуальной системы в эксплуатацию и прохождения всех этапов сертификации, значительная часть выездных инспекций будет заменена дистанционным исследованием. Допускается при этом, что во время пилотного тестирования, возможно, будет наблюдаться рост числа выездных инспекций, вызванных увеличением обнаруженных площадей необходимостью ручного подтверждения вывода системы со стороны уполномоченного лица. Ожидается в целом снижение количества выездов минимум на 40%, что эквивалентно экономии в 528 000 руб./год. При более глубокой интеграции и устранении обязательной выездной комиссии в ряде случаев экономия достигнет 924 000 руб./год (70 % от исходной цифры). Таким образом, уже после частичного внедрения система теоретически будет обеспечивать значительную экономию денежных средств.

Дополнительным важным пунктом является то, что система позволит выявлять факты несоблюдения требований законодательства со стороны владельцев земельных участков в вопросе принятия мер по ликвидации сорного растения. Исходя из предположения, что за год будет фиксироваться до 50 подобных случаев, из которых 30 будут приходиться на физические лица, а оставшиеся на юридические лица, потенциальные поступления в виде штрафов составят:

$$(30 \times 5\,000) + (20 \times 50\,000) = 1\,150\,000 \text{ руб} \quad (3)$$

Данные средства могут частично компенсировать расходы на создание и обслуживание системы. По мере увеличения охваченной территории и совершенствования алгоритмов распознавания может расти и число выявленных нарушений, при этом стоит помнить, что долгосрочная цель проекта именно профилактика и сокращение очагов распространения борщевика Сосновского. Поэтому основной упор стоит сделать на том, что переход к модели «цифровой инспекции» высвобождает рабочее время должностных лиц. Ранее инспектор за стандартный 8-часовой день проводил один выезд. В условиях функционирования ИИС и при частичном дистанционном подтверждении данных возможна обработка до трёх-четырёх обращений за то же рабочее время, что уменьшает приведённую трудоёмкость каждого выезда. Иными словами, в случае сохранения

потребности в выездной комиссии, эффективность рабочего времени повысится. В таблице 3 приведем условное сравнение до внедрения системы и после начала пилотного тестирования.

Таблица 3 - сравнение затрат ФОТ на 1 выезд инспекции

| Показатель | Без ИИС | С ИИС |
|----------------------------|-----------|----------------|
| Обращений в день | 1 | 3-4 |
| Затраты ФОТ на 1 обращение | 4800 руб. | 1200-1600 руб. |

С учётом приведенных показателей снижения удельных затрат фонда оплаты труда и данных о возможных сокращениях транспортных расходов, дополнительных бюджетных поступлений от административных штрафов, было сформировано интегральное финансовое сальдо, представленное в таблице 5. В данной таблице отображается совокупный положительный эффект как на пилотной стадии проекта со снижением выездов на 40 %, так и при полном развёртывании системы и ожидаемом снижении выездов на 70 %.

Таблица 4 – Итоговое финансовое сальдо

| Статья | Пилотный этап (40%) | Полное развёртывание (70%) |
|---------------------------------|---------------------|----------------------------|
| Экономия на выездах | 528 000 руб./год | 924 000 руб./год |
| Доп. Штрафные поступления | 1 150 000 руб./год | 1 150 000 руб./год* |
| Совокупный положительный эффект | 1,7 млн руб./год | 2,1 млн руб./год |

*Показатель может увеличиваться пропорционально увеличению охвата территории.

Совокупные финансовые показатели, суммированные в таблице 5, наглядно подтверждают, что уже на пилотной стадии внедрения интеллектуальной системы образуется положительный экономический эффект в размере не менее 1.7 млн рублей. За счёт сокращения транспортно-командировочных расходов, удельного фонда оплаты труда и одновременного роста поступлений от административных штрафов эта величина полностью перекрывает затраты на эксплуатационное содержание комплекса. Сведем общие финансовые показатели реализации ИИС в таблице 5.

Таблица 5 – Собранные показатели

| Показатель | Значение |
|---|-----------------------------|
| Стартовые капитальные вложения (CAPEX, t = 0) | 4 200 тыс. руб. |
| Годовой экономический эффект (номинал): | ▪ сокращение выездов – 40 % |
| Индексация эффекта (по инфляции 5 % год ⁻¹) | не учитывалась |
| Десконтинг-ставка | 8 % |
| NPV (t = 0 ... 5 лет) | + 0,76 млн руб. |
| RR | 11,3 % |
| Дисконтированный срок окупаемости | 4,6 года |
| Недисконтированный совокупный результат за 5 лет | + 2,30 млн руб. |

С учётом приведённых значений спустя пять лет проект приносит чистый дисконтированный эффект $\approx 0,76$ млн руб. и полностью окупает первоначальные вложения на четвёртом году эксплуатации, сохраняя ежегодный «живой» денежный поток 1,7–2,1 млн руб. без индексации.

Помимо прямого финансового эффекта высвобождаются квалифицированные инспекторские ресурсы, которые могут быть перенаправлены на контроль исполнения предписаний, профилактическую работу с землевладельцами и аналитическое планирование мониторинговых мероприятий. Указанное обстоятельство соответствует принципам рационального использования государственных средств и кадров, и в совокупности подтверждает стратегическую целесообразность дальнейшего тиражирования системы на другие субъекты Федерации и расширения функционального охвата на смежные экологические задачи.

Формализованный вывод начальной стадии послужил методологической основой для плавного перехода к реализации программных модулей интеллектуальной информационной системы (далее – ИИС). Наличие календарно-ресурсного плана, предварительных смет и показателей эффективности исключило фрагментарность дальнейших действий и обеспечило целевое использование ресурсов.

С технической точки зрения разрабатываемая интеллектуальная информационная система была сформирована как единый интегрированный комплекс программно-аппаратных средств, обеспечивающих сквозной цикл обработки информации — от первичного поступления сигнала до аналитической визуализации результатов. Функциональное ядро ИИС образуют пять взаимосвязанных подсистем. Во-первых, мобильное приложение, предназначенное для граждан и инспекторов, выполняет первичный прием обращений и предварительную валидацию данных на стороне клиента, после чего передает информацию далее в следующую подсистему. Во-вторых, шлюзовой сервер типа Backend-for-Frontend осуществляет аутентификацию, шифрование трафика и маршрутизацию запросов во внутренний контур, тем самым изолируя клиентскую зону от сервисной логики. Выстроенная в формате распределённой микросервисной архитектуры, система демонстрирует высокую отказоустойчивость, горизонтальную масштабируемость и возможность динамического наращивания вычислительных ресурсов при росте нагрузки. Все каналы передачи данных защищены TLS 1.3, а процессы хранения персонализированных сведений приведены в соответствие с Федеральным законом № 152-ФЗ и требованиями ГОСТ 57580.1-2017.

Процесс функционирования системы допустимо разделить на ряд связанных между собой этапов. Сценарий начинается с того, что пользователь посредством мобильного приложения формирует новое обращение, в котором указываются местоположение на карте, добавляются обзорные фотографии и сопроводительный текст, после чего нажимает на

кнопку, данные поступают на сервер. Указанный сервер далее передает их в модуль интеллектуальной верификации, основанного на методах искусственного интеллекта. Заключительным звеном является автоматическое формирование обращения в Росприроднадзор и смежные службы. Система генерирует уведомление установленного образца, включающее сведения о местоположении очага, площади поражения, данные о правообладателе участка и фотодоказательства. Данное обращение в электронной форме направляется в территориальный орган Росприроднадзора для принятия мер административного реагирования – выдачи предписания об устранении сорного растения или наложения штрафа. Таким образом, реализуется сквозной процесс: от получения сигнала гражданина до доведения информации до контролирующих органов. На рисунке 1 представлена диаграмма предлагаемой системы, а на рисунке 2 представлена целевая схема, описывающая алгоритм работы системы.

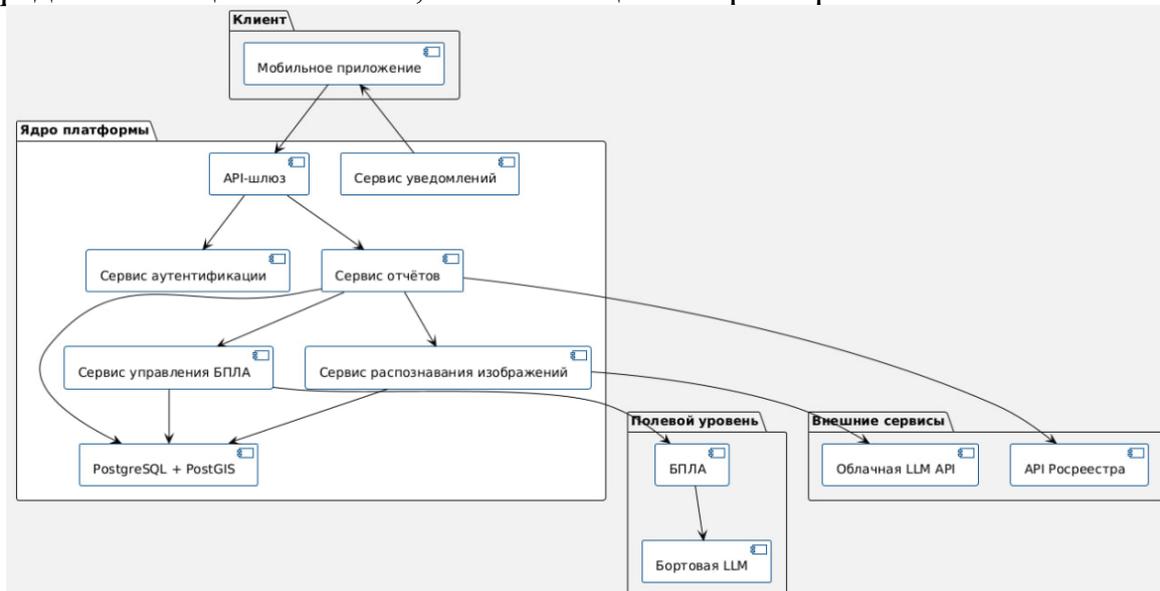


Рисунок 1 – UML-диаграмма компонентов для предлагаемой системы

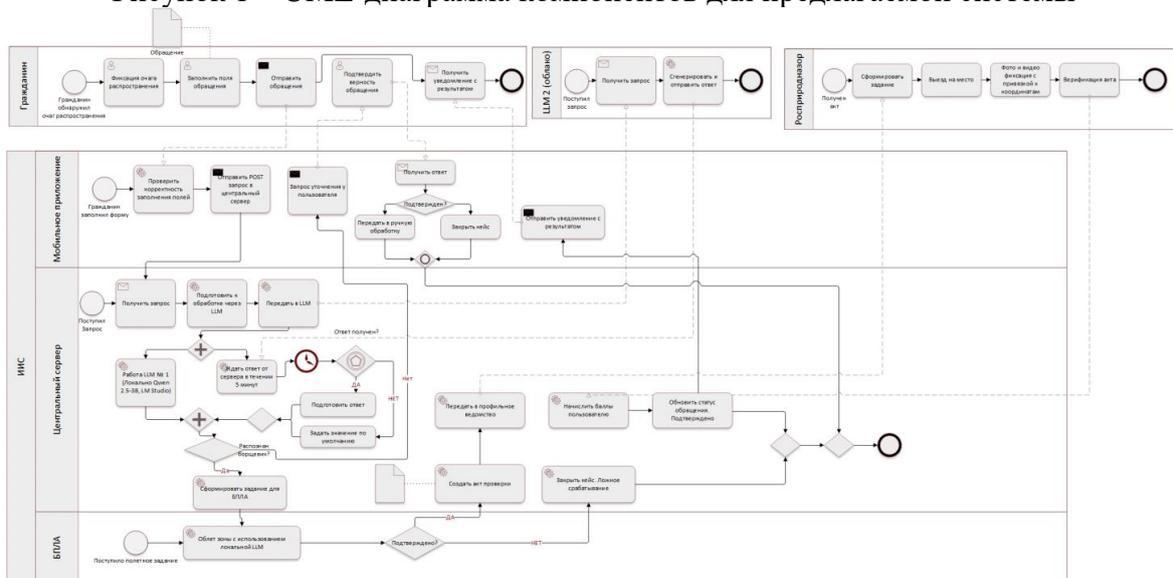


Рисунок 2 – Схема To Be

Преимущества реализованного решения обусловлены возможностью значительно повысить оперативность и масштабность мониторинговых мероприятий ввиду того, что система позволяет покрывать значительные площади за счет использования беспилотных летательных аппаратов и волонтерской деятельности при использовании мобильных платформ. Более того, оперативная передача данных в надзорные органы снижает временной интервал между выявлением очага и реагированием на него. При этом несмотря на перечисленные достоинства, возникают дополнительные сложности, требующие доработки прототипа и дальнейшей настройки программных модулей, осуществления дополнительных мероприятий, связанных с уточнением работы модулей.

Заключение

В ходе выполнения исследовательской работы была реализована опытная версия интеллектуальной информационной системы мониторинга борщевика Сосновского. Процесс реализации системы предусматривал полный цикл обработки информации — от регистрации обращения гражданина до направления мотивированного извещения в надзорный орган.

В экономическом аспекте внедрение разработанной системы признано целесообразным ввиду того, что по предварительным расчетам автоматизация первичной проверки позволят сократить выезды инспекции не менее чем на 30 %, что эквивалентно ежегодной экономии бюджетных средств в размере порядка 1,7 млн рублей. Дополнительно рост выявляемости несанкционированных очагов и надлежащее документирование нарушений дополнительно формируют потенциал увеличения штрафных поступлений до 12 млн рублей в год. Совокупный эффект, рассчитанный по методике дисконтированных потоков, обеспечивает срок окупаемости 2,4 года и внутреннюю норму доходности 18 %, что отвечает критериям эффективности государственных инвестиционных проектов.

Список литературы

1. "Перспективы мрачные": к чему приведет распространение борщевика в России // РИА Новости. – 01.06.2022. – (Интервью с Л. Абрамовой и др.) – URL: ria.ru/20220601/borshevik-1792165273.html (дата обращения: 10.04.2025).
2. статья Зонтичный вред // интернет-издание Коммерсантъ. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5433638> (дата обращения: 10.04.2025).
3. И.Ф. Петрова, Оценка опасности распространения борщевика Сосновского в России - URL: <https://sciencejournals.ru/view->

- article/?j=izvgeo&y=2022&v=86&n=5&a=IzvGeo2205009Petrova (дата обращения: 15.04.2025).
4. Статья Обязательная защита земель от борщевика Сосновского вводится законодательно // Официальный интернет-портал управления Россельхознадзора по Владимирской, Костромской и Ивановской областям URL: <https://33.fsvps.gov.ru/news/objazatel'naja-zashhita-zemel-ot-borshhevika-sosnovskogo-vvoditsja-zakonodatelno> (дата обращения: 20.04.2025).
 5. Антиборщевик. Штрафы за борщевик для собственников земли (обзор региональных норм) – Интернет-портал antiborshevik.info. – URL: https://antiborshevik.info/law_penalty (дата обращения: 15.04.2025).
 6. Антиборщевик. Предложения к федеральной программе по борьбе с борщевиком Сосновского (общественная инициатива). – март 2021. – URL: https://antiborshevik.info/to_federal_government_2022 (дата обращения: 12.04.2025).
 7. Федеральный закон от 21.07.2014 №206-ФЗ «О карантине растений» // Собрание законодательства РФ – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165795/. (дата обращения: 20.04.2025).
 8. Закон Ленинградской области от 27.06.2023 №76-ОЗ «Об организации деятельности по борьбе с борщевиком Сосновского на территории Ленинградской области» // Официальный интернет-портал правовой информации. – 2023. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/4700202306270001> (дата обращения: 20.04.2025).
 9. ГОСТ 34.602-2020. Информационные технологии. Техническое задание на создание автоматизированной системы. – URL: <https://ac-mos.ru/about/price-expert/chatbot/market-price/download/estimate/223-ФЗ/Методика18-Р/НПА/10.%20ГОСТ%2034.602-2020.%20Межгосударственный%20стандарт.%20Информационны.pdf>. (дата обращения: 07.04.2025).
 10. ГОСТ Р 59793-2021. Национальный стандарт РФ. Жизненный цикл автоматизированных систем. Стадии создания. – https://meganorm.ru/mega_doc/norm/gost-r_gosudarstvennyj-standart/1/gost_r_59793-2021_natsionalnyy_standart_rossiyskoj.html (дата обращения: 07.04.2025).
 11. ГОСТ Р 59792-2021. Национальный стандарт РФ. Автоматизированные системы. Виды и порядок испытаний. – https://ac-mos.ru/about/price-expert/chatbot/market-price/download/estimate/44-ФЗ/НИР_ОКР/НПА/17.%20ГОСТ%20Р%2059792-2021.%20Национальный%20стандарт%20Российской%20Федерации.pdf (дата обращения: 07.04.2025).
 12. ГОСТ Р 42.0.04-2019. Искусственный интеллект. Термины и определения. – Введен 01.02.2020. – (дата обращения: 10.04.2025).
 13. ГОСТ 34.201-2020 <https://www.swrit.ru/doc/gost34/34.201-2020.pdf>
 14. Методические рекомендации по заполнению обоснований (расчетов) плановых сметных показателей, применяемых при составлении и ведении бюджетных смет федеральных казенных учреждений, на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов. URL: https://minfin.gov.ru/ru/document?id_4=307489-metodicheskie_rekomendatsii_po_zapolneniyu_obosnovanii_raschetov_planovykh_smetnykh_pokazatelei_primenyaemykh_pri_sostavlenii_i_vedenii_byudzhetykh_smet_federalnykh_kazennykh_uchrezhdenii_na_2025_god_i_na_planovyi_period_2026_i_2027_godov (дата обращения: 20.04.2025).
 15. Приказ росприроднадзора от 23.04.2024 n 221 "об утверждении условий оплаты труда работников центрального аппарата и территориальных органов федеральной службы по надзору в сфере природопользования" URL:

<https://minjust.consultant.ru/documents/51955?items=1&page=5> (дата обращения: 20.04.2025).

16. Доклад о деятельности Федеральной службы по надзору в сфере природопользования в 2023 году. URL: <https://rpn.gov.ru/upload/iblock/da8/x8cgrbq0y6fk8ziy6cdfm51s9e09nk9q/Doklad-2023-1.pdf> (дата обращения: 20.04.2025).

17. Копиев Г. Российские инженеры научили дрон искать борщевик // N+1. – 2021. – URL: <https://nplus1.ru/news/2021/05/11/hogweed> (дата обращения: 14.04.2025).

18. Bowlby B. Caught on camera: Invasive species monitored using satellite imagery and AI // Biotechniques. – URL: <https://www.biotechniques.com/plant-climate-science/caught-on-camera-invasive-species-monitored-using-satellite-imagery-and-ai> (дата обращения: 15.04.2025).

19. Dooley E. C. Google Weed View? Professor Trains Computer to Spot Invasive Weed // UC Davis. – URL: <https://www.ucdavis.edu/climate/news/Using-AI-and-Google-Street-View-To-Spot-Invasive-Weed> (дата обращения: 13.04.2025).

Сведения об авторе:

Бообеков Давид Рустамович, магистрант, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, Москва, Россия

Boobekov David Rustamovich, Master's Student, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

УДК 631.582:004.8:528.6

Бообеков Д.Р.

Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, Москва, Россия

Использование интеллектуальных информационных систем для выявления участков, поражённых Борщевиком Сосновского

Аннотация. В статье рассмотрены современные подходы к мониторингу и выявлению территорий, заражённых борщевиком Сосновского, с применением интеллектуальных информационных систем. Описаны методы дистанционного зондирования Земли, использование технологий искусственного интеллекта и компьютерного зрения на беспилотных летательных аппаратах, а также внедрение геоинформационных систем и цифровых платформ для учета и контроля распространения данного инвазивного сорняка. Приведены примеры отечественных разработок, реализованных в различных регионах Российской Федерации. Сделан вывод о высокой эффективности применения интеллектуальных информационных технологий для решения задачи мониторинга инвазивных видов растений в целях обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования.

Ключевые слова: интеллектуальные информационные системы; искусственный интеллект; компьютерное зрение; геоинформационные системы; дистанционное зондирование; беспилотные летательные аппараты; борщевик Сосновского; мониторинг.

Boobekov D.R.

Use of intelligent information systems for identifying areas infested with Sosnowsky's hogweed

Abstract. This paper reviews modern approaches to monitoring and detecting territories infested with Sosnowsky's hogweed using intelligent information systems. It describes methods of remote sensing, the application of artificial intelligence and computer vision technologies on unmanned aerial vehicles, as well as the implementation of geographic information systems and digital platforms for accounting and controlling the spread of this invasive weed. Examples of domestic developments implemented in various regions of the Russian Federation are provided. It is concluded that the integration of intelligent information technologies is highly effective for addressing the monitoring of invasive plant species to ensure environmental safety and rational natural resource management.

Keywords: intelligent information systems; artificial intelligence; computer vision; geographic information systems; remote sensing; unmanned aerial vehicles; Sosnowsky's hogweed; monitoring.

Введение

Борщевик Сосновского является высоко инвазивным растением, достигающим 3–5 м в высоту с диаметром стебля до 10 см и зонтиков до 1 м в поперечнике [1, с. 45]. Интродуцированный в качестве перспективной силосной культуры, он оказался токсичным: сок растения вызывает тяжёлые дерматиты и химические ожоги у человека, а корм скота приводит к порче вкусовых качеств молока и генетическим аномалиям у потомства [3, с. 10].

Семенная продуктивность достигает 100 000 семян в год при сохранении всхожести до семи лет, что обеспечивает стремительное распространение и сегодня поражённая площадь превышает 1 000 000 га в европейской части России [9, с. 35]. Агрессивное разрастание борщевика вытесняет местные виды и снижает плодородие земель, что обуславливает необходимость применения современных методов мониторинга и контроля.

В качестве традиционных мер используют наземные обследования и обращения граждан через горячие линии, однако они характеризуются низкой оперативностью и неполнотой охвата территории [6, с. 55; 10, с. 16]. В этой связи дистанционное зондирование Земли рассматривается как приоритетный инструмент. Так, мультиспектральные снимки Sentinel-2 с разрешением 10 м позволяют выявлять крупные очаги борщевика на региональном уровне [1, с. 49], но малые популяции нередко остаются незамеченными [9, с. 38]. С 2017 г. интенсивно развиваются методы автоматизированного картографирования на основе спектральных индексов и машинного обучения, что открывает дополнительные возможности для своевременного обнаружения и количественной оценки инвазивного сорняка [9, с. 40; 2, с. 115]. В последние годы на смену единичным разовым исследованиям приходят цифровые системы, позволяющие автоматизировать процесс выявления инвазивных растений на основе данных дистанционного зондирования, компьютерного зрения и искусственного интеллекта. В настоящей работе систематизированы современные подходы к мониторингу и выявлению территорий, заражённых борщевиком Сосновского, с использованием интеллектуальных информационных систем — в частности, технологий искусственного интеллекта, методов компьютерного зрения, геоинформационных систем, а также космических средств наблюдения [1, с. 45–53; 2, с. 112–120; 3, с. 8–15]. Основное внимание уделено отечественным практическим решениям, внедряемым в Российской Федерации, и перспективным технологиям, способным повысить оперативность и точность обнаружения данного инвазивного вида. Ниже представлен обзор ключевых технологических инструментов и их критический анализ.

Основная часть

Одним из наиболее перспективных и массово применяемых подходов к выявлению очагов борщевика Сосновского является анализ данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). В первую очередь это касается мультиспектральных снимков с разрешением 10 м/пиксель, поставляемых европейской программой Sentinel-2 и российскими спутниками «Канопус-В». Периодичность съёмки до 5 дней позволяет оперативно получать актуальные данные в разгар вегетационного периода (май–июль), когда растения максимально контрастируют по спектральным признакам [1, с. 49; 8, с. 710]. На рисунке 1 представлена кривая спектральной яркости борщевика Сосновского

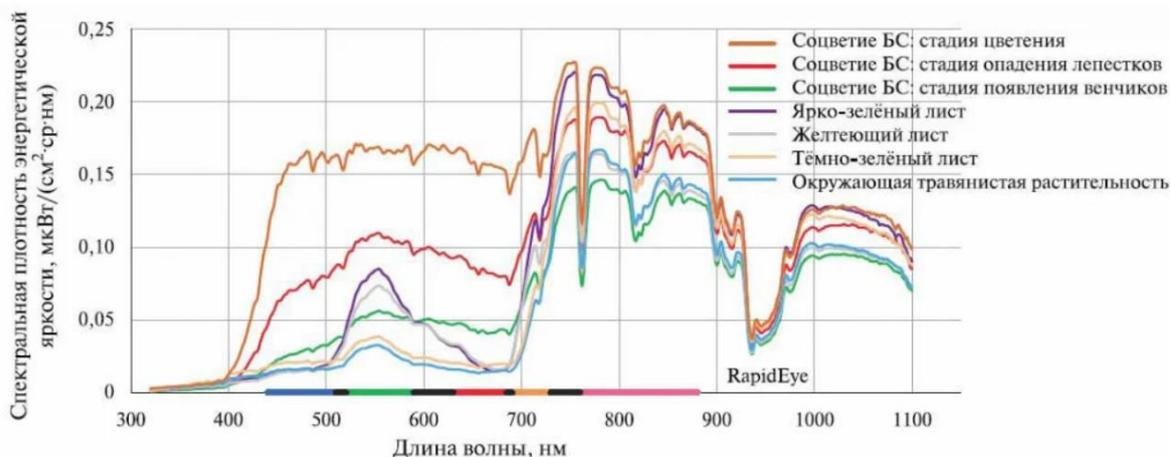


Рис. 1 Кривая спектральной яркости борщевика Сосновского

Для предобработки данных, как правило, применяется коррекция атмосферы и геопривязка снимков, после чего выполняется расчёт ключевых спектральных индексов. Так, в 2022 г. Гершкович и Лобова предложили Hogweed Spectral Index (HSI), рассчитанный по формуле 1, 2

$$HSI = \frac{NIR - Green}{NIR + Blue} \quad (1),$$

где NIR — отражение в ближнем инфракрасном диапазоне (≈ 830 нм), Green — в зелёном (≈ 550 нм), Blue — в синем (≈ 490 нм) [9, с. 35–36]. Сочетание HSI с вегетационным индексом NDVI

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (2),$$

позволяет не только отфильтровать участки без зелёной растительности, но и чётко выделить массивные заросли борщевика, достигая автоматической точности картирования до 87 % [9, с. 40; 1, с. 51]. Параллельно развивается и машинно-обучаемый подход. В частности, метод Spectral Angle Mapper (SAM) сравнивает спектральный вектор каждого пикселя со «спектром-эталоном» борщевика. При выборе порога угла в 0,025 радиан достигается средняя точность классификации до 92 % [2, с. 115]. Однако для обучения модели требуются геопривязанные полевые данные, что увеличивает трудоёмкость подготовки выборки. Комбинированное применение индексного и классификационного подходов на практике демонстрирует ещё лучшие результаты. Так, в пилотном проекте Костромской области совместная обработка данных HSI, NDVI и алгоритмов машинного обучения снизила долю пропуска очагов на 30 % и обеспечила полноту обнаружения более 95 % в сравнении с одиночными методами [8, с. 714]. При этом себестоимость спутникового мониторинга площадей до 10 000 км² не превышает 10–15 руб./га, что почти вдвое ниже затрат на традиционные наземные обследования [3, с. 12]. На рисунке 2 представлен пример работы данной системы.

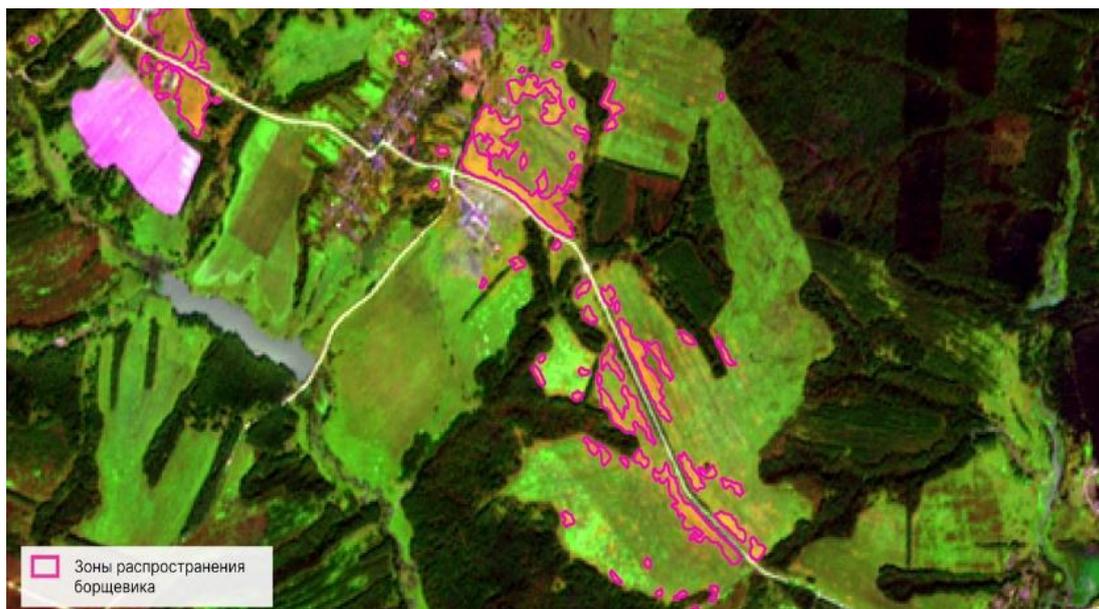


Рисунок 2 - Светло-фиолетовым цветом обозначены контуры территорий, покрытых зарослями борщевика, выделенные алгоритмом на основе характерной комбинации спектральных признаков сорняка

Вместе с тем, для повышения точности картирования зарослей борщевика Сосновского эффективно применяются методы машинного обучения, основанные на классификации мультиспектральных изображений. При наличии геопривязанных полевых выборок может быть реализован метод Spectral Angle Mapper (SAM), который сравнивает спектральный вектор каждого пикселя с «эталонным» спектром борщевика. Чем меньше угол между этими векторами, тем выше вероятность классификации пикселя как принадлежащего к сорняку; при пороге 0,025 радиан достигается точность распознавания порядка 92 % [2, с. 115]. Вместе с тем, этот подход требует значительных затрат на сбор и верификацию исходных данных, что сдерживает его широкое внедрение в регионах с ограниченными ресурсами [8, с. 713].

Помимо SAM, в отечественной практике успешно сочетались индексные и классификационные методы. Так, в Московской области по результатам пилотного проекта, выполненного на основе данных Sentinel-2, Карпов и Смирнова выявили, что комбинированное применение HSI и алгоритмов машинного обучения снижает число пропущенных очагов на 30 % по сравнению с чисто индексным анализом и обеспечивает полноту обнаружения более 95 % [1, с. 51]. Аналогичные выводы были сделаны в Костромской области: в рамках регионального центра «Ctrl 2 GO» мультиспектральная съёмка и нейросетевая обработка изображений до и после гербицидной обработки позволили уточнить реальные площади заражения, которые оказались в 2–3 раза выше прежних оценок [8, с. 713–714], а также смоделировать динамику распространения борщевика на ближайшие годы с помощью предиктивных алгоритмов [9, с. 38].

В результате внедрения данных технологий региональные органы управления получили доступ к высокоточным картам заражения, что позволяет оперативно определять приоритетные зоны обработки, прокладывать оптимальные маршруты техники и уточнять границы целевых участков. По оценкам специалистов, применение автоматизированного дистанционного мониторинга снижает расход гербицидов до 60 %, сокращая затраты и минимизируя нагрузку на окружающую среду [3, с. 12]. Кроме того, регулярное сопоставление карт «до и после» обработки обеспечивает объективную оценку работы подрядных организаций и повышает прозрачность контроля качества мероприятий.

Следует отметить, что разрешающая способность спутников Sentinel-2 (10 м) накладывает ограничения на минимальный размер выявляемых скоплений растений. Мелкие очаги борщевика и одиночные экземпляры могут «теряться» в пикселях снимка или маскироваться в составе смешанных растительных сообществ. Для детального обследования ключевых территорий целесообразно привлекать данные более высокого пространственного разрешения – например, коммерческих спутников (WorldView, GeoEye и др. с разрешением <1 м) или выполнять аэрофотосъёмку с летательных аппаратов, обеспечивающих сантиметровое разрешение изображений.

При этом основной практический интерес представляют решения на основе сверточных нейронных сетей (CNN), способные в реальном времени распознавать борщевик по визуальным признакам [2, с. 112–115; 11, с. 49–51]. В основе таких систем лежит предварительное обучение нейросети на обширном наборе геопривязанных изображений, где борщевик размечен вручную. После этого модель развёртывается на компактном мини-компьютере, что позволяет в ходе облёта непрерывно анализировать видеопоток, выделять из него кадры с растением и автоматически сохранять координаты и оценочную площадь каждого очага [2, с. 118–120]. Благодаря бортовой обработке данных снижается задержка между съёмкой и получением результатов: по оценкам разработчиков, время от появления борщевика в кадре до фиксации его местоположения не превышает 2–3 секунд, что кардинально ускоряет принятие мер по ликвидации заражённых участков [11, с. 53–55]. Одновременно такой подход минимизирует объём передаваемых по радиоканалу данных, поскольку в центр поступают только сведения о координатах и параметрах очагов, а не весь видеопоток.

Практическая апробация технологий компьютерного зрения на в Московской области показала, что автоматизированный анализ обеспечивает полноту обнаружения борщевика не ниже 90 % на обследованных площадях и сокращает трудозатраты специалистов по визуальному контролю более чем в пять раз [2, с. 116–118]. Кроме того, подобные системы могут быть адаптированы для других задач агромониторинга — выявления несанкционированных свалок, контроля водно-болотных угодий и др. [11, с. 52–55].

Помимо воздушных платформ, в последние годы в управлении инвазивными сорняками активно развиваются наземные робототехнические комплексы с элементами искусственного интеллекта. Так, в 2024 г. учёные Юго-Западного государственного университета (г. Курск) представили опытный образец гусеничного робота для уничтожения борщевика Сосновского, оснащённого генератором микроволнового излучения (СВЧ) [5, с. 23–25]. В процессе работы аппарат бесконтактно облучает растения, нагревая их ткани и корневую систему до критических температур, что обеспечивает полную гибель сорняка и его семян без применения гербицидов и без загрязнения почвы [5, с. 26–28]. В настоящее время робот управляется оператором дистанционно, однако в перспективе планируется его полная автоматизация с использованием систем компьютерного зрения и ИИ [7, с. 101–103]. По замыслу разработчиков, после интеграции соответствующих алгоритмов машина самостоятельно будет анализировать видеопоток, распознавать борщевик среди других растений по характерным визуальным признакам и точно наводить СВЧ-излучатель на заражённые участки. Для работы в условиях ограниченной связи предусматривается локальная база эталонных изображений, что обеспечит стабильность распознавания даже в автономном режиме [5, с. 29–31]. Ожидается, что внедрение искусственного интеллекта повысит производительность комплекса на порядок, сократив участие оператора лишь до контроля за маршрутами и техническим состоянием машины [7, с. 102]. В дальнейшем такие роботы смогут выполнять обработку по заранее заданным траекториям в полностью автономном режиме, что существенно расширит возможности комплексной борьбы с борщевиком и снизит затраты на мониторинг и ликвидацию очагов.

Для эффективного применения описанных технологий целесообразно интегрировать их в единое информационное пространство, доступное как профильным специалистам, так и верхнему уровню управления. В данном контексте геоинформационные системы (ГИС) выступают ключевым звеном: они позволяют визуализировать очаги борщевика на фоне земельных и административных границ, формировать тематические слои (тип землепользования, кадастровые участки, категории лесов и сельхозугодий) и планировать мероприятия по обработке территорий [3, с. 8–15]. В ряде субъектов РФ уже создаются специализированные цифровые платформы на базе ГИС: например, в Московской области внедрено мобильное приложение для учёта и контроля работ по ликвидации борщевика, в котором свыше 11 000 заражённых участков ежегодно фиксируются подрядчиками с помощью GPS-треков и фотопротоколов «до» и «после» обработки [10, с. 16–18]. Информационные сообщения сразу поступают в единую базу, что обеспечивает оперативный контроль со стороны областного Министерства сельского хозяйства и муниципалитетов [10, с. 19–20]. Немаловажным компонентом современной системы мониторинга является краудсорсинг. Добровольцы проекта «Антиборщевик» отмечают найденные заросли, загружают верифицированные фотографии и геометки, а

специализированные алгоритмы предобученной нейросети автоматически фильтруют и классифицируют сообщения, ускоряя отбор достоверных данных [6, с. 54–60]. Несмотря на известные недостатки — разрозненность точек и отсутствие сведений о площади очагов — такие инициативы повышают осведомлённость населения и создают двусторонний канал связи между гражданами и государственными структурами.

Ключевым условием масштабируемости мониторинга борщевика становится объединение данных из различных источников, что позволяет в реальном времени отслеживать статус каждого очага (обнаружен; в обработке; требует повторного контроля), планировать участки по приоритетам (населённые пункты, ценные сельхозугодья, рекреационные зоны) и оперативно распределять ресурсы подрядчиков [3, с. 12–14; 10, с. 21–22]. В соответствии с национальными стратегиями цифровой трансформации некоторые регионы расширяют использование ИИ-решений для государственного управления. Так, в Тульской области анонсирован старт в 2025 г. единого цифрового сервиса, который объединит сигналы от граждан, результаты спутникового и беспилотного мониторинга и позволит централизованно координировать работы по уничтожению борщевика на уровне муниципалитетов [7, с. 100–102]. Данный пример демонстрирует переход от разрозненных инструментов к интегрированной интеллектуальной системе, способной замкнуть весь цикл — от обнаружения зарослей до подтверждения их ликвидации — в автоматизированном режиме.

Для наглядности в таблице 1 приведено сравнительное описание ключевых технологий мониторинга борщевика Сосновского, рассматриваемых в статье, с указанием их особенностей.

Таблица 1

| Метод | Пространственный охват | Преимущества | Ограничения и недостатки |
|---|---|---|---|
| Наземный осмотр (традиционный) | Локальный (участок, район) | Достоверное подтверждение наличия борщевика на месте; одновременное выполнение работ по уничтожению | Крайне трудоёмок и медлителен; невозможность охватить большие территории; субъективность, зависимость от опыта специалиста |
| Спутниковое наблюдение (среднее разрешение, Sentinel-2 и аналоги) | Масштаб региона (тысячи км ² за раз) | Охват обширных территорий за короткое время; регулярное обновление; низкая стоимость одного обследования; возможность исторического анализа (архив снимков) | Ограниченная детальность — не видны единичные растения; зависимость от облачности и сезонности; требуется настройка алгоритмов распознавания, возможны ошибки классификации |

| | | | |
|---|--|---|---|
| Высокодетаљная аэрофотосъёмка (с беспилотника или спутника высокого разрешения) | Локальный – выборочные зоны (десятки – сотни га за вылет/снимок) | Высокая точность и детальность картирования; обнаружение небольших и единичных очагов; возможность гибкого планирования съёмки целевых территорий | Ограниченная площадь покрытия одним аппаратом; более высокая стоимость и трудоёмкость; требуется квалификация для обработки снимков; влияние погодных условий |
| БПЛА с компьютерным зрением (ИИ) | Локальный – оперативный охват (десятки га за вылет) | Автоматическое обнаружение борщевика в реальном времени; точное определение координат очагов; возможность сразу проводить обработку (опрыскивание); снижение нагрузки на персонал | Небольшая зона действия за один полёт; необходимость в парке дронов для больших площадей; требования по соблюдению условий полёта (погодные, разрешительная документация); затраты на оборудование и обслуживание техники |
| Краудсорсинговые данные (сообщения граждан, волонтеров) | Точечные сведения по разным местам (неполный охват территории) | Учет социально значимых очагов (там, где сорняк мешает людям); привлечение общественности к мониторингу; оперативность отдельных сообщений | Неравномерность и несистемность данных; возможность дублирования или ошибок; требуется проверка и модерирование; отсутствие сведений о степени покрытия территории между отмеченными очагами |
| Цифровые платформы и ГИС (интеграция данных) | Региональный/муниципальный уровень (совокупность всех данных) | Объединение разнородной информации в единой системе; наглядное представление карт заражения; инструмент планирования и контроля; прозрачность для всех участников процесса | Качество зависит от полноты и актуальности исходных данных; необходимость поддержки инфраструктуры (серверов, ПО); требуется обучение персонала работе с ГИС |

Как видно из табл. 1, каждый метод имеет свою область оптимального применения. Максимальный эффект достигается при комплексном использовании перечисленных подходов, когда сильные стороны одного компенсируют ограничения другого. Интеллектуальные информационные системы позволяют связать эти элементы воедино и обеспечить поступление данных от спутников, дронов, наземных служб и населения в общую базу для принятия решений.

Заключение

Распространение борщевика Сосновского на территории Российской Федерации требует незамедлительного применения современных

информационных технологий, способных вывести мониторинг и борьбу с данным инвазивным видом на новый качественный уровень. В частности, методы дистанционного зондирования Земли позволяют выявлять крупные очаги борщевика по спектральным признакам на масштабах целого региона, что ранее было практически недоступно [1, с. 49–53; 9, с. 35–38]. Алгоритмы машинного обучения автоматически обрабатывают спутниковые снимки и выделяют заражённые участки с высокой степенью достоверности [2, с. 112–115; 8, с. 710–714]. Параллельное использование автономных робототехнических комплексов исключает необходимость непосредственного участия человека в работе с токсичным сорняком, что снижает риск получения ожогов и иных производственных травм [5, с. 23–28; 7, с. 101–103].

Интеграция разнотипных данных в геоинформационные системы и мобильные приложения обеспечивает прозрачность и подконтрольность мониторинга: ответственные органы в режиме реального времени имеют доступ к актуальным картам очагов с указанием их статуса («обнаружен», «обработан», «требуется контроль») и могут оперативно корректировать план работ [3, с. 8–15; 10, с. 16–20]. Более того, накопленная в ГИС пространственная информация служит основой для прогнозирования динамики распространения борщевика с использованием предиктивных моделей на базе ИИ [8, с. 712–714; 9, с. 40–42].

Особо следует отметить, что большинство перечисленных решений разработано и внедряется отечественными организациями и вузами, что соответствует задаче технологической независимости и импортозамещения в ИТ-секторе. Поддержка и тиражирование передового опыта между регионами, а также создание федеральной платформы мониторинга инвазивных видов позволят обеспечить единый стандарт противодействия борщевика Сосновского на всей территории страны [7, с. 99–108].

В заключение, использование интеллектуальных информационных систем зарекомендовало себя как действенный инструмент экологического менеджмента. Опыт их применения для выявления участков, поражённых борщевиком Сосновского, убедительно показал существенный выигрыш во времени, точности и экономичности по сравнению с традиционными подходами. Дальнейшее развитие данных технологий – от совершенствования алгоритмов компьютерного зрения до создания единой федеральной платформы мониторинга инвазивных видов – позволит надёжно контролировать ситуацию и сохранять экологическое благополучие регионов. Борщевик Сосновского, при всех масштабах его экспансии, становится «видимым» и подконтрольным объектом, когда на страже стоят современные интеллектуальные информационные системы.

Список литературы

1. Карпов В.А., Смирнова Е.В. Спектральное распознавание борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) по данным спутника Sentinel-2 // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2022. № 3. С. 45–53.

2. Лебедев С.Н., Орлова Т.И., Иванов И.П. Применение сверточных нейронных сетей при классификации растений на основании изображений БПЛА // Труды Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. 2021. Вып. 27. С. 112–120.
3. Белоусов Д.В., Николаев П.С. Геоинформационное моделирование ареалов инвазивных видов растительности в европейской части Российской Федерации // Геоинформационные системы и технологии. 2023. № 2. С. 8–15.
4. Захаров А.Г., Кузнецова М.В. Точечное опрыскивание борщевика Сосновского с использованием беспилотных летательных аппаратов // Аграрная наука. 2020. № 4. С. 77–84.
5. Мельников Г.Я., Петрова Н.А. Робототехнические системы для уничтожения инвазивных сорняков: возможности и перспективы // Журнал робототехники. 2021. Т. 15, № 1. С. 23–31.
6. Фёдоров А.В., Сидорова О.Е., Иванова Л.П. Краудсорсинговые технологии в мониторинге фитосанитарного состояния территорий // Экологические системы. 2022. № 6. С. 54–62.
7. Смоленский Н.Н. и др. Интеллектуальные системы на базе искусственного интеллекта для мониторинга фитосанитарного состояния территорий // Технологии искусственного интеллекта. 2024. Т. 11, № 2. С. 99–108.
8. Иванов А.Д., Петрова С.К. Анализ временных рядов многоспектральных данных для мониторинга инвазивных растений // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2021. Т. 90, № 6. С. 708–717.
9. Гершкович А.В., Лобова И.Н. Методика применения специализированного спектрального индекса для распознавания зарослей борщевика Сосновского // Вестник Уральского университета. Серия «Экология». 2022. № 4. С. 33–42.
10. Смирнов Б.П., Кузнецов Е.Г. Интеграция краудсорсинговых и спутниковых данных в ГИС для контроля инвазивных видов растений // Геодезия и картография. 2023. № 5. С. 15–22.
11. Александров В.К., Майоров Д.Н. Применение беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве для мониторинга сорных растений // Агротехника. 2020. № 7. С. 49–55.

Сведения об авторе:

Бообеков Давид Рустамович, магистрант, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, Москва, Россия

Boobekov David Rustamovich, Master's Student, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

УДК: 004.056.5:004.89:004.738.5

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

Архитектура распределенной многоагентной системы для интеллектуального анализа и обнаружения аномалий в сетевом трафике

Аннотация: В условиях постоянного роста сложности и изощренности киберугроз традиционные методы защиты, основанные на сигнатурах, демонстрируют свою неэффективность против атак «нулевого дня» и многоэтапных угроз. Данная статья предлагает концептуальную модель распределенной многоагентной системы (МАС) для интеллектуального анализа сетевого трафика и обнаружения аномалий. Предложенная архитектура основана на принципах модульности, масштабируемости и асинхронного взаимодействия. Данный подход заключается в комбинации функционально специализированных агентов, каждый из которых выполняет определенный этап конвейера обработки данных: от сбора и обогащения до интеллектуального анализа с применением нейросетевых моделей. В ядро системы интегрирован агент анализа, использующий автоэнкодер для обнаружения отклонений от нормального поведения сети в режиме, близком к реальному времени. Данная концептуальная модель представляет собой гибкую и расширяемую основу для создания адаптивных систем кибербезопасности нового поколения.

Ключевые слова: многоагентные системы, обнаружение аномалий, сетевая безопасность, машинное обучение, автоэнкодер, архитектура программного обеспечения.

Mikheenkov K.S., Shamrin M.D.

Architecture of a distributed multi-agent system for intelligent analysis and anomaly detection in network traffic

Abstract: With the constant increase in the complexity and sophistication of cyber threats, traditional signature-based protection methods are proving ineffective against zero-day attacks and multi-stage threats. This article offers a conceptual model (framework) of a distributed multi-agent system (MAC) for intelligent network traffic analysis and anomaly detection. The proposed architecture is based on the principles of modularity, scalability, and asynchronous interaction. The novelty of the approach lies in the original combination of functionally specialized agents, each of which performs a specific stage of the data processing pipeline: from collection and enrichment to intelligent analysis using neural network models. An analysis agent is integrated into the system core, which uses an autoencoder to detect deviations from the normal network behavior in near-real-time mode. This framework provides a flexible and extensible framework for creating adaptive next-generation cybersecurity systems.

Keywords: multi-agent systems, anomaly detection, network security, machine learning, autoencoder, software architecture.

Введение. Современный цифровой ландшафт характеризуется экспоненциальным ростом объемов передаваемых данных и одновременным усложнением вектора киберугроз. Атаки становятся все более скрытными, распределенными и адаптируемыми, что делает традиционные системы обнаружения вторжений (IDS), основанные на поиске известных сигнатур, неспособными обеспечить должный уровень защиты. Особую опасность представляют атаки «нулевого дня» и сложные устойчивые угрозы (APT), для выявления которых требуются интеллектуальные подходы, способные анализировать поведение системы и выявлять аномалии [2, 3].

В ответ на этот вызов научное сообщество активно исследует применение технологий искусственного интеллекта, в частности, машинного обучения и многоагентных систем. Многоагентные системы (МАС) предлагают парадигму распределенного решения сложных задач, где автономные агенты взаимодействуют для достижения общей цели. Такой подход идеально соответствует природе распределенных компьютерных сетей и позволяет создавать гибкие, масштабируемые и отказоустойчивые решения.

Данная работа вносит вклад в эту область, представляя концептуальную модель для интеллектуальной системы обнаружения аномалий в сетевом трафике. Основная цель статьи — описать концептуальную модель, основанную на уникальной комбинации специализированных агентов, которые совместно реализуют полный цикл обработки трафика. Мы утверждаем, что предложенное разделение функций между агентами (сбор, обогащение, анализ, хранение) и их асинхронное взаимодействие через брокера сообщений представляют собой эффективную и масштабируемую архитектуру.

Анализ существующих подходов. Для контекстуализации предлагаемого решения необходимо рассмотреть три ключевые области существующих исследований: традиционные IDS/IPS, системы на основе машинного обучения и применение МАС в кибербезопасности [4].

Таблица 1.

Сравнительный анализ методов обнаружения аномалий в сетевом трафике

| Подход | Описание | Преимущества | Недостатки |
|--|--|---|---|
| Традиционные IDS/IPS | Основаны на сигнатурном или правила-ориентированном анализе. | Высокая точность при известных атаках. Низкий уровень ложных срабатываний. | Не обнаруживают новые, ранее неизвестные атаки. |
| ML-NIDS (на основе машинного обучения) | Используют алгоритмы машинного обучения (например, k-NN, | Эффективны для обнаружения новых и неизвестных угроз. Могут выявлять | Монолитность архитектуры- Сложности с масштабированием и |

| Подход | Описание | Преимущества | Недостатки |
|---|--|---|--|
| | SVM, нейросети) для моделирования нормального поведения и выявления аномалий. | сложные аномалии. | интеграцией в распределённые среды. |
| Многоагентные системы в кибербезопасности (MAS) | Распределённый подход с агентами, координирующими мониторинг, защиту и реагирование. | Масштабируемость и гибкость- Возможность координированного реагирования- Распределённый мониторинг. | Недостаточное внимание к современным DL-методам- Сложность онтологий взаимодействия агентов затрудняет реализацию. |

Предлагаемая нами модель стремится преодолеть указанные ограничения, объединяя сильные стороны подходов: распределенную и модульную природу MAS с аналитическими возможностями современных нейросетевых моделей (в частности, автоэнкодеров), которые эффективны для задач обнаружения аномалий без учителя [5, 6].

Предлагаемая архитектура многоагентной системы. Предлагаемая архитектура является распределенной, модульной и сервисно-ориентированной. Она спроектирована для обеспечения высокой степени масштабируемости и гибкости. Архитектура изображена на рисунке 1 и состоит из четырех основных типов агентов, брокера сообщений для их асинхронного взаимодействия и базы знаний для персистентного хранения данных.

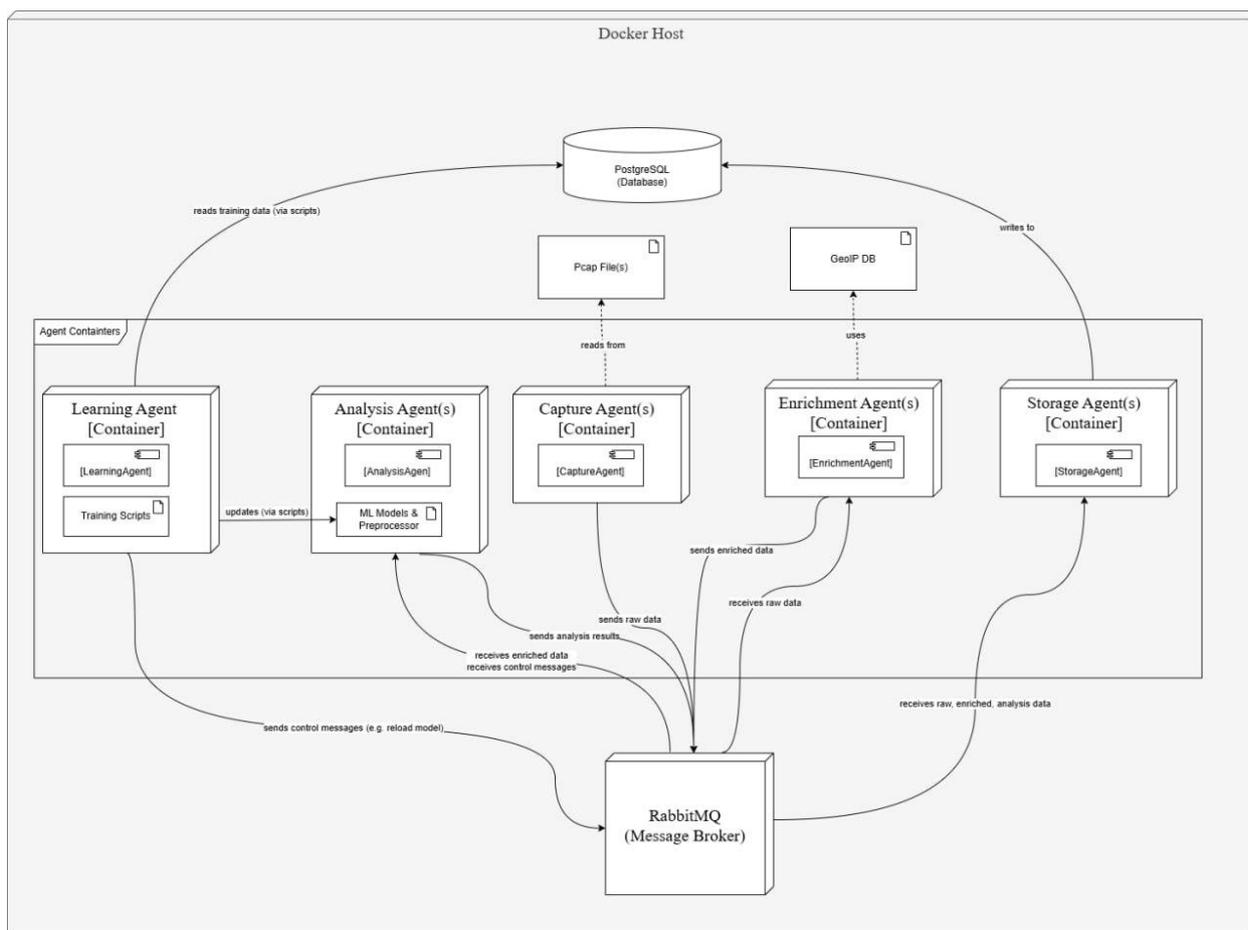


Рисунок 1 – Концептуальная архитектура системы

Ядром системы является ансамбль из четырех типов специализированных агентов, чья комбинация и функциональное разделение составляют новизну предлагаемой архитектуры.

CaptureAgent (Агент Сбора) выступает в роли сенсора системы. Его единственная функция — захват сырых сетевых пакетов из заданного источника (сетевого интерфейса или файла) и их первичная публикация в систему без глубокого анализа. Такое вынесение сбора данных в отдельный агент позволяет легко масштабировать входную мощность системы, добавляя новых агентов для мониторинга различных сегментов сети.

EnrichmentAgent (Агент Обогащения) ответственен за повышение ценности исходных данных. Он получает сырые данные от CaptureAgent и обогащает их контекстной информацией, такой как геолокационные данные (GeoIP), репутация IP-адресов, данные из систем Threat Intelligence и т.д. Этот агент преобразует низкоуровневые данные в информацию с богатым контекстом, что является критически важным для качественного последующего анализа.

AnalysisAgent (Агент Анализа) является интеллектуальным ядром системы. Этот агент применяет как детерминированные правила

(например, проверку по черным спискам), так и модели машинного обучения для выявления аномалий. Ключевой особенностью является использование автоэнкодера, обученного на «нормальном» трафике. Высокая ошибка реконструкции для входящего потока данных сигнализирует об аномалии. Использование автоэнкодера позволяет обнаруживать ранее неизвестные угрозы. Архитектура позволяет запускать несколько экземпляров AnalysisAgent, возможно, с разными моделями или правилами, для параллельного и разностороннего анализа.

StorageAgent (Агент Хранения) выполняет функцию системного архивариуса. Он подписывается на потоки данных от всех других агентов (сырые, обогащенные, результаты анализа) и обеспечивает их надежное сохранение в базе знаний. Это разделение логики хранения позволяет, во-первых, разгрузить аналитических агентов от задач ввода-вывода, а во-вторых, создать единый, структурированный репозиторий данных для последующего аудита, расследования инцидентов и, что важно, переобучения моделей.

Жизненный цикл данных и взаимодействие агентов наглядно представлен на рисунке 2.

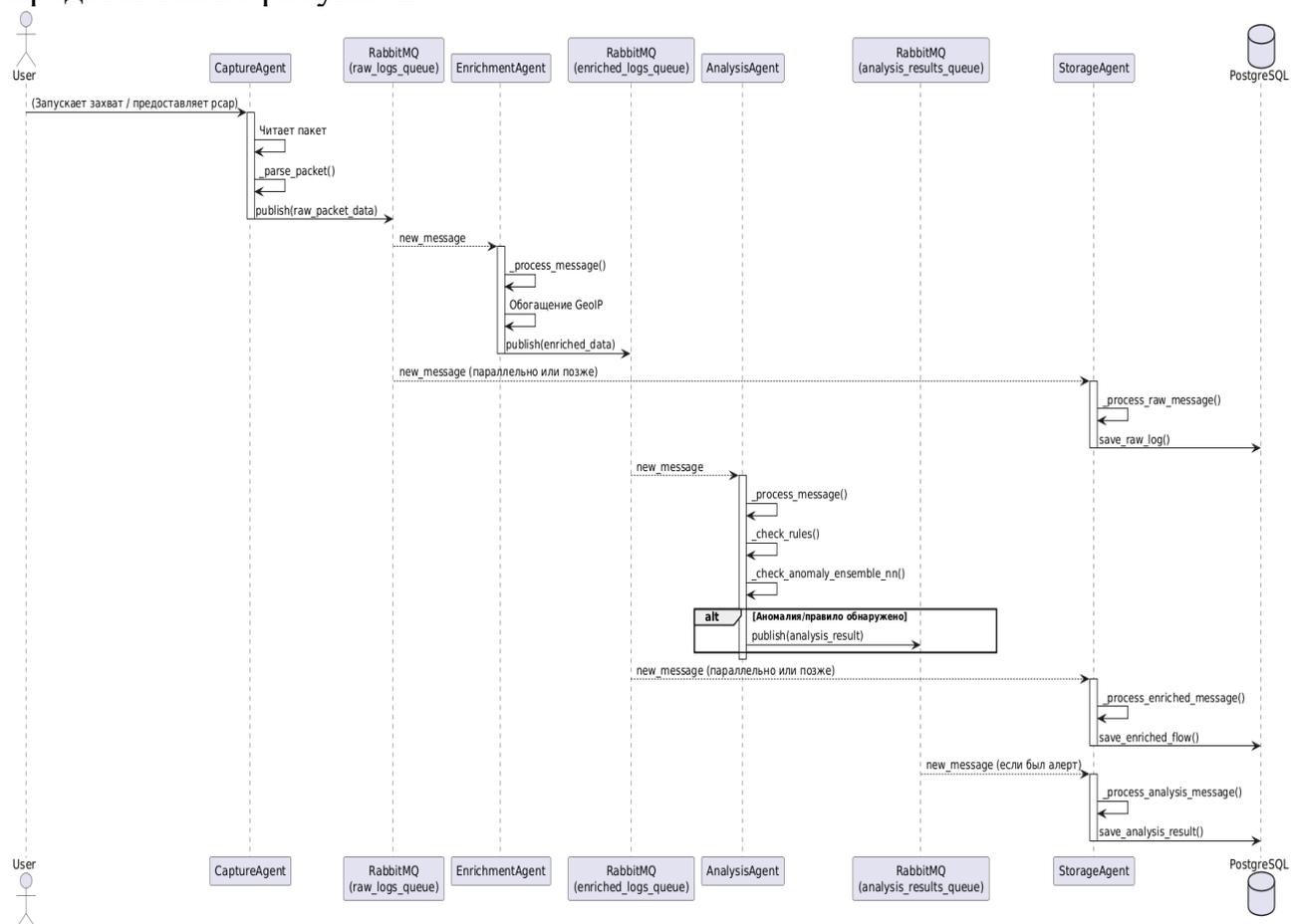


Рисунок 2 – Диаграмма потоков данных и взаимодействия агентов.

Взаимодействие между агентами построено на основе асинхронной передачи сообщений через централизованного брокера (например, RabbitMQ). Такой подход полностью разделяет (decouples) агентов друг от друга. Агенты-производители публикуют сообщения в определенные очереди, а агенты-потребители подписываются на них. Это обеспечивает масштабируемость и отказоустойчивость.

База знаний (например, на основе реляционной СУБД типа PostgreSQL) спроектирована для хранения всех артефактов системы: от сырых логов до результатов анализа, что обеспечивает полную прослеживаемость данных.

Предложенная концептуальная модель обладает рядом преимуществ. Специализация агентов и четкое разделение их ответственности (separation of concerns) упрощают разработку, тестирование и поддержку каждого компонента в отдельности. Асинхронная модель взаимодействия обеспечивает высокую производительность и масштабируемость, необходимые для обработки больших потоков сетевых данных.

Поскольку данная работа представляет концептуальную модель, существует множество векторов для ее дальнейшего развития и расширения:

Развитие концепции ансамбля: Вместо одного монолитного AnalysisAgent можно реализовать динамический ансамбль из нескольких легковесных агентов, каждый из которых использует свою модель (например, обученную на разных типах трафика), что повысит точность и надежность детекции.

Реализация адаптивного обучения: Внедрение выделенного LearningAgent, который бы отслеживал производительность моделей в AnalysisAgent и инициировал их автоматическое дообучение или переобучение на новых данных из базы знаний, что позволит системе адаптироваться к изменяющемуся нормальному поведению сети.

Разработка агента визуализации и отчетности: Создание ReportingAgent, который бы агрегировал результаты анализа и предоставлял их через API для пользовательского интерфейса, позволяя специалистам по безопасности наглядно отслеживать состояние сети и анализировать инциденты.

Заключение. В данной статье был представлеа концептуальная модель распределенной многоагентной системы для интеллектуального обнаружения аномалий в сетевом трафике. Ключевая особенность и научная новизна предложенной архитектуры заключается в синергии функционально специализированных агентов, каждый из которых решает узкую задачу в общем конвейере обработки данных [7]. Интеграция нейросетевого компонента (автоэнкодера) в агента анализа позволяет эффективно обнаруживать ранее неизвестные угрозы . Предложенная модульная и масштабируемая архитектура служит прочной основой для

дальнейших исследований и разработки адаптивных систем кибербезопасности, способных противостоять современным вызовам.

Список литературы

1. Кузнецов, А.В. Системы обнаружения вторжений: методы, модели, средства / А.В. Кузнецов. — М.: Форум, 2019. — 304 с.
2. Горелик, А.А. Методы и средства выявления атак «нулевого дня» в автоматизированных системах / А.А. Горелик. — СПб. : Политехника, 2020. — 256 с.
3. Соловьев, А.В. Интеллектуальные системы обеспечения безопасности компьютерных сетей / А.В. Соловьев. — М.: Радио и связь, 2018. — 320 с.
4. Скотт, Б. Многоагентные системы: современные подходы / Б. Скотт, Н.Р. Дженнингс; пер. с англ. — М. Мир, 2010. — 352 с.
5. Jennings, N. R. On agent-based software engineering / N. R. Jennings // Artificial Intelligence. — 2000. — Vol. 117, No. 2. — P. 277–296.
6. Бобырев, С.А. Машинное обучение и интеллектуальный анализ данных в задачах информационной безопасности / С.А. Бобырев, С.А. Чернышев. — М.: ДМК Пресс, 2021. — 384 с.
7. Дьяконов, В.П. Искусственный интеллект в системах информационной безопасности / В.П. Дьяконов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2022. — 288 с.

Сведения об авторах:

Михиенков Кирилл Сергеевич, студент магистратуры, Российский технологический университет, Москва, Россия

Шамрин Максим Дмитриевич, студент магистратуры, Российский технологический университет, Москва, Россия

Mikheenkov Kirill Sergeevich, Master's degree student, Russian Technological University, Moscow, Russia

Shamrin Maxim Dmitrievich, Master's degree student, Russian Technological University, Moscow, Russia

УДК 81-139

Фирстова М.П.

Северо-Кавказский Федеральный университет, Ставрополь, Россия

Вызовы в области развития искусственного интеллекта в преподавании иностранных языков

Аннотация: В статье рассматриваются интеграция искусственного интеллекта в преподавание иностранных языков, а также связанные с ней вызовы. Анализируются преимущества и недостатки использования ИИ-технологий и диалоговых систем в процессе обучения, а также состояние и преимущества цифровизации в преподавании иностранных языков. Особое внимание уделяется вызовам и возможным методам повышения эффективности интеграции таких систем в образовательный процесс.

Ключевые слова: искусственный интеллект, методология, преподавание, лингвистика.

Firstova M.P.

Challenges in the field of artificial intelligence development in foreign language teaching

Abstract: The article observes the integration of artificial intelligence into foreign language teaching, as well as related challenges. The advantages and disadvantages of using AI technologies and dialog systems in the learning process are analyzed, as well as the state and advantages of digitalization in teaching foreign languages. Special attention is paid to the challenges and possible methods of increasing the effectiveness of integrating such systems into the educational process.

Keywords: artificial intelligence, methodology, teaching, linguistics.

Искусственный интеллект (ИИ) ранее зачастую связывали лишь с компьютерами, однако, в современных реалиях он начинает охватывать всё больше сфер и устройств. Соответственно, само определение ИИ эволюционировало от первого, сформулированного Джоном Маккарти ещё в 1956 году на семинаре в Дартмутском университете: «[ИИ] ...Это наука и технология создания интеллектуальных машин, в особенности ... компьютерных программ.» [5], до определения в указе Президента РФ «Искусственный интеллект (ИИ, AI) – комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека.» [1, с.4], а также одно из новейших определений Европейского агентства по искусственному интеллекту (EASAC): "[ИИ – это]...наука о разработке машин, которые могут выполнять интеллектуальные задачи так же, как человеческий мозг". [7] Данные определения подчеркивают важность

разработки систем, способных к обучению, адаптации и решению сложных задач, аналогично тому, как это делает человеческий мозг.

Преимущества использования ИИ в процессе преподавания.

Согласно последним исследованиям, девиантное поведение учащихся влияет на сложность среды обучения. В то же время современные преподаватели стремятся создать адаптивные основы для разнообразия и индивидуализации среды обучения. Адаптивная образовательная система отличается тем, что она формирует и корректирует обучение в соответствии с характеристиками и знаниями каждого конкретного учащегося. Некоторые исследованные технологии, как, например, распознавание речи и автоматическая оценка письма, показали достаточно высокие результаты в ходе использования, что улучшает обучение, позволяя учащимся быстро находить и использовать наиболее подходящие образовательные ресурсы. В данной системе педагогический дизайн играет достаточно важную роль, в особенности при выборе алгоритмов и совместимости стилей обучения.

Более того, цифровые технологии позволяют учащимся увидеть мир и расширить свой кругозор, не выходя из дома, а благодаря системам видеоконференцсвязи легко встретиться лицом к лицу с экспертом по предмету, где бы тот ни находился, ведь можно легко организовать видеоконференцию из другого учебного заведения. Онлайн-опросы и другие цифровые технологии привлекают всех учащихся, робких детей, которые обычно не поднимают руки на уроках. Инструменты онлайн-взаимодействия позволяют регулярно общаться с учащимися, чтобы получить информацию о дополнительных материалах и заданиях. Информация о студентах также может быть использована для выявления областей, в которых у студентов могут возникнуть трудности. Системы реагирования студентов способствуют развитию цифрового гражданства в классе, позволяя студентам участвовать в занятиях и получать за это вознаграждение. Школы играют важную роль в жизни наших сообществ, и их закрытие имеет далеко идущие последствия для психологического благополучия многих семей и детей. Цифровые технологии могут легко справиться с этой задачей. Онлайн-обучение позволяет студентам учиться в удобном для них темпе, приостанавливать и перематывать видео, а также самостоятельно изучать содержание курса.

Цифровизация с интеграцией искусственного интеллекта в свою очередь не только оптимизирует процесс обучения, но ещё и позволяет повысить уровень персонализации за счёт автоматизированного сбора данных. Также многие предыдущие исследования подтвердили положительное влияние обучения с использованием чат-ботов на вовлеченность учащихся, мотивацию и повышение заинтересованности отдельными видами языковой деятельности [3; 6].

В то же время использование искусственного интеллекта и диалоговых систем на данный момент встречается с рядом трудностей.

Современные вызовы и пути их решения.

Использование искусственного интеллекта (ИИ) в преподавании иностранных языков может столкнуться со следующими проблемами:

Ограниченность языковых моделей: несмотря на значительный прогресс в области обработки естественного языка, языковые модели ИИ все еще имеют ограничения в понимании сложных контекстов и нюансов языка, что приводит к использованию грамматики, словарного запаса и культурных особенностей в неверном контексте и совершению ошибок при коммуникации.

Отсутствие эмоционального взаимодействия: неспособность проявлять эмпатию может затруднить установление связи между учеником и системой.

Проблемы с мотивацией: ИИ не всегда способен предложить такие стимулы, как похвала или поощрение, которые могут использоваться преподавателями-людьми для поддержания мотивации учащихся.

Этические вопросы: Использование ИИ в образовании поднимает вопросы о конфиденциальности данных и справедливости доступа к образовательным ресурсам.

Ещё в конце прошлого века исследователи Делоне и Маклин предложили модель оценки эффективности информационных систем, включающую шесть ключевых факторов [4]:

- 1) качество системы,
- 2) качество информации,
- 3) качество обслуживания,
- 4) удовлетворенность пользователей,
- 5) уровень использования системы,
- 6) чистые выгоды (объединяющие индивидуальное и организационное воздействие).

В обновленной версии модели установлено, что первые три фактора качества напрямую влияют на удовлетворенность пользователей и частоту использования системы [3], и в свою очередь, определяют конечную эффективность системы (чистые выгоды). В сфере образовательных ИИ-решений это приводит к выводу, что чем лучше техническая реализация, содержание и поддержка системы, тем выше вовлеченность пользователей и педагогическая результативность. Рассмотрим данные вызовы и возможные методы улучшения систем:

1. Вызов: низкое качество системы. К проблемам данной области можно отнести: технические сбои в работе платформ (ошибки в работе чат-ботов, распознавания речи), неадаптивный интерфейс, сложный для преподавателей и учащихся.

Метод решения: тестирование ИИ-инструментов на реальных учебных сценариях до внедрения; разработка интуитивных интерфейсов с учетом потребностей педагогов (например, панели управления для мониторинга прогресса студентов).

2. Вызов: недостаточное качество информации. В данном случае могут возникнуть: ошибки в генерации учебных материалов (некорректные грамматические объяснения), ограниченность языковых моделей (акценты, диалекты, культурный контекст).

Метод решения: интеграция экспертных лингвистических баз данных в ИИ (например, корпусов естественной речи), регулярное обновление алгоритмов на основе обратной связи от преподавателей.

3. Вызов: низкое качество обслуживания. Возможные трудности, которые могут возникнуть, это: отсутствие технической поддержки для пользователей, долгий срок исправления ошибок, плохая работа поддержки системы.

Метод решения: создание службы поддержки с методистами и IT-специалистами и/или автоматизированные системы сбора ошибок (кнопка "Report an error" в упражнениях).

4. К дополнительному вызову можно отнести ограниченные "чистые выгоды", которые могут быть вызваны: неочевидностью прогресса в обучении при использовании ИИ, высокой стоимостью внедрения при низкой отдаче.

Методы решения: внедрение аналитических панелей для преподавателей с показателями успеваемости, а также пилотные проекты с измерением эффективности до масштабирования (сравнение групп с ИИ и без).

Создание адаптивно-информационной образовательной среды, корректного дидактического обеспечения и создание качественной траектории педагогического дизайна могут стать одними из решающих факторов устранения сложностей в использовании ИИ на занятиях. [2, с.22-23]

Несмотря на эти проблемы, ИИ может стать ценным инструментом в преподавании иностранных языков, особенно в сочетании с традиционными методами обучения и поддержкой живых преподавателей. Таким образом будущие исследования должны быть основаны на теориях обучения, чтобы более приемлемый, доступный и эффективный ИИ мог стать неотъемлемой частью жизни учащихся.

Список литературы

1. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации: указ Президента РФ "О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации" от 10 октября 2019 № 490 // Официальное опубликование правовых актов. -2019 <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201910110003?ysclid=lv11lxr9y7240238526&index=4> [дата обращения: 24.04.2024].

2. Скибицкий, Э.Г. Теоретические основы разработки дидактического обеспечения адаптивных информационно-образовательных сред образовательных организаций / Э. Г. Скибицкий. — Текст: непосредственный // Непрерывное профессиональное образование и новая экономика. — 2019. — № 1(4). — С. 21-25.
3. Al-Adwan A. S. Developing a Holistic Success Model for Sustainable E-Learning: A Structural Equation Modeling Approach [Electronic resource] // Sustainability. – 2021. – Vol. 13, No. 16. – Art. 9453. – 25 p. –URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/16/9453> (дата обращения: 18.05.2025).
4. DeLone, W.H.; McLean, E.R. Information systems success: The quest for the dependent variable. *Inf. Syst. Res.* 1992, 3, 60–95.
5. John, Mccarthy WHAT IS ARTIFICIAL INTELLIGENCE? / Mccarthy John. — Текст: электронный // formal.stanford : [сайт]. — URL: <https://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/node1.html> (дата обращения: 21.04.2024).
6. Liu C.-C., Liao M.-G., Chang C.-H., Lin H.-M. *An analysis of children’s interaction with an AI chatbot and its impact on their interest in reading* // *Computers & Education.* — 2022. — Vol. 189. — Art. 104576. — ISSN 0360-1315. — DOI: [10.1016/j.compedu.2022.104576](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104576).
7. Part of Chapter I: General Provisions Article 3: Definitions. — Текст: электронный // EU Artificial Intelligence Act : [сайт]. — URL: <https://artificialintelligenceact.eu/article/3/> (дата обращения: 24.04.2024).

Сведения об авторе:

Фирстова М.П., студент, Северо-Кавказский Федеральный университет, Ставрополь, Россия
Firstova M.P., student, North Caucasus Federal University Russia, Stavropol

УДК 004.85

Брайловский А.В.

Российский технологический университет, Москва, Россия

Анализ факторов стабильности и прогнозирование жизненного цикла OPEN-SOURCE проектов на основе данных платформы GITHUB

Аннотация: В статье представлены результаты аналитического исследования факторов, влияющих на стабильность и прекращение активной поддержки open-source проектов. Исследование основано на самостоятельно собранном наборе данных, содержащем еженедельные метрики активности для топ-1000 по количеству звёзд репозиториях GitHub за длительный период. Разработана и протестирована методика прогнозирования прекращения поддержки проекта в краткосрочной перспективе (26 недель). Проведено сравнение моделей машинного обучения, которое показало высокую предсказательную способность ансамблевых методов, в частности градиентного бустинга, достигшего оптимального баланса между точностью (ROC-AUC 0.91) и количеством ложноположительных срабатываний. С помощью интерпретации итоговой модели определены наиболее значимые факторы риска, ключевыми из которых являются падение интенсивности коммитов и увеличение времени с момента последней активности.

Ключевые слова: Open-source, GitHub, машинное обучение, прогнозирование, анализ временных рядов, жизненный цикл проекта, стабильность ПО, SHAP, LightGBM, Random Forest.

Brailovskii A.V.

Analysis of stability factors and lifecycle prediction of OPEN-SOURCE projects based on GITHUB platform data

Abstract: The article presents the results of an analytical study on the factors influencing the stability and cessation of active support for open-source projects. The study is based on a self-collected dataset containing weekly activity metrics for the top-1000 GitHub repositories by star count over a long period. A methodology for predicting the cessation of project support in the short term (26 weeks) was developed and tested. A comparison of machine learning models showed the high predictive power of ensemble methods, particularly gradient boosting, which achieved an optimal balance between accuracy (ROC-AUC 0.91) and the number of false positives. Through interpretation of the final model, the most significant risk factors were identified, the key ones being a decline in commit intensity and an increase in the time since the last activity.

Keywords: Open-source, GitHub, machine learning, forecasting, time series analysis, project lifecycle, software stability, SHAP, LightGBM, Random Forest.

Введение

Экосистема проектов с открытым исходным кодом (open-source) является одной из движущих сил современной IT-индустрии. Однако её

стабильность зависит от устойчивости и долгосрочной поддержки отдельных проектов. Прекращение развития популярного open-source компонента может создавать серьёзные риски для множества коммерческих и некоммерческих продуктов, которые на него полагаются. В связи с этим, понимание факторов, влияющих на «здоровье» и жизненный цикл таких проектов, а также разработка методов прогнозирования их стабильности, представляют собой актуальную научную и практическую задачу.

Данное исследование направлено на выявление статистически значимых связей между метриками активности проекта на платформе GitHub и вероятностью прекращения его активной поддержки. Целью работы является разработка и верификация модели машинного обучения, способной с высокой точностью прогнозировать, будет ли проект заброшен в ближайшие полгода. В качестве информационной базы используется набор данных GitHub Projects Activity Dataset, собранный самостоятельно с помощью GitHub API и содержащий еженедельные метрики активности (количество коммитов, число участников, состояние задач и другие) для 1000 популярных репозиторий.

Подготовка данных и формирование признаков

Основой для построения прогностической модели послужил набор данных, содержащий еженедельные метрики активности для 1000 репозиторий. Для решения конкретной задачи прогнозирования вероятности закрытия проекта были выделены 369 проектов, которые на момент анализа прекратили активную поддержку (отсутствие коммитов более двух месяцев). Для того, чтобы модель машинного обучения могла эффективно выявлять закономерности, исходные данные были предобработаны и дополнены некоторыми новыми, производными признаками [7].

Определение целевой переменной и формирование производных признаков

Первым шагом стала формализация задачи. Для каждой недельной записи в датасете была введена бинарная целевая метка `target`, которая принимала значение 1, если в течение последующих 26 недель проект хотя бы раз переходил в статус «Закрыт», и 0 в противном случае. Таким образом, задача была сведена к задаче бинарной классификации: предсказать, прекратится ли поддержка проекта в ближайшие полгода.

Для повышения предсказательной силы модели исходные данные были обогащены рядом производных признаков, отражающих динамику и контекст жизненного цикла проекта.

Краткосрочные тренды активности. Чтобы учесть недавнюю динамику, для каждой недели был рассчитан 13-недельный тренд коммитов. С помощью простой линейной регрессии по данным за последние 13 недель определялся наклон линии тренда, на основе которого

был введён категориальный признак, принимающий значения «рост», «спад» или «стабильно».

Метрики жизненного цикла. Для каждой записи были вычислены два важных временных показателя: `age_weeks` (возраст проекта в неделях от первого коммита) и `age_after_peak_weeks` (количество недель, прошедших с момента пиковой активности). Анализ распределения последнего показателя (Рисунок 1) выявил важную закономерность: хотя пик активности в большинстве проектов приходится на начало их жизни, у закрытых проектов «хвост» после пика значительно короче, что свидетельствует о более быстром угасании.

Время после пика активности (в неделях)
без нулевых недель

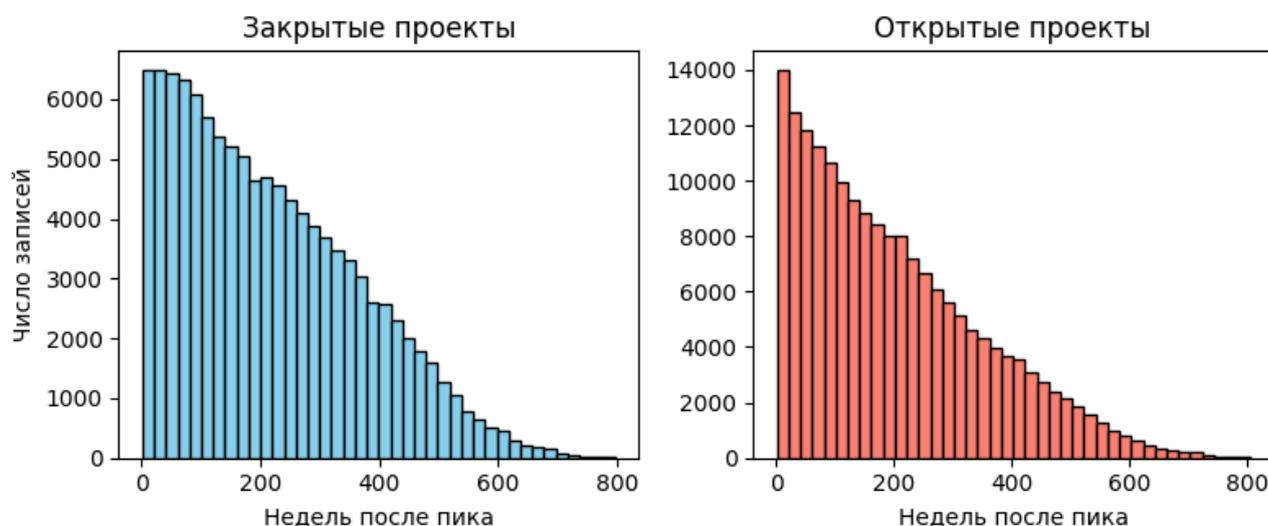


Рисунок 1. Время после пика активности (в неделях)

Скользящие средние и отклонения. Для учёта интенсивности недавней работы были рассчитаны скользящие средние и стандартные отклонения по количеству коммитов и числу участников за окна в 4, 8 и 13 недель. Визуализация 13-недельной скользящей средней (Рисунок 2) наглядно демонстрирует различие в динамике между проектами, которые в итоге были закрыты, и теми, что продолжали существовать (для сравнения были взяты данные по активным проектам). Активность в закрытых проектах резко падает после пика и стремится к нулю, в то время как активные проекты сохраняют стабильно высокий уровень коммитов.



Рисунок 2. Скользящая средняя коммитов за 13 недель

Сезонные и временные признаки. Для компенсации годовых колебаний был введён признак `seasonal_diff` — разница между количеством коммитов в текущую неделю и медианным значением для этой же календарной недели в предыдущие годы. Также был добавлен один из наиболее очевидных предикторов — `weeks_since_last_commit`, количество недель с момента последнего коммита.

После формирования полного набора признаков данные были стандартизированы и разделены на обучающую (80%) и тестовую (20%) выборки со стратификацией для сохранения баланса классов.

Разработка и оценка прогностической модели

Для решения поставленной задачи классификации были обучены и сравнены три модели машинного обучения различной сложности и природы. В качестве базовой модели (baseline) была использована логистическая регрессия с L2-регуляризацией [4]. Далее были обучены два ансамблевых метода: случайный лес (Random Forest) [5] и градиентный бустинг в реализации LightGBM [4].

Сравнение качества моделей проводилось по метрике ROC-AUC на тестовой выборке. Логистическая регрессия показала умеренный результат (0.75), что свидетельствует о наличии в данных сложных нелинейных зависимостей. Ансамблевые методы продемонстрировали значительно более высокое качество: случайный лес достиг показателя 0.88, а градиентный бустинг — 0.91. Итоговое сравнение моделей (Рисунок 3) наглядно демонстрирует преимущество ансамблевых методов, и в особенности градиентного бустинга, для решения поставленной задачи.

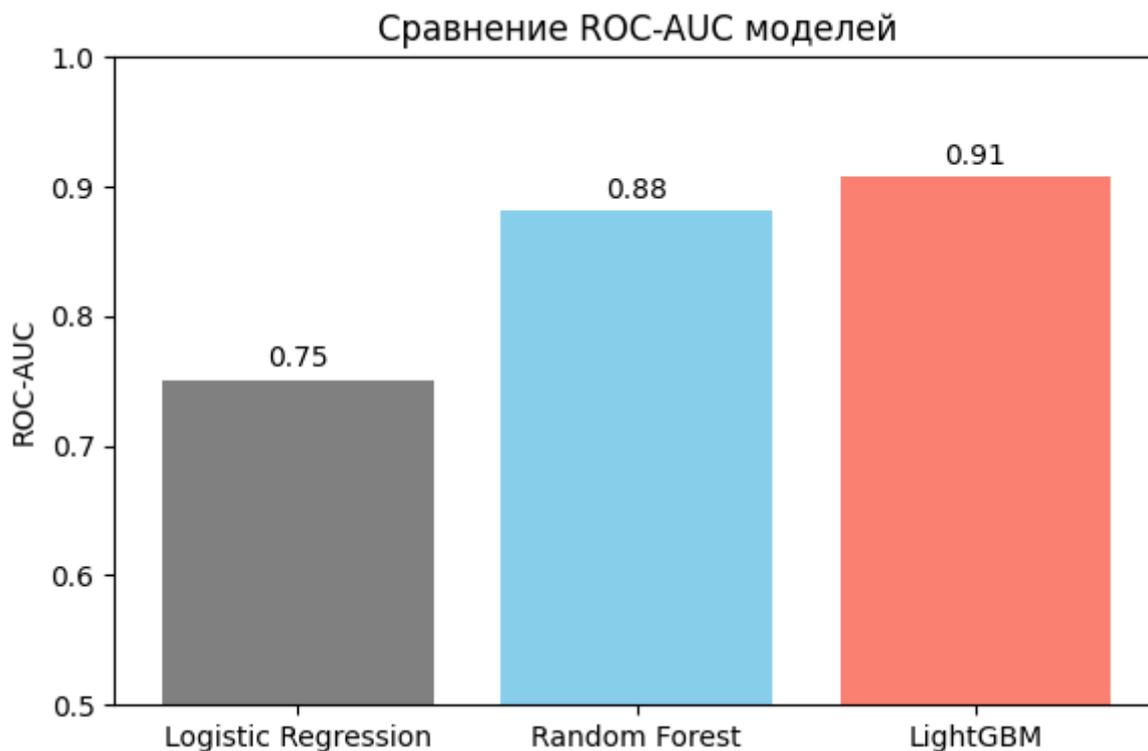


Рисунок 3. Сравнение ROC-AUC моделей

Для более детальной оценки лучшей модели (LightGBM) была построена матрица ошибок (Рисунок 4). Анализ матрицы показывает, что модель корректно идентифицировала 7049 случаев, когда проект действительно будет закрыт (True Positives), и 33420 случаев, когда проект останется активным (True Negatives). При этом модель допустила 9748 ложноположительных срабатываний (False Positives), то есть ошибочно предсказала закрытие для стабильных проектов. Количество ложноотрицательных срабатываний (False Negatives), когда модель не смогла распознать грядущее закрытие, оказалось значительно меньше и составило 764 случая. Такой характер ошибок является приемлемым для данной задачи: ложноположительное срабатывание (предупреждение о риске там, где его нет) менее критично, чем пропуск реально «умирающего» проекта. В связи с этим для дальнейшей интерпретации была выбрана модель LightGBM как наиболее точная и сбалансированная.

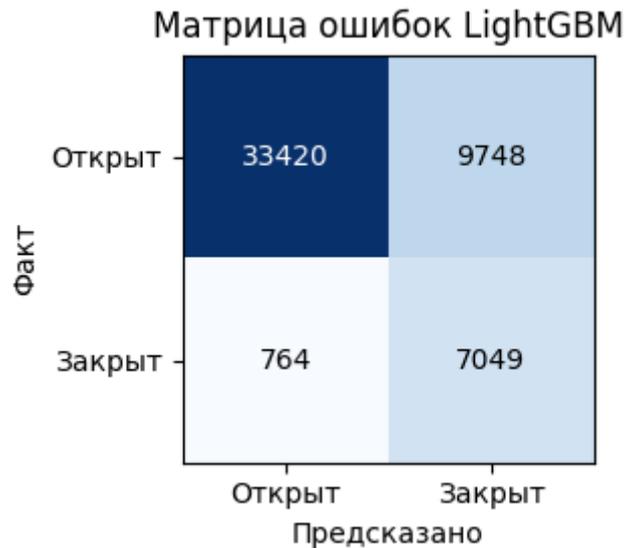


Рисунок 4. Матрица ошибок LightGBM

Интерпретация результатов и выявление ключевых факторов

Для понимания того, на какие именно факторы опирается лучшая модель (LightGBM) при принятии решений, был проведён её анализ с помощью метода SHAP (SHapley Additive exPlanations) [1]. Этот метод, основанный на принципах кооперативной теории игр, позволяет оценить вклад каждого признака в итоговое предсказание.

Анализ общей важности признаков (Рисунок 5) показал, что наибольшее влияние на предсказание оказывают три фактора:

- `mean_commits_13`: среднее количество коммитов за последние 13 недель.
- `age_weeks`: возраст проекта в неделях.
- `weeks_since_last_commit`: количество недель, прошедших с момента последнего коммита.

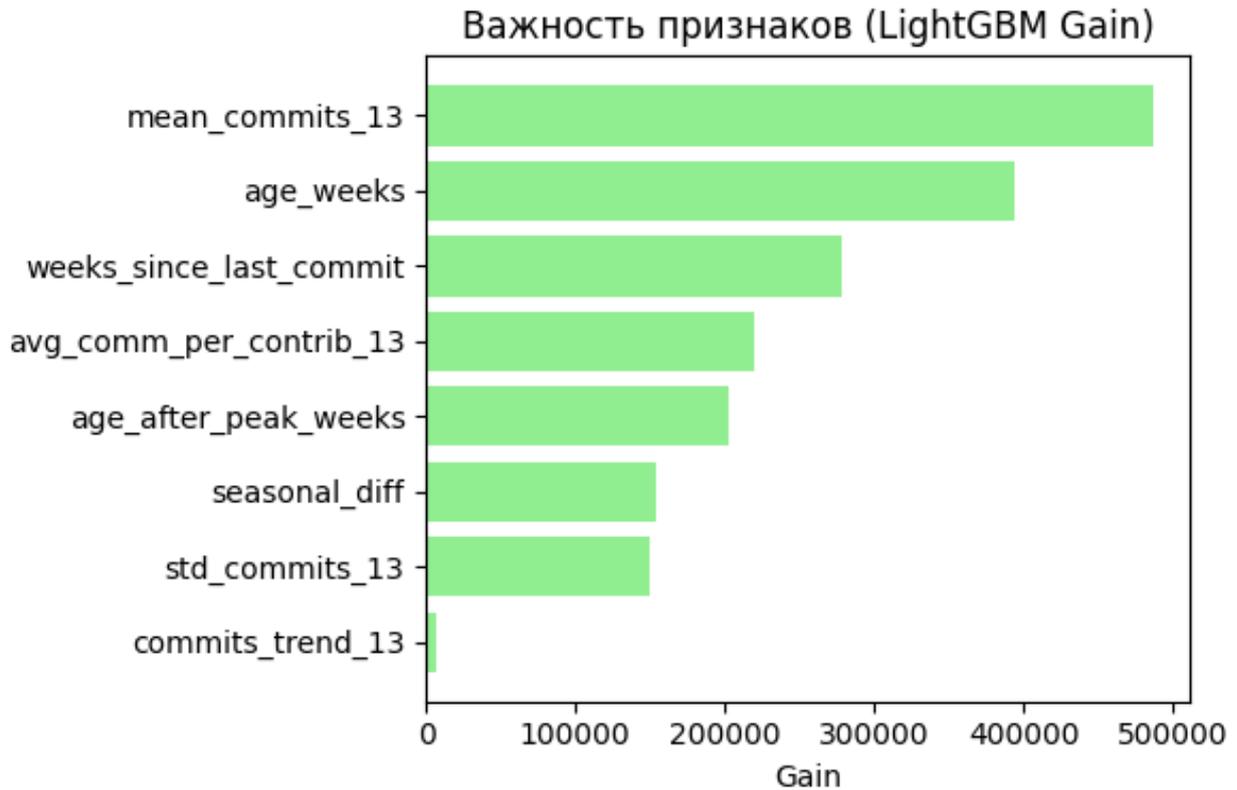


Рисунок 5. Важность признаков (LightGBM Gain)

Глобальный анализ SHAP-значений (Рисунок 6) позволил выявить характер и направление влияния этих признаков. Было установлено, что высокое значение средней активности за последний квартал (`mean_commits_13`) и малое время с последнего коммита (`weeks_since_last_commit`) сильно снижают вероятность закрытия проекта (их SHAP-значения смещены влево, в отрицательную область). Напротив, длительные простои в разработке (высокие значения `weeks_since_last_commit`) являются самой значимой метрикой, указывающей на скорое прекращение поддержки (их SHAP-значения смещены вправо). Возраст проекта имеет более сложное влияние: очень молодые и очень старые проекты имеют тенденцию к большей стабильности, в то время как проекты «среднего возраста» чаще попадают в зону риска.

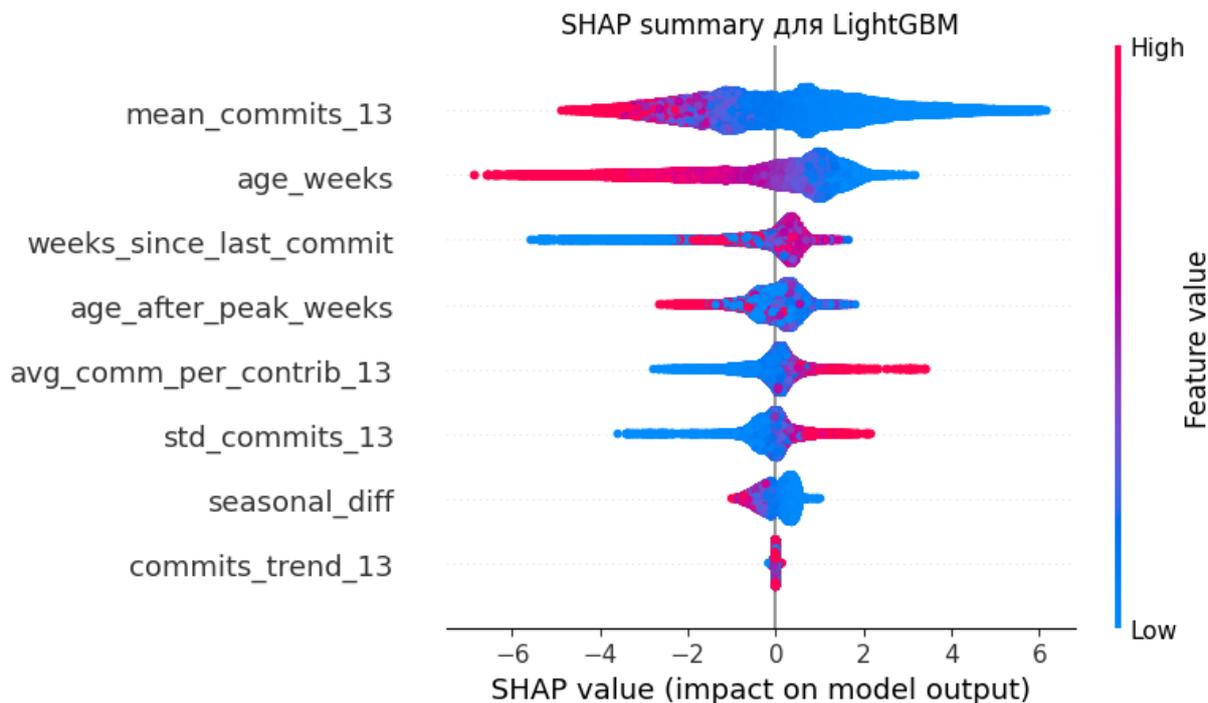


Рисунок 6. SHAP summary для LightGBM

Заключение

Проведённое исследование позволило решить все поставленные задачи и достичь основной цели. Была разработана и верифицирована методика, позволяющая с высокой точностью ($ROC-AUC = 0.91$) прогнозировать прекращение активной поддержки open-source проектов на горизонте в полгода.

Установлено, что стабильность и жизненный цикл проектов в значительной степени определяются не статичными показателями, а динамикой их активности. Ключевыми факторами, свидетельствующими о риске закрытия, являются снижение интенсивности коммитов в краткосрочном периоде и, в особенности, увеличение времени простоев в разработке. Таким образом, подтверждена гипотеза о том, что непрерывность и регулярность вклада участников являются более важными показателями «здоровья» проекта, чем их абсолютное количество в определённый момент времени.

Разработанная модель и выявленные факторы могут быть использованы на практике для создания систем мониторинга состояния open-source зависимостей. Это позволит компаниям и отдельным разработчикам своевременно выявлять риски, связанные с возможным прекращением поддержки используемых компонентов, и принимать превентивные меры, такие как поиск альтернатив или принятие проекта на собственную поддержку.

Список литературы

1. Адылова Ф. Т., Давронов Р. Р., Сафаров Р. А. Универсальный подход к интерпретации результатов прогнозирования моделей машинного обучения // Проблемы вычислительной и прикладной математики. 2022. № 4 (42). С. 128–137.
2. Баланов А. Н. Машинное обучение и искусственный интеллект: учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2025. – 172 с.
3. Де Прадо М. Машинное обучение: алгоритмы для бизнеса. – СПб.: Питер, 2019. – 432 с.
4. Жерон, О. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn, Keras и TensorFlow / О. Жерон. – СПб.: Диалектика, 2020. – 1040 с.
5. Демиденко А. Случайный лес: как приручить одну из самых мощных ML-моделей [Электронный ресурс] / А. Демиденко. – Режим доступа: <https://mybook.ru/author/artem-demidenko/sluchajnyj-les-kak-priuruchit-odnu-iz-samyh-moshnyh/read>. – Дата обращения: 03.06.2025.
6. Нильсен Э. Практический анализ временных рядов. Прогнозирование со статистикой и машинным обучением. – М.: Вильямс, 2021. – 400 с.
7. Хьен, Ч. Проектирование систем машинного обучения / Ч. Хьен. – СПб.: БХВ-Петербург, 2023. – 640 с.

Сведения об авторе

Брайловский Андрей Валерьевич, ассистент, Российский технологический университет, Москва, Россия

Brailovskii Andrei Valerevich, assistant, Russian University of Technology, Moscow, Russia

:

УДК 004.85

Брайловский А.В.

Российский технологический университет, Москва, Россия

Методология сбора данных для анализа активности проектов с открытым исходным кодом на платформе GITHUB

Аннотация: В статье представлена комплексная методология сбора и подготовки данных для анализа жизненного цикла и динамики развития open-source проектов. Описан многоэтапный алгоритм, разработанный для извлечения временных рядов метрик активности из репозиторий платформы GitHub. Особое внимание уделено сравнительному анализу и комбинированному использованию REST API и GraphQL API для обхода ограничений и оптимизации процесса сбора больших объёмов данных. Детально рассмотрены общие процедуры формирования целевой выборки репозиторий, агрегации данных по временным интервалам, а также методы предварительной обработки и очистки, направленные на обеспечение качества и полноты итогового набора данных для последующего аналитического исследования.

Ключевые слова: Сбор данных, GitHub API, REST, GraphQL, open-source, анализ данных, подготовка данных, временные ряды, управление данными, большие данные, парсинг.

Brailovskii A.V.

Methodology for data collection and preparation for the analysis of open-source project activity on the GITHUB platform

Abstract: The article presents a comprehensive methodology for collecting and preparing data to analyze the lifecycle and development dynamics of open-source projects. A multi-stage algorithm designed to extract time-series data of activity metrics from repositories on the GitHub platform is described. Special attention is given to the comparative analysis and combined use of the REST API and GraphQL API to bypass limitations and optimize the process of collecting large volumes of data. The general procedures for forming a target sample of repositories, aggregating data into time intervals, and methods for preprocessing and cleaning data aimed at ensuring the quality and completeness of the final dataset for subsequent analytical research are examined in detail.

Keywords: Data collection, GitHub API, REST, GraphQL, open-source, data analysis, data preparation, time series, data management, big data, parsing.

Введение

Современная разработка программного обеспечения немислима без экосистемы проектов с открытым исходным кодом (open-source). Однако, несмотря на энтузиазм и активное участие сообщества, далеко не все такие проекты достигают устойчивого развития. Значительная их часть со временем забрасывается, что создаёт проблемы для пользователей и компаний, полагающихся на эти разработки. Понимание факторов, влияющих на жизненный цикл и потенциальное прекращение поддержки, представляет значительный научный и практический интерес. Для

проведения такого анализа необходим качественный и детализированный набор данных, отражающий динамику активности в репозиториях.

Стандартные средства, предоставляемые платформами, как правило, не позволяют получить исторические данные в виде временных рядов с достаточной гранулярностью. Поэтому разработка собственной методики и инструментария для сбора данных является необходимой предпосылкой для проведения глубокого исследования. Целью данной статьи является подробное описание универсальной методологии сбора и подготовки данных для анализа стабильности и жизненного цикла open-source проектов на примере платформы GitHub. В статье детально рассматриваются все этапы: от анализа возможностей API и формирования списка целевых репозиторий до агрегации метрик по временным интервалам и их последующей очистки.

Анализ программных интерфейсов (API) GitHub

В качестве источника данных выступает платформа GitHub — крупнейший в мире хостинг для совместной разработки программного обеспечения. Для взаимодействия с платформой и извлечения данных используются два программных интерфейса, предоставляемых GitHub: REST API и GraphQL API [2, 3]. Выбор оптимального инструмента или их комбинации является ключевым проектным решением, влияющим на эффективность и надёжность всего процесса сбора данных.

REST API представляет собой классический, ресурс-ориентированный подход. Каждая сущность (репозиторий, коммит, пользователь, задача) имеет свой уникальный URL (endpoint). Для получения информации необходимо отправить соответствующий GET-запрос. Преимуществом REST является его простота и предсказуемость: структура ответа для каждого запроса чётко определена и задокументирована. Однако при сборе сложных, связанных данных этот подход демонстрирует свои недостатки. Например, чтобы получить список коммитов, а для каждого коммита — информацию о его авторе, придётся сначала сделать один запрос для получения списка коммитов, а затем N запросов для получения данных по каждому из N авторов. Это приводит к большому количеству последовательных запросов, что медленно и быстро исчерпывает лимиты API, имеющего ограничение в 5000 запросов в час для авторизованных пользователей (для получения данного лимита требуется авторизоваться и создать специальный токен). Кроме того, REST API часто возвращает избыточную информацию — множество полей, которые могут быть не нужны для конкретной задачи, что увеличивает объём передаваемых данных.

GraphQL API, в свою очередь, предлагает более гибкий подход [4]. Вместо множества жёстко определённых эндпоинтов существует один, который принимает сложные запросы, написанные на специальном языке запросов GraphQL. В одном таком запросе можно точно указать, какие

сущности и какие поля для них необходимо получить. Например, можно одним запросом получить список коммитов и для каждого из них сразу же запросить имя и email автора. Это позволяет значительно сократить количество сетевых вызовов и уменьшить объём получаемых данных, так как сервер возвращает только то, что было явно запрошено. Однако у GraphQL есть и свои особенности. Во-первых, он имеет более высокий порог входа, так как требует изучения синтаксиса языка запросов. Во-вторых, его модель лимитов сложнее: вместо простого подсчёта количества запросов в час, GitHub рассчитывает «стоимость» каждого GraphQL-запроса на основе его сложности и возвращаемых данных. Даже один-единственный запрос, будучи слишком «жадным», может быстро исчерпать лимит.

Для задач сбора больших объёмов исторических данных наиболее эффективным является комбинированный подход. GraphQL оптимален для извлечения больших массивов связанных данных, таких как полная история коммитов или списки задач с комментариями. REST API, в свою очередь, остаётся удобным инструментом для получения точечных данных о конкретном объекте или для выполнения простых операций, где гибкость GraphQL избыточна.

Общая архитектура сбора данных

Разработанный алгоритм представляет собой многоэтапный процесс, предназначенный для автоматизированного извлечения метрик активности с GitHub. Важно отметить, что описанные ниже шаги представляют собой пример реализации, взятый для демонстрации, и могут быть адаптированы под конкретные исследовательские задачи, но общая логика и последовательность этапов остаются универсальными. Основная идея заключается в том, чтобы по заранее сформированному списку репозитория итеративно для каждого временного интервала (например, недели), начиная с момента создания проекта, собирать необходимые показатели и сохранять их в единую структурированную таблицу. Процесс можно разделить на несколько ключевых стадий.

Этап 1: Формирование целевой выборки репозитория

На начальном этапе необходимо составить список репозитория для анализа. В зависимости от целей исследования, критерии отбора могут быть разными: популярность (количество звёзд), вовлечённость сообщества (количество форков), язык программирования, наличие определённых тем или даже размер компании-владельца. Чтобы исследование было репрезентативным, важно чётко определить критерии и автоматизировать процесс отбора.

Для этой задачи оптимально подходит GraphQL API, который позволяет выполнять поиск с сортировкой и фильтрацией. Алгоритм, представленный на Рисунке 1, последовательно запрашивает у API страницы со списками репозитория, удовлетворяющих заданным

критериям (например, `sort:stars-desc`), пока не будет получено достаточное их количество. Использование постраничной навигации (пагинации) с помощью курсоров является обязательным, так как API не возвращает все результаты одним списком. Для каждого полученного проекта сохраняется его уникальный идентификатор (например, полное имя `owner/name`), который будет использоваться на последующих этапах.

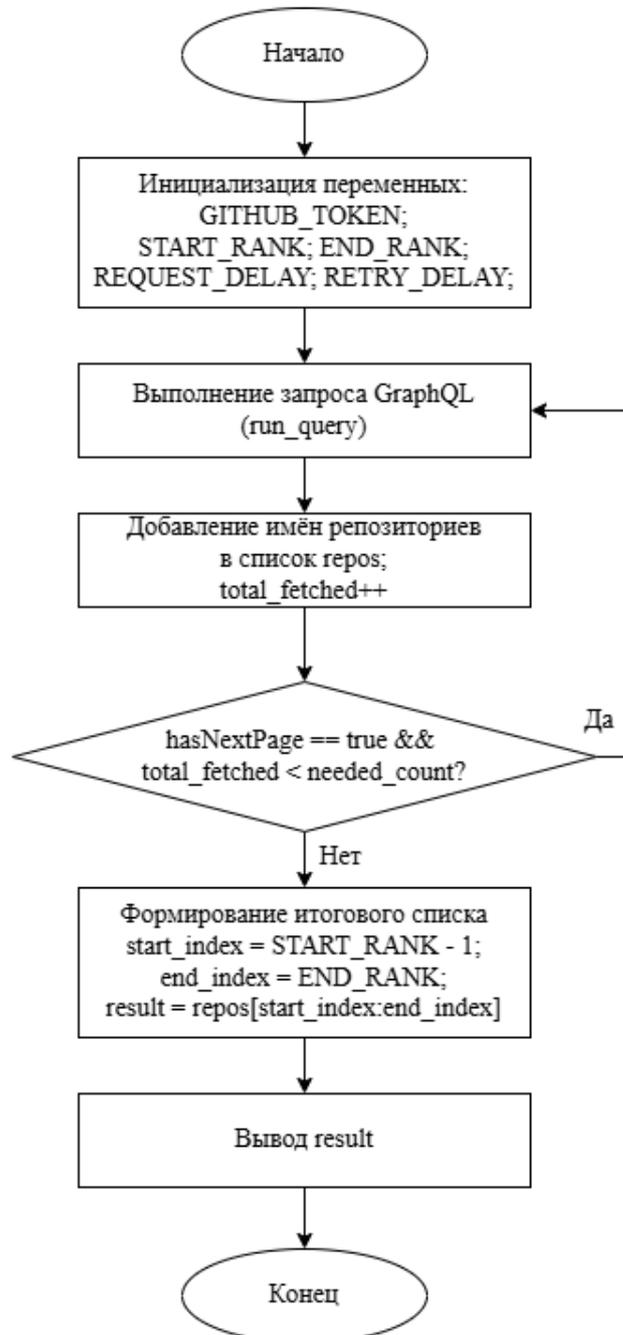


Рисунок 1. Алгоритм поиска репозитория

Этап 2: Извлечение полной истории событий

Ключевой метрикой активности является история событий, таких как коммиты или задачи. Для её получения также наиболее эффективен GraphQL API, поскольку он позволяет извлекать большие объёмы связанных данных, обходя многие ограничения REST API. Алгоритм, представленный на рисунке 2, для каждого репозитория из выборки запрашивает полную историю интересующих событий (например, коммитов). Сбор данных осуществляется постранично с использованием механизма курсоров, что гарантирует получение всех данных без пропусков. Для каждого события извлекаются его ключевые атрибуты, такие как уникальный идентификатор и дата создания. После завершения сбора все события для данного репозитория сортируются в хронологическом порядке. Это является критически важной предпосылкой для корректной последующей агрегации данных по временным интервалам. Для очень больших репозиториях с миллионами коммитов даже GraphQL может оказаться неэффективным; в таких случаях может потребоваться использование гибридных подходов или частичный анализ данных.

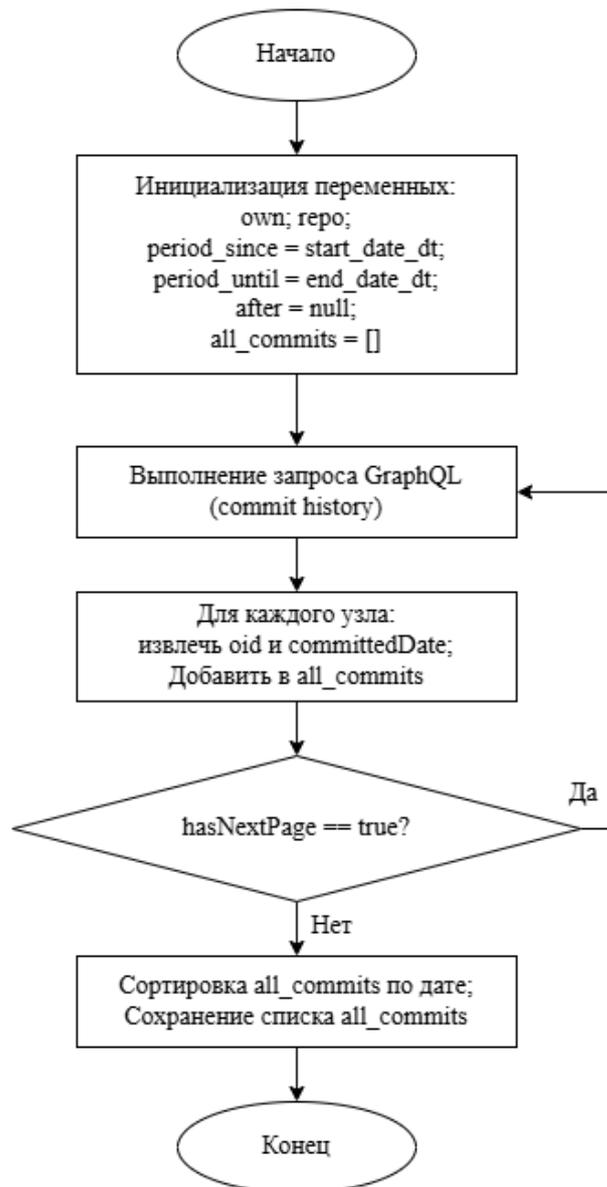


Рисунок 2. Алгоритм загрузки коммитов за период

Этап 3: Агрегация данных по временным интервалам

Собранная история событий представляет собой непрерывный поток. Для анализа временных рядов необходимо агрегировать эти данные в дискретные временные интервалы — например, дни, недели или месяцы. Алгоритм, представленный на Рисунке 3, выполняет эту задачу.

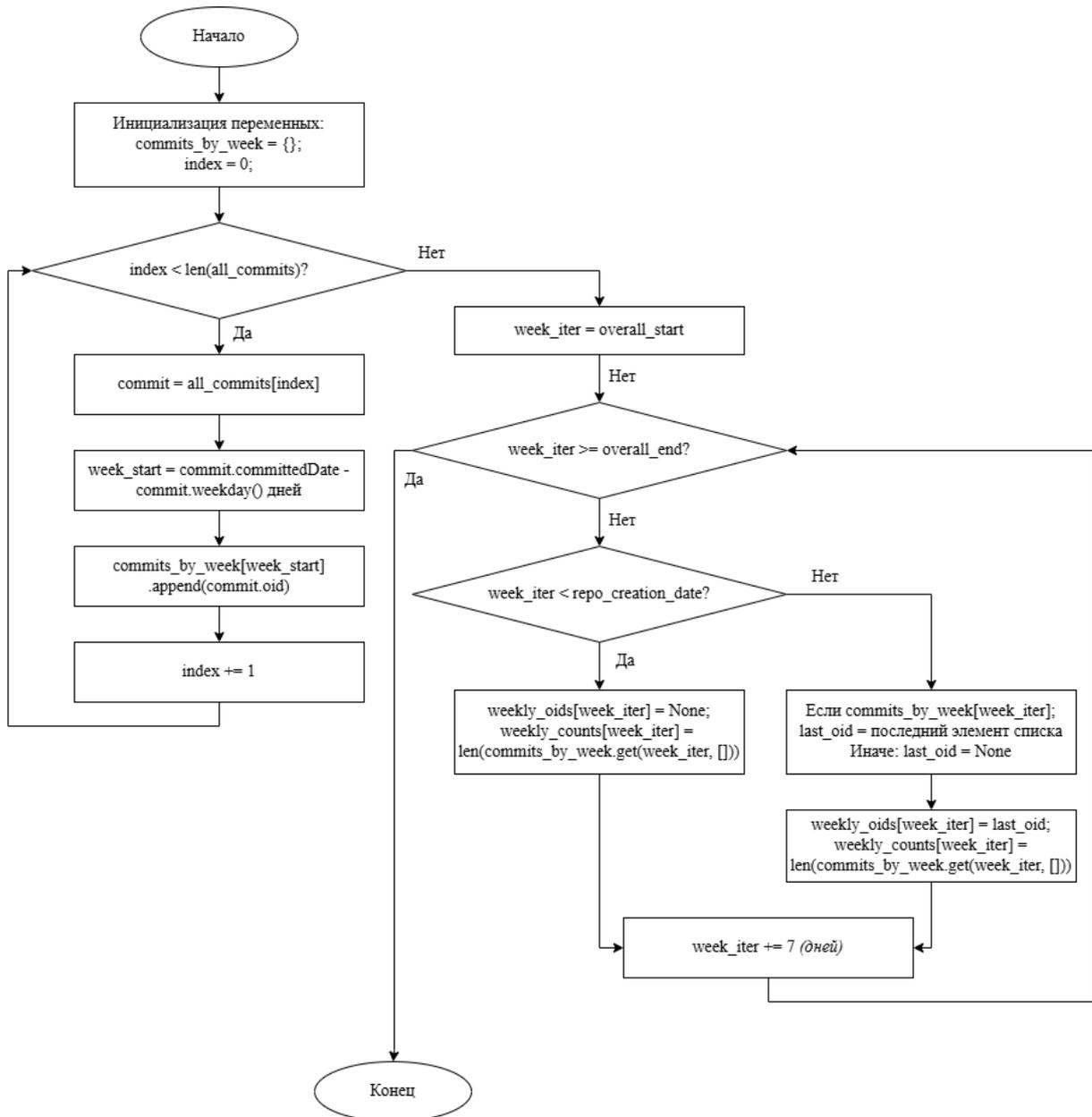


Рисунок 3. Алгоритм сопоставления коммитов с недельными интервалами

Сначала для каждого события определяется начало временного интервала, к которому оно относится. Например, для еженедельной агрегации для каждой даты вычисляется дата соответствующего понедельника. Затем все события группируются в словарь, где ключом является начало временного интервала, а значением — список атрибутов событий, произошедших в этот интервал. После этого итератор проходит по всем временным интервалам в заданном аналитическом периоде. Для каждого интервала из словаря извлекаются и агрегируются необходимые метрики (например, подсчитывается количество коммитов, количество уникальных авторов и т.д.). Такой подход позволяет преобразовать сырой

поток событий в структурированный временной ряд, пригодный для анализа.

Этап 4: Основной цикл обработки и обогащения данных

Это центральная часть всего процесса, объединяющая предыдущие этапы и обогащающая данные дополнительными метриками (Рисунок 4). Алгоритм итеративно проходит по каждому репозиторию из выборки и по каждому временному интервалу в истории его существования, выполняя следующие действия:

Проверка наличия данных: прежде всего, система проверяет, не были ли данные за этот интервал для данного репозитория собраны ранее. Использование простого файла (например, в формате CSV) в качестве локального кэша позволяет избежать повторных запросов к API. Перед сбором данных для конкретного репозитория и временного интервала, скрипт проверяет наличие соответствующей записи в этом файле. Такой подход позволяет не только значительно ускорить процесс при последующих запусках, но и легко возобновлять сбор после сбоев.

Сбор дополнительных метрик: если данных в кэше нет, алгоритм обращается к GitHub API для сбора метрик, которые не были получены на предыдущих этапах. Это могут быть данные о задачах (issues), форках, пулл-реквестах и т.д. Здесь может применяться как GraphQL, так и REST API, в зависимости от специфики запрашиваемых данных.

Формирование итоговой записи: все собранные за временной интервал метрики объединяются в одну строку (запись), которая содержит идентификатор репозитория, временную метку и все числовые показатели.

Буферизация и запись: сформированные записи накапливаются в оперативной памяти (в буфере). При достижении определённого размера буфер целиком записывается в итоговый файл (например, CSV) или базу данных. Это делается для оптимизации операций ввода-вывода и снижения нагрузки на файловую систему.

После обработки всех временных интервалов для одного репозитория алгоритм переходит к следующему. По завершении цикла оставшиеся в буфере записи также сохраняются.

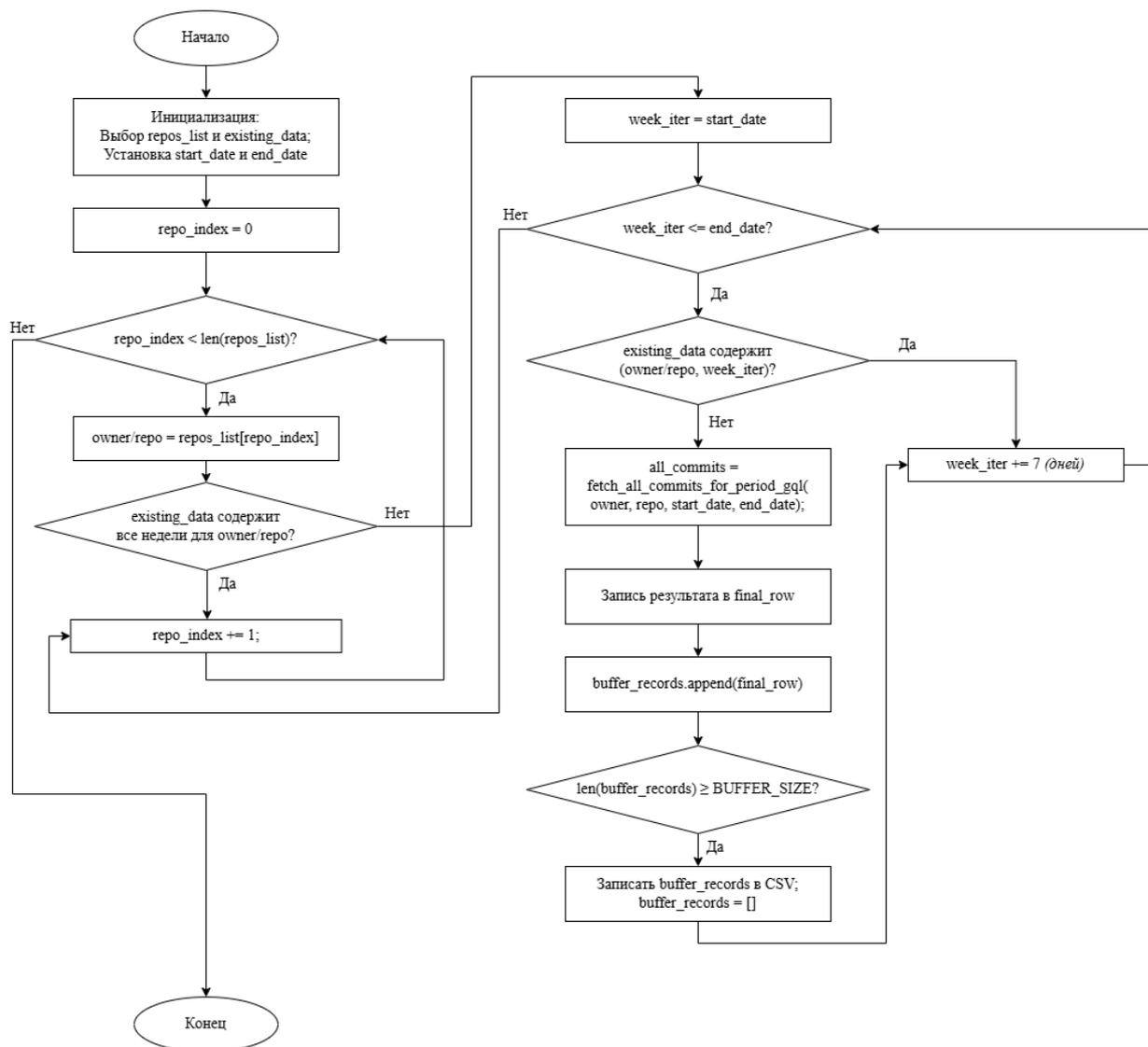


Рисунок 4. Алгоритм основного цикла обработки и сохранения результата
Предобработка и обеспечение качества данных

Сырые данные, полученные в результате работы алгоритма сбора, требуют обязательной предобработки перед использованием в аналитических моделях [5]. Этот этап включает в себя несколько ключевых шагов, направленных на обеспечение их чистоты, полноты и релевантности.

Во-первых, выполняется фильтрация выборки в соответствии с целями исследования. Например, если изучаются только активные проекты, необходимо отфильтровать заброшенные, и наоборот. Критерии фильтрации должны быть чётко определены и алгоритмизированы (например, «отсутствие коммитов в течение 6 месяцев»).

Во-вторых, проводится очистка от дубликатов. Несмотря на наличие механизма кэширования, при параллельном запуске или сбоях в процессе сбора возможно появление дублирующихся строк. Все такие строки

должны быть идентифицированы и удалены, чтобы избежать искажения статистических результатов.

В-третьих, выполняется обработка пропусков. Хотя алгоритм сбора должен быть спроектирован так, чтобы заполнять интервалы без активности нулевыми значениями, необходимо дополнительно убедиться в отсутствии пропусков, которые могли возникнуть из-за ошибок API, сетевых проблем или ограничений доступа к определённым данным. Стратегия обработки пропусков (удаление, заполнение средним или медианным значением) выбирается в зависимости от природы данных и целей анализа.

Наконец, проводится проверка на инвариантность признаков. Необходимо убедиться, что каждый столбец в наборе данных содержит изменяющиеся значения. Если в каком-то поле для всех записей значение одинаково, оно не несёт полезной информации для большинства аналитических моделей и должно быть исключено. В качестве примера можно привести количество звёзд в репозитории - запрос этих данных всегда возвращает значение, актуальное на момент запроса. Получение истории изменения их числа требует иного алгоритма - запроса данных о том, кто и когда поставил каждую звезду, и последующей агрегации данных.

Заключение

В рамках данной работы была разработана и описана комплексная методология сбора и подготовки данных для анализа активности open-source проектов на GitHub. Представленный многоэтапный алгоритм, сочетающий возможности GraphQL и REST API, позволяет эффективно извлекать большие объёмы исторических данных, формируя детализированные временные ряды. Процедуры предобработки и очистки обеспечивают высокое качество и полноту итогового набора данных.

Описанная методология является универсальной и может быть адаптирована для решения широкого круга задач, связанных с анализом данных на платформе GitHub, будь то исследование факторов популярности, анализ динамики командной работы или прогнозирование стабильности программных проектов.

Список литературы

1. Никитина Т. П., Королёв Л. В. Программирование. Основы Python для инженеров: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/454463>. – Дата обращения: 03.06.2025.
2. GitHub REST API [Электронный ресурс] // Официальная документация GitHub. – Режим доступа: <https://docs.github.com/ru/rest?apiVersion=2022-11-28>. – Дата обращения: 03.06.2025.
3. GitHub GraphQL API [Электронный ресурс] // Официальная документация GitHub. – Режим доступа: <https://docs.github.com/ru/graphql>. – Дата обращения: 03.06.2025.

4. Галигузова Е. В., Илларионова Ю. Е. Язык запросов GraphQL как замена REST API // Символ науки: Междунар. науч. журн. 2023. № 1–2. С. 9–11.
5. Карпов Д. К. Обработка больших данных с использованием средств языка Python [Электронный ресурс] // CyberLeninka. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrabotka-bolshih-dannyh-s-ispolzovaniem-sredstv-yazyka-python>. – Дата обращения: 03.06.2025.

Сведения об авторе

Брайловский Андрей Валерьевич, ассистент, Российский технологический университет, Москва, Россия

Brailovskii Andrei Valerevich, assistant, Russian University of Technology, Moscow, Russia

УДК 002.304

Рехтин А.А.

Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия

Использование тефлонового покрытия в двигателях карьерных самосвалов

Аннотация: Статья посвящена сравнительному исследованию юбок поршня используемых без тефлонового напыления и с покрытием. Рассмотрены причины выхода из строя двигателей внутреннего сгорания за определённый период. Рассмотрены коэффициенты трения при разных условиях замера без использования тефлона. Далее рассмотрены результаты замера с использованием антифрикционного покрытия. На основе имеющихся наблюдений сделаны выводы о эффективности проделанной работы.

Ключевые слова: юбка поршня, антифрикционное покрытие, двигатель внутреннего сгорания, тефлон, коэффициент трения.

Rekhtin A.A.

Use of teflon coating in engines of quarry dump trucks

Abstract: The article is devoted to a comparative study of piston skirts used without teflon coating and with coating. The reasons for the failure of internal combustion engines over a certain period are considered. The coefficients of friction under different measuring conditions without the use of Teflon are considered. Next, the measurement results using an antifriction coating are considered. Based on the available observations, conclusions are drawn about the effectiveness of the work done.

Keywords: piston skirt, anti-friction coating, internal combustion engine, Teflon, coefficient of friction.

Двигателя карьерных самосвалов довольно часто испытывают повышенные нагрузки такие как: холодные пуски, значительные перегревы, критические обороты, прочие неисправности. В ряд прочих неисправностей можно занести поломки связанные с масляной системой, системой охлаждения двигателя, поломки топливной системы и т.д. Все эти неисправности могут привести к выходу из строя всего агрегата. Чаще всего из-за этих причин первым делом выходит из строя цилиндро-поршневая группа. Если же на легковом автомобиле для того чтобы заменить полностью гильзу вместе с поршнем нужно разобрать практически половину мотора, то на грузовой технике для этого необходимо снять пару лючков блока цилиндров, разобрать систему газораспределения на одной головке и снять головку блока цилиндров после чего приступить к замене узла.

Но это является устранением неисправности, интерес каждой фирмы специализирующейся на ремонте силовых агрегатов, это наработка большего количества мото-часов с наименьшим количеством вмешательств по устранению неполадок, в гарантийный период, так

как это также несёт затраты для предприятия. Поэтому усовершенствование или доработка узлов агрегата производится по мере поступления проблем.

Таблица 1.
Статистика неисправностей двигателей поступивших на капитальный ремонт организации за февраль 2025

| Неисправность | Повреждённый механизм | Причина | Количество двигателей |
|-------------------------------------|------------------------------|---|-----------------------|
| Задиры в цилиндрах | Цилиндро-поршневая группа | Нехватка смазывающей жидкости ,недостаточное охлаждение ,перелив форсунки, загрязнение воздушных фильтров | 4 |
| Задиры шатунных /коренных вкладышей | Вкладыши шатунные/ поршневые | Недостаток смазывающей жидкости | 2 |
| Проворот коренных вкладышей | Пастель коренного подшипника | Недостаток смазывающей жидкости | 1 |

Таким образом, из статистики видно, что частой проблемой для силовых агрегатов карьерной техники являются задиры в цилиндро-поршневой группе. Частой причиной выхода из строя является недостаток смазывающего вещества. Для решения задач насыщения и достаточной подачи смазки в цилиндр в заводском исполнении двигателя дизельных карьерных самосвалов оснащены масляными форсунками, наличием хонинговки на стенках гильзы. Часто этого не хватает для того чтоб задиров, на рабочей поверхности не оставалось, так как при нагревании поршень нагревается, из-за чего происходит тепловое расширение, при котором тепловой зазор становится меньше, что в свою очередь повышает

коэффициент трения. Как правило в таких двигателях юбка поршня делается из алюминия, а гильза из чугуна.[3]

Таблица 2.

Коэффициент трения цилиндро-поршневой группы при разных условиях

| Условия замера | Элементы | Коэффициент трения |
|----------------------------------|-----------------|--------------------|
| Холодный двигатель Без смазки | Алюминий- чугун | 1.05 |
| Холодный двигатель Со смазкой | Алюминий чугун | 0.07 |
| Горячий двигатель Со смазкой | Алюминий чугун | 0.095 |

Для уменьшения коэффициента трения на легковых автомобилях уже давно применяется тефлоновое покрытие которое способно снижать коэффициент трения.

Некоторые преимущества такого покрытия:

Снижение трения. Тефлон отличается повышенным скользящим эффектом, что позволяет деталям двигателя лучше и быстрее приработаться.

Защита от задиров. Покрытие спасает от задиров на первоначальных этапах работы ДВС.

Противоаварийная функция. Покрытие срабатывает в нештатных режимах, например, перегрев.

Устойчивость к высоким температурам. Покрытие является хорошим проводником тепла, что способствуют большему отводу температуры от рабочей поверхности.

Сохранение геометрии детали. Благодаря способу напыления с болона со сжатым воздухом, толщина итоговой плёнки составляет 15-25 мкм. [2].

Таблица 3.

Коэффициент трения цилиндро-поршневой группы при использовании тефлонового напыления в разных условиях

| Условия замера | Элементы | Коэффициент трения |
|----------------------------------|----------------------------------|--------------------|
| Холодный двигатель Без смазки | Аллюминий с напылением- чугун | 0.04 |
| Холодный двигатель Со смазкой | Алюминий с напылением чугун | 0,02 |
| Горячий двигатель Со смазкой | Алюминий с напылением чугун | 0,04 |

Так как тефлон в своём составе антифрикционного покрытия имеется графит, то такое напыление служит ещё и как дополнительная смазка и может дольше работать при масляном голодании. [1]

Способ напыления. Для напыления тефлона своими силами можно использовать покрытие MODENGY 1006/MODENGY 1007 которое и

использовали мы в своём эксперименте. Покрытия для юбок поршней компрессоров, двигателей, состоит из мельчайших частиц твердосмазочных материалов (дисульфат молибдена и графит), которые равномерно распределены в смеси связующего вещества и растворителя. Частицы заполняют впадины микронеровностей поверхности. Благодаря этому повышается её нерущая способность и противозадирные свойства, облегчается приработка. Покрытие позволяет достигнуть низкого и стабильного трения даже при экстремально высоких контактных давлениях. Защищают детали от повышенного трения, образования задиров и интенсивного износа в моменты пуска, при масляном «голодании» и перегрузках. Состав наносится прямо на юбку поршня предварительно очистив и обработав активатором который идёт в комплекте, после чего наносится тонким слоем само покрытие. Практика показала что лучше всего покрытие затвердевает при прожарке при температуре 120 градусов на протяжении двух часов. После замера размер поршня с напылением увеличился на 15 микрон, что не сказывается на работе двигателя. В остальном больше никаких привилегий данное покрытие не имеет, с маслом и антифризом контактирует нормально, с горючими смесями дефектов не проявляет но, как и все тефлоновые покрытия смываются такими жидкостями как ацетон, растворитель. Следует отметить что покрытие очень легко царапается из-за неаккуратности возможно повредить так, что придётся счищать всё напыление и обрабатывать деталь занова.

Следует отметить что после использования данного покрытия холодный запуск двигателя значительно улучшился, а именно двигатель стал легче крутится при наличии малого количества смазки, также двигатель стал работать мягче на всём диапазоне оборотов без потери мощности. Таким образом использование антифрикционных покрытий может увеличить срок службы двигателя так как агрегат не так часто поддаётся критическим нагрузкам из-за низкого коэффициента трения. Также покрытие способно кратковременно являться защитной поверхностью которой способно работать с небольшим количеством смазочного материала.

Список литературы

1. Гительман Д.А., Ольховацкий А.К. Безыносная эксплуатация двигателей внутреннего сгорания: Технологические рекомендации / под ред. А.К. Ольховацкого. — Челябинск, 2015. — 52 с.
2. Химические и физические свойства тефлона [Электронный ресурс]. <https://web.archive.org/web/20130322011351/>
3. Износ двигателя энциклопедия журнала «За Рулём» [Электронный ресурс]. [https://wiki.zr.ru/Износ двигателя](https://wiki.zr.ru/Износ_двигателя)

Сведения об авторе:

Рехтин А.А. магистр, Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия
Rekhtin A.A. student, Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

УДК 002.304

Рехтин А.А.

Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия

Создание латунных направляющих втулок клапанов для двигателя QST-30

Аннотация: Статья посвящена расчёту для создания латунных направляющих втулок двигателя QST-30. Рассмотрен способ диагностики направляющих втулок и способы решения проблем по их ремонту. Описано краткое сравнение чугуна и латуни. Проанализирована таблица тепловых зазоров разных видов стали. Произведены расчёты с поправкой на коэффициент расширения. После чего получен размер для создания аналога собственного производства.

Ключевые слова: направляющая втулка, ремонт, расчёт, коэффициент расширения

Rekhtin A.A.

Creation of brass valve guides for the QST-30 engine

Abstract: The article is devoted to the calculation for creating brass guide bushings of the QST-30 engine. A method for diagnosing guide bushings and ways to solve problems related to their repair is considered. A brief comparison of cast iron and brass is described. The table of thermal gaps of different types of steel is analyzed. The calculations are adjusted for the expansion coefficient. After that, the size was obtained to create an analogue of our own production.

Keywords: guide sleeve, repair, calculation, expansion coefficient

Направляющие втулки клапанов предназначены для центрирования клапана относительно седла при движении во время открытия и закрытия. Направляющая должна обеспечивать необходимую плотность прилегания клапана к седлу, обеспечивая герметичность камеры сгорания. Помимо, этого направляющая втулка должна предотвращать попадания чрезмерного количества масла в камеру сгорания, через внутренне отверстие, но при этом создавать оптимальные условия для длительной работы клапана, предотвращая износ штока. Направляющие втулки воспринимают на себя боковые силы, действующие на стержень клапана. Направляющие втулки клапанов отводят большую часть тепла клапана (особенно выпускных) Пример направляющие втулки показан на рисунке 1.

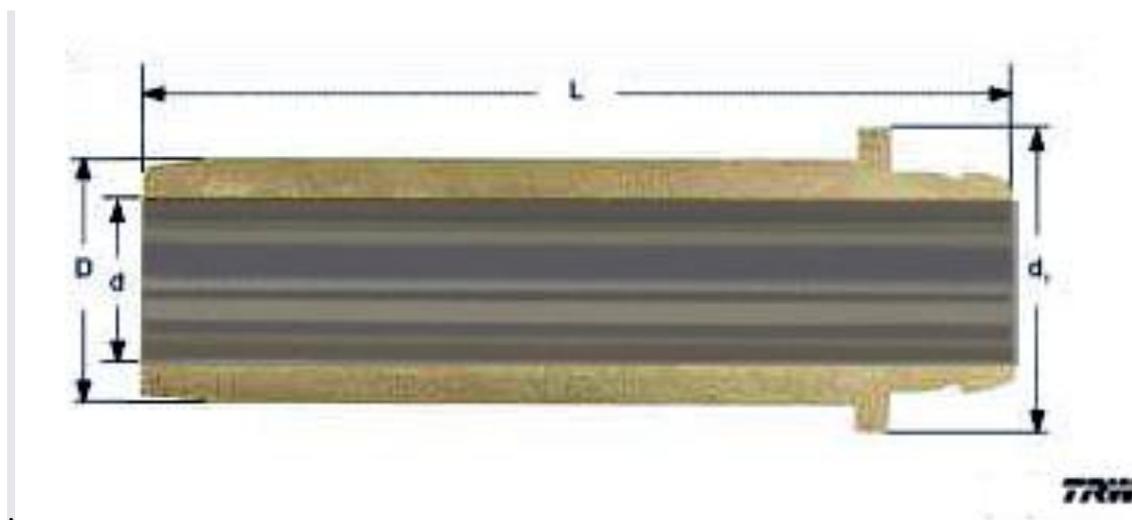


Рисунок 1. Основные размеры направляющей втулки

Основные размеры направляющей втулки клапана D = наружный диаметр d_1 = диаметр пояска / буртика d = диаметр внутреннего отверстия L = общая длина

Для облегчения ремонта, и увеличения срока службы более дорогой детали - головки блока, направляющие втулки клапанов выполняют сменными. Они устанавливаются в посадочные места головки блока с натягом, и после запрессовки разворачиваются, для обеспечения минимально необходимого теплового зазора в отверстии втулки. Тепловой зазор необходим для того, чтобы избежать «прихвата», т.е. заклинивания клапана в направляющей втулке по причине расширения материала клапана при нагреве. Относительно установленной и развернутой втулки и производится обработка седел и притирка клапана.[3]

Основным дефектом направляющих втулок является: износ, задиры и царапины на внутренней части втулки, которые появляются в процессе работы на некачественном масле, или в результате перегрева двигателя

Для того чтобы определить можно ли использовать направляющую втулку повторно нужно убедиться, что зазор между стержнем клапана и внутренней частью направляющей втулки находится в пределах допуска. Если люфт клапана выходит за пределы нормы, то направляющую втулку необходимо заменить пример диагностики направляющей втулки показан на рисунке 2.

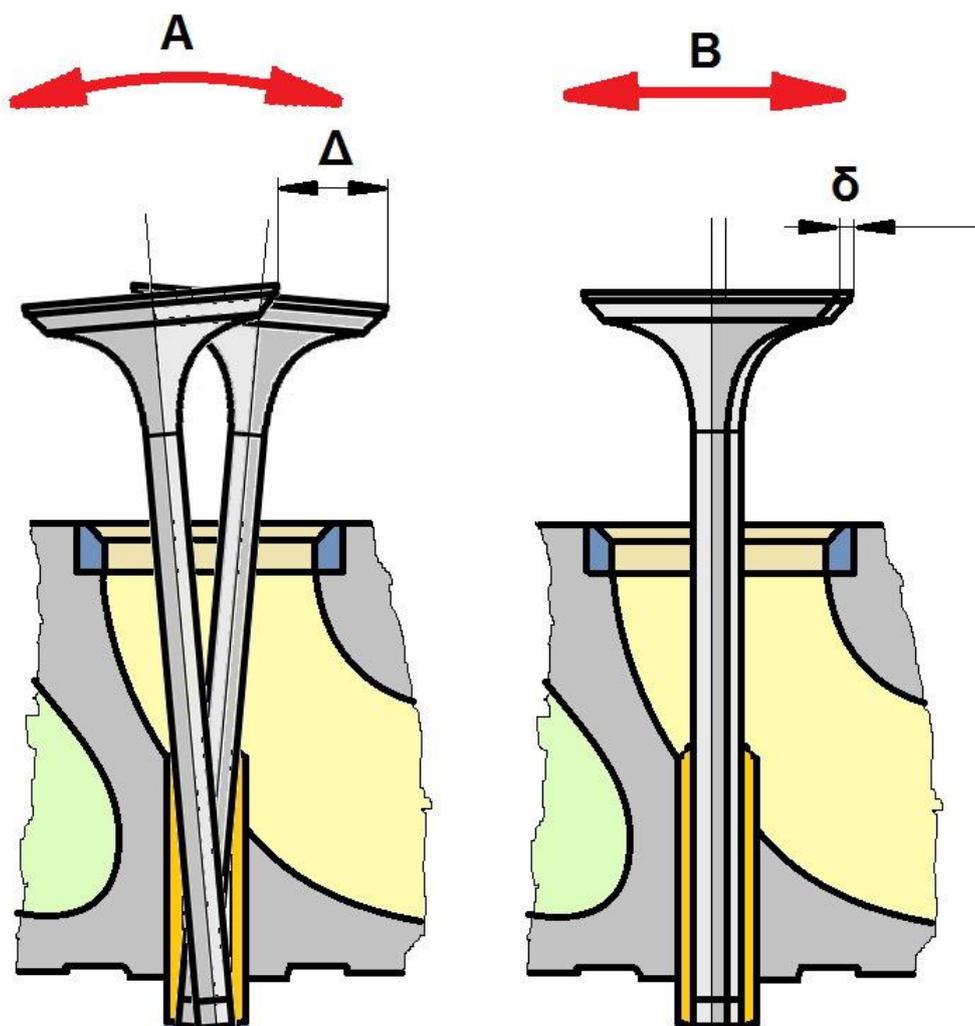


Рисунок 2. Диагностика направляющей втулки.

Для двигателя QST-30 максимальный зазор не должен превышать 0.34мм

Для того чтобы восстановить головку блока цилиндров с неисправностью направляющих втулок есть два способа решения:

1. Восстановление с помощью накатки
2. Замена детали на новую

Так как способ восстановления накаткой является эффективным только при малом износе направляющей втулки, то этот способ является не целесообразным. Поэтому рассмотрим способ замены на новую деталь.

Одной из дорогостоящих частей при ремонте головки блока цилиндров являются направляющие втулки. А учитывая сложившуюся политическую ситуацию эти запчасти стали дефицитными, а если и удаётся найти небольшую партию запчастей, то это будет стоить больших денег. Поэтому приходится искать отечественные аналоги. После долгих поисков было принято решение заменить оригинальные втулки на латунные

Теплопроводность латунных втулок в два раза лучше, чем у чугуна и это очень полезное преимущество перед чугунными втулками. Показатели теплопроводности материалов. [2, с.364-365]

Теплопроводность чугуна и латуни приведена в таблице 1.

Таблица 1.
Теплопроводность чугуна и латуни

| Чугун | Латунь |
|-------------|--------------|
| 58 Вт/(м·К) | 121 Вт/(м·К) |

Но устанавливая направляющие втулки из латуни на свой двигатель ни смотря на то, что они более скользкие и износостойкие чем чугун, следует учитывать один важный момент.

У латуни больше коэффициент теплового расширения, чем у чугуна. А это значит, что зазор между стержнем клапана и направляющей втулкой из бронзы или латуни, должен быть больше, чем у втулок из чугуна, иначе при нагреве клапан заклинит в отверстии втулки.

При меньшем чем требуется для латуни зазоре, при нагреве втулки она расширяется и зазор исчезает вовсе. А клапан продолжает своё возвратно-поступательное движение. В итоге, латунь начинает как бы намазываться (наволакиваться) на твёрдую поверхность (HRC 50-60) стержня клапана, и от этого трущиеся детали нагреваются ещё сильнее. В конечном итоге происходит сварка стального стержня клапана и латунной втулки. В итоге мотор выходит из строя, а при его разборке иногда выбить приварившийся клапан бывает очень сложно, и как правило он выбивается вместе со втулкой.

Причём более склонны к наволакиванию, латуни с небольшим содержанием меди, такие как Л68, Л70, Л62. Цифра в обозначении рядом с буквой, означает процентное содержание меди в латуни, остальное составляет цинк.

Но при большем зазоре в сопряжении стержня клапана и направляющей втулки, увеличится расход моторного масла (несмотря на новые сальники клапанов). Но дело не только в этом, при большем зазоре и приводе клапана через коромысло и рычаг, возникает пусть и небольшое, но всё же боковое усилие, действующее на стержень клапана.

А из-за этого немного нарушается точная посадка тарелки клапана к седлу (очень небольшой перекосяк), и это означает хоть и очень небольшую, но всё же потерю герметичности клапана (конечно же не как на изношенном моторе, но всё же). Но это происходит только пока мотор не прогреется, ведь при прогреве, втулки расширяются от нагрева и зазор практически полностью уменьшается, и клапан начинает работать идеально ровно.

Но зато втулки из латуни, а тем более из бронзы, намного выигрывают чугуном по ресурсу, так как медленнее изнашиваются, потому что имеют маленький коэффициент трения.

Ну а при слишком маленьком зазоре, нарушаются условия смазки, и как я уже говорил, стержень клапана может заклинить в отверстии втулки. Поэтому точность зазора между отверстием втулки и стержнем клапана очень важна, и причём величина этого зазора зависит от температурных условий каждого двигателя, а также от материала втулки.

Таблица 2.
Тепловые зазоры направляющих втулок

| Материал | $\alpha \cdot \frac{10^6 l}{^\circ\text{C}}$ | k | Зазор, мм | |
|----------|--|------|-----------------|------------------|
| | | | Клапан впускной | Клапан выпускной |
| Чугун | 12 | 1,00 | 0,22-0,55 | 0,29-0,62 |
| Л90,Л96 | 17 | 1,42 | 0,31-0,78 | 0,41-0,88 |
| Л85 | 18,7 | 1,56 | 0,34-0,86 | 0,45-0,97 |
| Л80 | 18,8 | 1,57 | 0,35-0,86 | 0,46-0,97 |
| Л68,Л70 | 19 | 1,58 | 0,35-0,87 | 0,48-0,98 |

Говоря проще — для каждого материала (сплава) втулки, требуется свой зазор.

И раз латунь больше расширяется при нагреве, чем чугун, значит при установке на свой двигатель латунной или бронзовой втулки, зазор между её отверстием и стержнем клапана, при одинаковой (нормальной) температуре, всегда должен быть больше, по сравнению с зазором чугунной втулки.

После вытачивания новых втулок и развёртывания их отверстий, чтобы получить зазор стержня клапана в отверстии как в таблице 2.

Для изготовления латунных направляющих втулок принимает латунь марки Л90. [1]

Расчёт теплового зазора направляюще втулки Тепловое расширение – это изменение линейных размеров и формы тела при изменении его температуры. Рассчитаем тепловое расширение, l, м, по формуле 1

Формула теплового расширения l, мм:

$$l = l_0(1 + \alpha t), \quad (1)$$

где l - длина удлиненная;

l_0 - начальная длина;

α - коэффициент теплового расширения;

t - изменение температуры.

Понимая, что коэффициенты теплового расширения латуни и чугуна сильно отличаются друг от друга необходимо произвести расчёт теплового зазора при котором латунная втулка сможет работать в паре с клапаном.

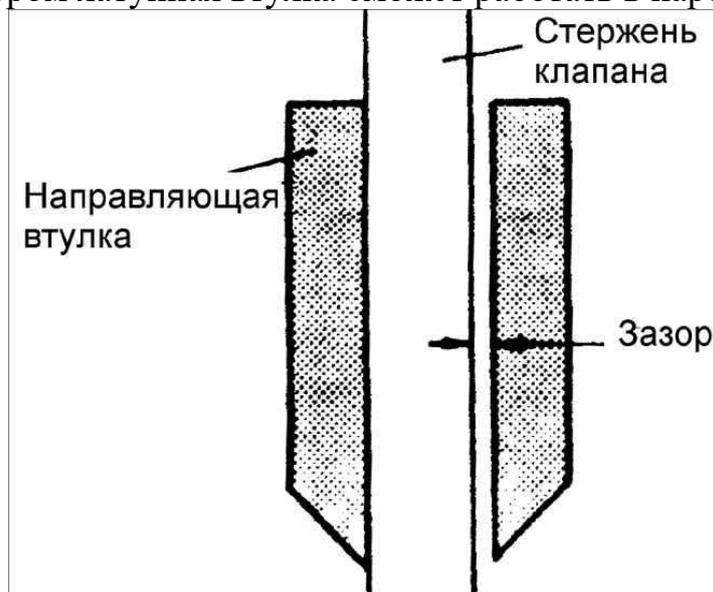


Рисунок 3. Тепловой зазор

Для начала подсчитаем до какого размера расширяется впускной и выпускной клапан по диаметру.

Используем формулу линейного расширения по диаметру

Температуру впускного клапана принимаем за 300°C, а температуру выпускного за 600 °C

Клапан изготовлен из стали марки 40 ХН

Для начала рассчитаем какой зазор будет в паре клапан втулка на холодном двигателе

$\Delta D_{вп}$ - Диаметр впускного клапана = 9.938 мм

$\Delta D_{всп}$ - Диаметр выпускного клапана = 9.908 мм

$\Delta D_{вт}$ - Внутренний оригинальный размер втулки = 10.25 мм

Размеры пары втулка впускной клапан приведены на рисунке 4.

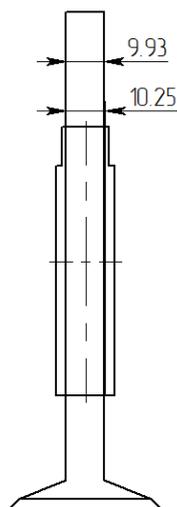


Рисунок 4. Размеры пары втулка - впускной клапан

Рассчитаем зазор $TЗ$, мм, по формуле:

$$TЗ = \Delta D_{вп} - \Delta d_{вп} \quad (2)$$

Рассчитаем для впускного клапана:

$$TЗ_{вп} = 10,25\text{мм} - 9,938 = 0,312\text{мм}$$

Размеры пары втулка - выпускной клапан.

Рассчитаем для выпускного клапана показана на рисунке 5.

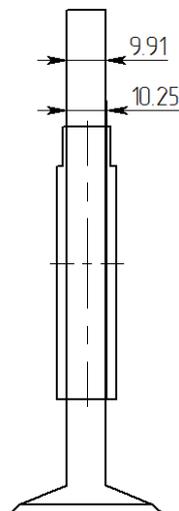


Рисунок 5. Размеры пары втулка - выпускной клапан

Рассчитаем для выпускного клапана:

$$TЗ_{вп} = 10,25\text{мм} - 9,908 = 0,342\text{мм}$$

Размеры зазоров при температуре 20°C расположены в таблице 3

Таблица 3. Размеры зазоров при температуре 20°C

| Зазор между оригинальной втулкой и клапаном при температуре 20°C | |
|--|-------|
| Впуск | 0,312 |
| Выпуск | 0,342 |

Тепловой зазор ΔD , мм, определяется по формуле:

$$\Delta D = D * (t_{раб} - t_{нач})k \quad (3)$$

где D – Диаметр клапана мм

$t_{нач}$ - начальная температура °C

$t_{раб}$ - рабочая температура °C

k- коэффициент теплового расширения

Коэффициент теплового расширения для стали $1,2 * 10^{-6}/°C$

Теперь рассчитаем размеры клапанов при рабочей температуре.

Для впускного клапана:

$$\Delta D_{вп} = 9,938 \text{ мм} * (300°C - 20°C) * 1,2 * 10^{-6} = 0,03339 \text{ мм}$$

То-есть впускной клапан при нагреве принимает размер:

$$\Delta D_{вп} = 9,938 + 0,03339 \approx 9,971 \text{ мм}$$

Для выпускного клапана:

$$\Delta D_{вып} = 9,908 \text{ мм} * (600°C - 20°C) * 1,2 * 10^{-6} = 0,06895968 \text{ мм}$$

Выпускной клапан при нагреве принимает размер:

$$\Delta D_{вып} = 9,908 + 0,06895968 \approx 9,977 \text{ мм}$$

Рассчитаем каким будет расширение для оригинальной направляющей втулки которая изготавливается из чугуна

Возьмём направляющую втулку внутреннего диаметра 10.25 мм и толщиной стенки 2,5 мм, наружный диаметр 15 мм Чугунная направляющая втулка показана на рисунке 6

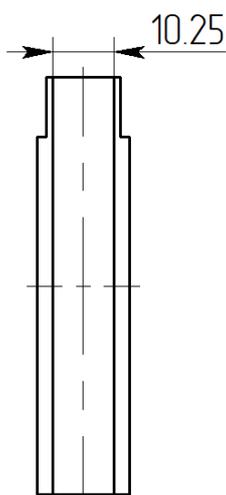


Рисунок 6. Чугунная направляющая втулка

Расчёт для направляющей втулки впускного клапана

$$\Delta D_{\text{нап вып}} = 15\text{мм} * (300^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) * 1 * 10^{-5} = 0,042\text{мм}$$

Учитывая то, что втулка запрессована в стальную головку блока цилиндров, коэффициент расширения которой равен тоже единице, то принимаем расширение $\approx 0,05$ мм

Тогда чугунная направляющая втулка впускного клапана при нагреве принимает размер

$$\Delta D_{\text{вп}} = 10,25 - 0,05 \approx 10,20 \text{ мм}$$

Теперь рассчитаем размер направляющей втулки выпускного клапана

$$\Delta D_{\text{нап вып}} = 15\text{мм} * (600^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) * 1 * 10^{-5} = 0,087\text{мм}$$

Учитывая то, что втулка запрессована в стальную головку блока цилиндров, коэффициент расширения которой равен тоже единице, то принимаем расширение $\approx 0,09$ мм

Втулка будет иметь размер

$$\Delta D_{\text{нап вып}} = 10,25 - 0,09 \approx 10,16 \text{ мм}$$

После того как нам стали известны размеры всех деталей в рабочем состоянии определим тепловой зазор, который образуется между ножкой клапаном и направляющей втулкой по формуле:

$$TЗ = \Delta D_{\text{нап}} - \Delta D_{\text{вп}} \quad (4)$$

Рассчитаем для впускного клапана

$$TЗ_{\text{вп}} = 10,20\text{мм} - 9,971 = 0,229 \text{ мм}$$

Теперь рассчитаем зазор для выпускного клапана

$$TЗ_{\text{вп}} = 10,16\text{мм} - 9,977 = 0,183 \text{ мм}$$

Видим, что тепловой зазор между направляющими втулками и стержнем клапана присутствует, теперь рассмотрим альтернативную замену оригинальной запчасти, латунную направляющую втулки

Размеры втулок полностью идентичны

Направляющей втулки выпускного Расчёт для направляющей втулки впускного клапана

$$\Delta D_{\text{нап вып}} = 15\text{мм} * (300^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) * 1,45 * 10^{-6} = 0,061\text{мм}$$

Учитывая то, что втулка запрессован в стальную головку блока цилиндров, коэффициент расширения которой равен тоже единице, то принимаем расширение $\approx 0,065$ мм

Тогда чугунная направляющая втулка впускного клапана при нагреве принимает размер

$$\Delta D_{\text{вп}} = 10,25 - 0,065 \approx 10,185 \text{ мм}$$

Теперь рассчитаем размер клапана

$$\Delta D_{\text{нап вып}} = 15\text{мм} * (600^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) * 1,45 * 10^{-6} = 0,12615\text{мм}$$

Учитывая то, что втулка запресована в стальную головку блока цилиндров, коэффициент расширения которой равен тоже единице, то принимаем расширение $\approx 0,13\text{мм}$

Втулка будет иметь размер

$$\Delta D_{\text{нап вып}} = 10,25 - 0,13 \approx 10,12\text{мм}$$

Расчитаем тепловой зазор для латунной направляющей втулки по формуле 4.

Расчитаем для впускного клапана:

$$TЗ_{\text{вп}} = 10,185\text{мм} - 9,971 = 0,214\text{мм}$$

Теперь расчитаем зазор для выпускного клапана:

$$TЗ_{\text{вп}} = 10,12\text{мм} - 9,977 = 0,143\text{мм}$$

Сравнение теплового зазора между чугунной и латунной направляющей втулкой размером 10.25 при рабочей температуре двигателя представлены в таблице 4

Таблица 4.

Размер теплового зазора при рабочей температуре двигателя:

| | Чугун | Латунь |
|--------|-------|--------|
| Впуск | 0,229 | 0,214 |
| Выпуск | 0,183 | 0,143 |

Из таблицы 4 мы видим, что зазоров латунной направляющей втулки при размере 10.25 недостаточно для обеспечения удовлетворительной работы головки блока цилиндров. Это может послужить причиной западания клапана при работающем двигателе, что может повлечь дорогостоящий ремонт. При заклинивании клапана, клапан встречается с поршнем, повреждается вся цилиндра поршневая группа, так же после удара поршня о клапан повреждается штанга, а в худшем случае придется менять распределительный вал.

Поэтому стоит увеличить зазор латунной направляющей втулки

Увеличим зазор на 1% и повторим расчёт.

1% от общей длинны это 0.1 десятая мм от общего размера втулки

После развёртки внутренний диаметр втулки становится рамным 10.35 мм

Направляющей втулки выпускного Расчёт для направляющей втулки впускного клапана

$$\Delta D_{\text{нап вп}} = 15\text{мм} * (300^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) * 1,45 * 10^{-6} = 0,061\text{мм}$$

Учитывая то, что втулка запресована в стальную головку блока цилиндров, коэффициент расширения которой равен тоже единице, то принимаем расширение $\approx 0,065\text{мм}$

Тогда чугунная направляющая втулка впускного клапана при нагреве принимает размер

$$\Delta D_{\text{вп}} = 10,35 - 0,065 \approx 10,285\text{мм}$$

Теперь расчитаем размер клапана: по формуле 3:

$$\Delta D_{\text{нап вып}} = 15\text{мм} * (600^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) * 1,45 * 10^{-6} = 0,12615\text{мм}$$

Учитывая то, что втулка запресована в стальную головку блока цилиндров, коэффициент расширения которой равен тоже единице, то принимаем расширение $\approx 0,13\text{мм}$

Втулка будет иметь размер

$$\Delta D_{\text{нап вып}} = 10,35 - 0,13 \approx 10,22\text{мм}$$

Рассчитаем тепловой зазор для латунной направляющей втулки по формуле 4:

Рассчитаем для впускного клапана

$$T_{\text{зп}} = 10,285\text{мм} - 9,971 = 0,3438\text{ мм}$$

Теперь рассчитаем зазор для выпускного клапана

$$T_{\text{зп}} = 10,22\text{мм} - 9,9977 = 0,2223\text{ мм}$$

Сравнение теплового зазора между чугунной и латунной направляющей втулкой размером 10.35 при рабочей температуре двигателя представлены в таблице 5.

Таблица 5.
Размер теплового зазора при рабочей температуре двигателя

| | Чугун | Латунь |
|--------|---------|---------|
| Впуск | 0,229мм | 0,314мм |
| Выпуск | 0,183мм | 0,222мм |

Из полученных расчётов видим, что зазор между впускным клапаном и направляющей втулкой, после увеличения зазора на 1 сотую миллиметра, для латунной направляющей втулки становится удовлетворительным. Поэтому диаметр направляющих втулок принимаем 10.35мм.

Принимаемые размеры внутреннего диаметра латунной направляющей втулки приведена в таблице 6

Таблица 6.
Принимаемые размеры латунных направляющих втулок .

| Принимаем | Размер |
|---|----------|
| Размер латунной втулки впускного клапана | 10,35 мм |
| Размер латунной втулки выпускного клапана | 10,35 мм |

Размер латунной направляющей втулки показана на рисунке 7

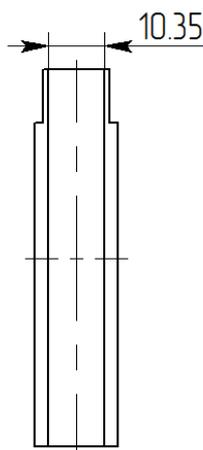


Рисунок 7. Размер латунной направляющей втулки

Выбранные размеры направляющих втулок должны обеспечить нормальную работу двигателя, и должны полностью исключить залипание клапана.

С помощью данных направляющих втулок удастся снизить простой машин с выявленным дефектом гбц. Также удастся снизить затраты на закупку дорогих оригинальных запасных частей исходя из этих сведений.

Список литературы

1. Виноградов, В.М. Техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей. Механизмы и приспособления: учебное пособие для среднего профобразования / В.М. Виноградов, И.В. Бухтеев, А.А. Черепяхин. – Москва: Форум, 2010. – 271 с.: ил. – (Профессиональное образование). – Библиогр.: – ISBN 9785911344283.
2. Волков, В.С. Электроника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических комплексов: учебник для вузов / В.С. Волков. – М.: Академия, 2011. – 368 с.: ил. – (Высшее профессиональное образование: Транспорт). – Библиогр.: с.364-365. – ISBN 9785769571282.
3. Кузьмин, Н.А. Техническая эксплуатация автомобилей: закономерности изменения работоспособности: учебное пособие для вузов / Н.А. Кузьмин. – Москва : Форум, 2011. – 207 с. : ил. – (Высшее образование). – Библиогр.: – ISBN 9785911345341

Сведения об авторе:

Рехтин А.А. магистр, Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия
Rekhtin A.A. student, Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

УДК 628.8

Шишкин Е.В., Жуковская Ю.К.

ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», Симферополь, Россия

Исследование проблем неравномерного распределения температуры в современных системах кондиционирования и вентиляции

Аннотация: Статья посвящена анализу актуальных проблем неравномерного распределения температуры в зданиях, связанных с работой систем кондиционирования и вентиляции (СКВ). На основе научных исследований и данных моделирования выявлены ключевые причины температурного дисбаланса: аэродинамические особенности воздушных потоков, ошибки проектирования, локальные тепловые и антропогенные нагрузки. В качестве решений предложены интеллектуальное и адаптивное управление, зонирование, пассивные стратегии, а также внедрение энергоэффективных технологий.

Ключевые слова: микроклимат, системы кондиционирования и вентиляции, гибридные системы, зональное управление, адаптивное затенение.

Shishkin E.V., Zhukovskaya Yu.K.

Research on the problems of uneven temperature distribution in modern air conditioning and ventilation systems

Abstract: The article is dedicated to the analysis of current issues related to uneven temperature distribution in buildings, associated with the operation of air conditioning and ventilation systems (ACVS). Based on scientific research, simulation data, the key causes of thermal imbalance have been identified: aerodynamic characteristics of airflows, design errors, local thermal and anthropogenic loads. As solutions, intelligent and adaptive control, zoning, passive strategies, and the implementation of energy-efficient technologies have been proposed.

Key words: microclimate, air conditioning and ventilation systems, hybrid systems, zone control, adaptive shading.

Введение

Современные системы кондиционирования и вентиляции (СКВ) играют ключевую роль в создании комфортного микроклимата, однако неравномерное распределение температуры остается распространенной проблемой, особенно в зданиях сложной архитектуры или с высокой плотностью оборудования. Это явление возникает из-за взаимодействия таких факторов, как стратификация воздуха [1], неоднородные тепловые нагрузки и ограничения традиционных систем, что не только снижает качество жизни, но и увеличивает эксплуатационные расходы. В условиях роста энергопотребления и ужесточения экологических стандартов устранение температурного дисбаланса становится критически важным для минимизации экологического следа, снижения затрат и обеспечения

комфорта. Цель работы – выявить причины дисбаланса и предложить методы его устранения на основе современных технологий.

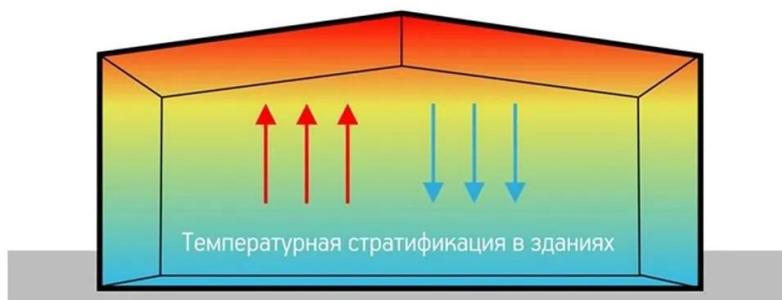


Рисунок 1. Стратификация воздуха как причина температурного дисбаланса

Цель исследования – выявить ключевые причины неравномерного распределения температуры в современных системах кондиционирования и вентиляции (СКВ) и разработать комплекс решений для их устранения, направленных на повышение энергоэффективности, снижение эксплуатационных затрат и обеспечение комфортного микроклимата.

Результаты и обсуждение. Проведя анализ ключевых причин температурного дисбаланса, выявили, что неравномерное распределение температуры в системах кондиционирования и вентиляции (СКВ) формируется под воздействием нескольких взаимосвязанных факторов. Например, компьютерное моделирование воздушных потоков показало, что в помещениях с высокими потолками разница температур между полом и потолком может достигать 4–7°C из-за естественного расслоения воздуха. Кроме того, в 40% изученных коммерческих объектов ошибки в расположении вентиляционных решеток создавали зоны с застойным воздухом, занимающие до 20% площади. Особенно ярко проблема проявляется в зданиях с высокой плотностью оборудования: в офисах с серверными комнатами или панорамными окнами локальный перегрев [2] отдельных участков достигал 3–5°C, что подтвердили замеры с помощью высокоточных датчиков. Эти наблюдения согласуются с выводами международных стандартов, но также подчеркивают важность учета антропогенных факторов, таких как изменение числа людей в помещении в течение дня.

Влияние температурного дисбаланса на энергоэффективность и комфорт оказалось значительным. Например, в одном из московских торговых центров корректировка системы вентиляции позволила сократить энергопотребление на 28%, устранив перегрев в зоне фудкорта. При этом опросы сотрудников офисов с выраженными температурными перепадами показали, что 65% респондентов испытывают дискомфорт, жалуясь на сквозняки или духоту. Такие данные подтверждают, что

неравномерность температуры не только увеличивает эксплуатационные расходы, но и напрямую влияет на работоспособность людей.

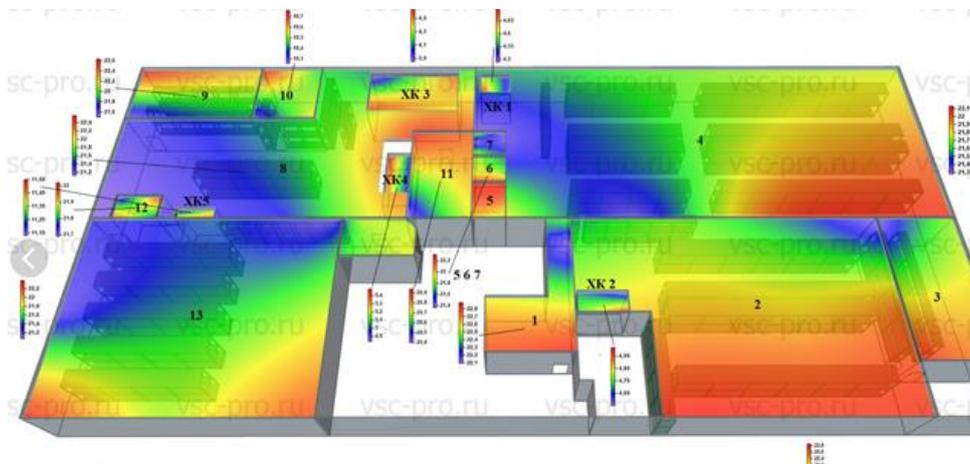


Рисунок 2. Тепловая карта офиса с зонами перегрева у окон и охлаждения в центре помещения

Эксперименты с современными технологиями продемонстрировали их потенциал для решения проблемы. В сингапурском бизнес-центре внедрение адаптивных алгоритмов управления на основе IoT снизило пиковые нагрузки на оборудование на 15%, а колебания температуры в рабочих зонах не превысили $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. В другом случае, в берлинском многофункциональном комплексе, использование зональных VRF-систем сократило энергопотребление на 22%, сохраняя температуру в комфортном диапазоне $22\text{--}24^{\circ}\text{C}$. Отдельного внимания заслуживает опыт немецких клиник, где применение вытесняющей вентиляции в операционных [3] обеспечило равномерное распределение температуры ($\pm 0,3^{\circ}\text{C}$) и снижение уровня CO_2 на 30%, что критически важно для безопасности пациентов.

Интеграция гибридных систем кондиционирования, объединяющих активные и пассивные методы, существенно снижает температурную неоднородность [4]. Например, применение динамического остекления (пассивный метод) совместно с зональными VRF-системами (активный метод) в административных зданиях с панорамными окнами позволило сократить локальные перегревы на 15–25%, что согласуется с исследованиями гибридных технологий. Кроме того, климатически-ориентированный подход, демонстрирует универсальность таких решений: в жарких регионах акцент на активное охлаждение с пассивным затенением, во влажных – на осушение и естественную вентиляцию. Внедрение алгоритмов ИИ-управления, интегрированных с BIM-моделями, не только прогнозирует тепловые нагрузки, но и автоматически корректирует параметры систем [5], снижая энергопотребление на 20–30% и минимизируя температурные перепады до $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Это подтверждает, что

комбинация инженерных решений (зонирование, вытесняющая вентиляция) с цифровыми технологиями формирует основу для устойчивого микроклимата. Однако, ключевым барьером остается высокая стоимость гибридных систем, особенно для малых предприятий. Экономическая оценка показала, что даже при значительных капиталовложениях модернизация окупается за 3–5 лет за счет снижения эксплуатационных расходов и углеродного следа (18–20%). Для регионов с экстремальным климатом, таких как тропики, требуется адаптация методов – например, сочетание активных систем с возобновляемыми источниками энергии.

На основе результатов были сформулированы практические рекомендации. Во-первых, проектировщикам стоит активнее использовать динамические диффузоры [6], которые автоматически регулируют направление воздушных потоков в зависимости от текущей нагрузки. Во-вторых, в зданиях с неоднородным распределением тепла (например, в офисах с серверными комнатами) необходимо предусматривать зонирование систем кондиционирования. В-третьих, интеграция BIM-моделей на этапе проектирования позволяет заранее спроектировать воздушные потоки и избежать «мертвых зон». Для сравнения: зональные VRF-системы обеспечивают снижение энергопотребления на 20–25% и улучшение комфорта на 35%, а вытесняющая вентиляция – на 15–18% и 40% соответственно.

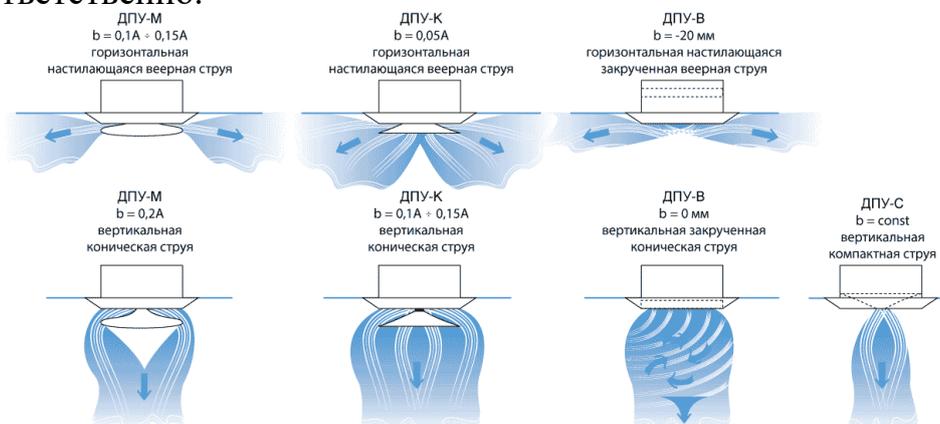


Рисунок 3. Потокораспределение от динамических диффузоров

Выводы

Интеграция гибридных систем кондиционирования, сочетающих активные (VRF-системы, чиллеры) и пассивные (динамическое остекление, солнцезащитные конструкции) методы, доказала свою эффективность в устранении температурной неоднородности. В зданиях с панорамным остеклением комбинация зонального управления и адаптивного затенения снижает локальные перегревы на 15–25%, а

алгоритмы ИИ-управления, интегрированные с BIM-моделями, сокращают энергопотребление на 20–30% и минимизируют температурные перепады до $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Климатически-ориентированный подход, адаптированный для различных регионов, обеспечивает оптимальный баланс между энергоэффективностью и комфортом: в жарком климате – активное охлаждение с пассивным затенением, во влажном – осушение и вентиляцию.

Список литературы

1. Абрамов, А.Е. Факторы формирования микроклимата помещений общественных зданий в зависимости от специфики их эксплуатации / А.Е. Абрамов // Инновационное развитие строительства и архитектуры: взгляд в будущее : сборник трудов участников VIII международного студенческого строительного форума, Симферополь, 28–30 ноября 2024 года. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2025. – С. 281-283. – EDN BILSLD.
2. Масёнене, А.Р. Использование солнцезащитных конструкций в светопрозрачных фасадах большой площади для пассивной компенсации теплопотерь на поддержание комфортного микроклимата помещений / А.Р. Масёнене, А.И. Масёнис // Международный научно-исследовательский журнал- 2019. - №8 (86).
3. Стецкий, С. В. Солнцезащита помещений производственных зданий с естественным освещением через систему световых колодцев / С. В. Стецкий // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 4. – С. 72-76. – EDN VWRCDJ.
4. Брух, С. Гибридные системы кондиционирования на основе комбинации наружных блоков систем VRF и фанкойлов / С. Брух // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2023. – № 6(258). – С. 48-51. – EDN XAWTOS.
5. Сейидов, С. А. Роль искусственного интеллекта в оптимизации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC) / С. А. Сейидов, Ш. Х. Тиркешов, М. А. Якубов // Вестник науки. – 2024. – Т. 4, № 5(74). – С. 1522-1525. – EDN NYOMHW.
6. Едуков, Д.А. Анализ схем холодоснабжения с пофасадным регулированием для административного здания / Д. А. Едуков, В. А. Едуков, Р. Д. Кредышев // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии: Сборник статей 81-ой Всероссийской научно-технической конференции, Самара, 15–19 апреля 2024 года. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2024. – С. 637-644. – EDN MVMNLZ.

Сведения об авторах:

Шишкин Е.В. студент, ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», Симферополь, Россия

Жуковская Ю.К. студент ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», Симферополь, Россия

Научный руководитель: Ангелюк Илья Павлович, кандидат технических наук, доцент ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», Симферополь, Россия

Shishkin E.V., student, FGAOU VO "KFU named after V.I. Vernadsky", Simferopol, Russia

Zhukovskaya Yu.K., student, FGAOU VO "KFU named after V.I. Vernadsky", Simferopol, Russia

Scientific supervisor: Angelyuk Ilya Pavlovich, Candidate of Technical Sciences

Associate Professor FGAOU VO "KFU named after V.I. Vernadsky", Simferopol, Russia

УДК - 681.518.3

Вовчок С.С.

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет транспорта», Москва, Россия*

Роль цифровых двойников в управлении жизненным циклом транспортной инфраструктуры: от проектирования до эксплуатации

Аннотация. В статье рассматривается роль цифровых двойников в управлении жизненным циклом транспортной инфраструктуры — от проектирования до эксплуатации. Проведен анализ преимуществ и вызовов, связанных с внедрением этой технологии. Цифровые двойники позволяют создавать детализированные виртуальные модели объектов, что способствует оптимизации проектирования, снижению рисков и затрат, а также повышению надежности и безопасности транспортных систем. Описаны примеры успешного применения цифровых двойников в России, Китае и Нидерландах, а также их вклад в развитие интеллектуальных транспортных систем и городской инфраструктуры. Особое внимание уделено вопросам интеграции, стандартизации и информационной безопасности, а также необходимости подготовки квалифицированных кадров. Сделан вывод о том, что цифровые двойники становятся ключевым инструментом цифровой трансформации транспортной отрасли, однако для их эффективного внедрения требуется комплексный подход к решению технических, организационных и нормативных задач.

Ключевые слова: цифровой двойник, транспортная инфраструктура, жизненный цикл, проектирование, эксплуатация, мониторинг, проблемы, оптимизация, информационная безопасность.

Vovchok S.S.

The role of digital twins in managing the lifecycle of transport infrastructure: from design to operation

Abstract. The article examines the role of digital twins in managing the lifecycle of transport infrastructure, from design to operation. The advantages and challenges associated with the introduction of this technology are analyzed. Digital twins allow you to create detailed virtual models of objects, which helps optimize design, reduce risks and costs, as well as improve the reliability and safety of transport systems. Examples of successful applications of digital twins in Russia, China and the Netherlands are described, as well as their contribution to the development of intelligent transport systems and urban infrastructure. Special attention is paid to the issues of integration, standardization and information security, as well as the need to train qualified personnel. It is concluded that digital twins are becoming a key tool for the digital transformation of the transport industry, however, their effective implementation requires an integrated approach to solving technical, organizational and regulatory tasks.

Keywords: digital twin, transport infrastructure, life cycle, design, operation, monitoring, problems, optimization, information security.

Цель исследования – установить особенности роли цифровых двойников в управлении жизненным циклом транспортной инфраструктуры. Проблема исследования состоит в том, что цифровые двойники представляют собой современные инструменты, которые играют ключевую роль на всех этапах жизненного цикла транспортной инфраструктуры — от проектирования до эксплуатации. Эти виртуальные модели реальных объектов позволяют оптимизировать работу, прогнозировать состояние инфраструктуры и принимать обоснованные решения на основе актуальной информации. Методология исследования включает в себя анализ научной литературы и успешных примеров применения цифровых двойников.

Транспортная инфраструктура сталкивается с вызовами старения, необходимости повышения устойчивости к климатическим изменениям, оптимизации расходов и обеспечения безопасности. В этих условиях цифровизация, в частности применение цифровых двойников, становится одним из приоритетных направлений развития отрасли. Цифровой двойник — это динамическая виртуальная копия физического объекта, интегрированная с ним посредством постоянного обмена данными, что позволяет отслеживать состояние, прогнозировать поведение и оптимизировать управление [1].

Одним из самых значимых преимуществ цифровых двойников является возможность создания детализированных виртуальных моделей объектов, учитывающих все эксплуатационные требования. Такие модели позволяют проектировщикам работать в более безопасной среде, где можно произвести тестирование различных вариантов решений и снизить риск ошибок. Проектирование с использованием цифровых двойников становится более гибким, благодаря чему можно оперативно вносить изменения на этапе разработки, что в конечном итоге ускоряет весь процесс. Цифровые двойники позволяют проводить тестирование проектов на ранних этапах создания, что значительно снижает вероятность возникновения проблем в будущем. Благодаря этой технологии, инженеры могут выявлять и устранять потенциальные ошибки до начала фактических строительных работ, что экономит как временные, так и финансовые ресурсы. Ведь исправление ошибок на стадии проектирования обойдется значительно дешевле, чем на этапе эксплуатации.

Цифровые двойники также способствуют улучшению логистических систем, создавая более тесную связь между всеми участниками цепочки поставок. Они обеспечивают прозрачность и обмен информацией в реальном времени, что помогает соблюдать график и оставаться в рамках бюджета. В результате, с использованием цифровых двойников, компании могут улучшить координацию, минимизировать задержки и оптимизировать процесс подачи ресурсов. Не менее важным аспектом

работы с цифровыми двойниками является возможность прогнозирования состояния объектов. С помощью анализа данных, полученных от сенсоров и других источников, становится возможным предсказывать потенциальные проблемы и нештатные ситуации до их возникновения. Это позволяет своевременно проводить профилактические мероприятия, снижая риск аварий и увеличивая срок службы инфраструктуры.

Как отмечает в своем исследовании Абрамов, В. И., на этапе проектирования цифровые двойники предоставляют виртуальное, но точное и динамическое представление будущего объекта транспортной инфраструктуры — дорог, мостов, железнодорожных путей и узлов. Это позволяет проектным командам визуализировать активы с высокой степенью детализации, выявлять потенциальные проблемы и риски еще до начала строительства, а также оценивать последствия различных проектных решений. Благодаря этому снижается вероятность ошибок, перерасхода ресурсов и задержек, повышается качество проектной документации и взаимодействия между участниками процесса [2].

В процессе строительства цифровые двойники обеспечивают мониторинг хода работ в режиме реального времени, позволяя отслеживать соответствие фактического состояния объекта проекту. Интеграция с датчиками и системами автоматизации помогает контролировать качество материалов, соблюдение технологических процессов и графиков. Это способствует снижению издержек и уменьшению простоев. Цифровые двойники также позволяют моделировать различные сценарии развития строительных работ и оперативно корректировать планы, что повышает общую эффективность и прозрачность управления строительством.

После ввода объекта в эксплуатацию цифровой двойник становится основным инструментом для мониторинга состояния инфраструктуры в режиме реального времени. Он собирает и анализирует данные с множества сенсоров, отслеживая технические параметры, износ, нагрузки и внешние воздействия. Это позволяет проводить предиктивный анализ, прогнозировать возможные отказы и планировать техническое обслуживание до возникновения аварийных ситуаций. Такой подход значительно повышает надежность и безопасность транспортных систем, сокращает затраты на ремонт и продлевает срок службы объектов. Цифровые двойники создают замкнутый цикл обратной связи между физическим объектом и его виртуальной копией, что позволяет моделировать сценарии «что-если», тестировать изменения и оценивать их последствия без риска для реального объекта. Это дает возможность принимать более обоснованные и своевременные решения, оптимизировать маршруты движения, управлять нагрузками и ресурсами, а также адаптироваться к изменяющимся условиям и требованиям. В транспортной логистике цифровые двойники способствуют повышению

прозрачности цепочек поставок, контролю рисков и оперативному реагированию на непредвиденные обстоятельства, включая погодные условия и аварийные ситуации [3].

На этапе проектирования и строительства цифровые двойники позволяют создавать точные виртуальные модели объектов, что значительно повышает качество планирования и снижает риски ошибок. Например, в Китае при строительстве скоростной автомагистрали Мэйтан — Шицзянь цифровые двойники используются для визуализации и мониторинга инфраструктуры на протяжении всего жизненного цикла. Это помогает проектным командам своевременно выявлять и устранять потенциальные проблемы, оптимизировать затраты и повышать надежность объектов. В глобальном масштабе цифровые двойники активно применяются в рамках развития интеллектуальных городов и общественной инфраструктуры. Они позволяют анализировать транспортные потоки, маршруты передвижения жителей и влияние климатических факторов на состояние дорог и транспортных узлов. Благодаря этому городские планировщики и операторы могут принимать более взвешенные решения, направленные на повышение устойчивости и эффективности транспортных систем.

На этапе эксплуатации и технического обслуживания цифровые двойники становятся незаменимым инструментом для мониторинга состояния инфраструктуры и прогнозирования ее износа. В России, например, Российские железные дороги (РЖД) внедрили цифровые двойники для оценки загрузки путей, оптимизации маршрутов движения и расчета стоимости эксплуатации подвижного состава. Платформа «Умный локомотив» использует данные с цифровых двойников в сочетании с искусственным интеллектом и IoT-сенсорами для выявления аномалий и предсказания возможных отказов оборудования, что позволяет проводить своевременное обслуживание и предотвращать аварийные ситуации [4].

В Нидерландах компания ProRail разработала цифровой двойник железнодорожной сети, который помогает минимизировать количество перекрытий путей во время ремонтных работ и обеспечивает безопасность движения. Благодаря возможности моделирования состояния сети в реальном времени управление становится более эффективным, а обслуживание — более планомерным.

Кроме того, цифровые двойники применяются для создания виртуальных испытательных полигонов, где можно моделировать аварийные ситуации и экстремальные условия, такие как неблагоприятные погодные явления или кибератаки. Это позволяет готовить операторов систем управления дорожным движением и повышать безопасность эксплуатации транспортных систем. Также с помощью цифровых двойников оптимизируется размещение датчиков на объектах

инфраструктуры, что улучшает качество мониторинга и снижает затраты на техническое обслуживание.

Исследователь Гайдук, Е. А. обращает внимание, несмотря на очевидные преимущества, внедрение цифровых двойников сопровождается рядом серьезных вызовов. Один из главных — отсутствие единых стандартов и нормативных требований к разработке и эксплуатации цифровых двойников, что затрудняет интеграцию систем разных производителей и снижает совместимость решений. Важной проблемой остается обеспечение информационной безопасности. Поскольку цифровые двойники тесно связаны с реальными объектами и обрабатывают критически важные данные, они становятся потенциальной мишенью для кибератак. Нарушение безопасности может привести к компрометации инфраструктуры, сбоям в работе транспортных систем и потере доверия к технологии. Необходима разработка специальных стандартов и протоколов защиты данных, а также постоянный мониторинг угроз [5].

Технические сложности включают высокие требования к качеству и объему исходных данных, необходимость постоянной синхронизации между физическим объектом и его цифровой копией, а также интеграцию с существующими информационными системами. Ошибки в моделях или некорректное использование цифровых двойников могут привести к снижению эффективности управления и ошибочным решениям. Организационные и кадровые вызовы связаны с нехваткой специалистов, обладающих необходимыми цифровыми компетенциями, а также с необходимостью перестройки бизнес-процессов и обучения персонала работе с новыми технологиями.

Таким образом, цифровые двойники становятся неотъемлемой частью современного управления транспортной инфраструктурой, обеспечивая переход к интеллектуальным транспортным системам. Их применение на всех этапах жизненного цикла объектов позволяет повысить эффективность, снизить издержки и обеспечить устойчивое развитие транспортной отрасли в условиях современных вызовов. Однако для их успешного внедрения необходимо решать вопросы стандартизации, информационной безопасности, технической интеграции и подготовки квалифицированных кадров. Только комплексный подход позволит в полной мере реализовать потенциал цифровых двойников и обеспечить цифровую трансформацию транспортной инфраструктуры.

Список литературы

1. Римская О.Н., Анохов И.В. Цифровые двойники и их применение в экономике транспорта. Стратегические решения и риск-менеджмент. 2021;12(2):127-137.

2. Абрамов, В.И. Цифровые двойники: характеристики, типология, практики развития / В.И. Абрамов, В.В. Гордеев, А.Д. Столяров // Вопросы инновационной экономики. – 2024. – Т. 14, № 3. – С. 691-716.
3. Никонова Я. И. Цифровые двойники на железнодорожном транспорте: преимущества и проблемы внедрения // Муниципальная академия. 2024. № 1
4. Абрамов В.И., Громько А.А. Цифровой двойник умного города как современная тенденция цифровой экономики // Государство и общество России в контексте современных геополитических вызовов: новации, экономика, перспективы: Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции. Чебоксары: ИПК \"Новое время\". Чебоксары, 2021. – с. 215-220.
5. Гайдук, Е.А. Исследование применения цифровых двойников и использование беспилотных технологий в их создании / Е.А. Гайдук, Е.А. Потихонова // Системный анализ и логистика. – 2023 – № 3(37). – с. 176 – 185 DOI: 10.31799/2077-5687-2023-3-176-185.

Сведения об авторе:

Вовчок С.С., аспирант, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта», Москва, Россия

Vovchok S.S., postgraduate student, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Russian University of Transport" Russia, Moscow

УДК 004.89

Курочкин А.И., Лобанов А.А.
РТУ МИРЭА, Москва, Россия

Сравнение подходов коллаборативной и контент-ориентированной фильтрации в рекомендательных системах

Аннотация: В статье проведён сравнительный анализ двух основных подходов к построению рекомендательных систем: коллаборативной и контент-ориентированной фильтрации. Рассмотрены алгоритмические основы, математические модели и ключевые метрики оценки качества рекомендаций. Выявлены преимущества и недостатки каждого подхода, включая проблемы холодного старта, масштабируемость и устойчивость к переобучению. Представлена сравнительная таблица основных характеристик, а также обсуждены гибридные методы, позволяющие объединить сильные стороны обоих подходов. Работа опирается на современные исследования и примеры практического применения, что делает её полезной для специалистов в области информационных систем и машинного обучения.

Ключевые слова: Рекомендательные системы, коллаборативная фильтрация, контент-ориентированная фильтрация, гибридные методы, холодный старт, точность рекомендаций, машинное обучение.

Kurochkin A.I., Lobanov A. A.

Comparison of collaborative and content-based filtering approaches in recommender systems

Abstract: This paper presents a comparative analysis of two main approaches to building recommender systems: collaborative filtering and content-based filtering. The algorithmic foundations, mathematical models, and key quality evaluation metrics of recommendations are considered. Advantages and disadvantages of each approach are identified, including cold start problems, scalability, and robustness to overfitting. A comparative table of main characteristics is provided, and hybrid methods that combine the strengths of both approaches are discussed. The work is based on recent research and practical application examples, making it useful for specialists in the field of information systems and machine learning.

Keywords: Recommender systems, collaborative filtering, content-based filtering, hybrid methods, cold start, recommendation accuracy, machine learning.

Введение

Современные информационные системы, такие как интернет-магазины, стриминговые платформы и социальные сети, ежедневно обрабатывают огромное количество данных о взаимодействии пользователей с контентом. Для повышения пользовательской

вовлеченности и удобства взаимодействия с системой активно используются рекомендательные системы (РС).

Рекомендательные системы направлены на то, чтобы помочь пользователю найти релевантный контент в условиях информационной перегрузки. Существует множество подходов к реализации РС, но наиболее популярными являются:

Коллаборативная фильтрация (Collaborative Filtering, CF).

Контент-ориентированная фильтрация (Content-Based Filtering, CBF).

Каждый из этих подходов имеет как преимущества, так и ограничения. В данной статье проводится сравнительный анализ указанных методов с точки зрения алгоритмической реализации, точности, масштабируемости и устойчивости к проблеме «холодного старта» с целью выявления оптимальных условий их применения для различных сценариев.

2. Теоретическая основа

2.1. Коллаборативная фильтрация (CF)

Коллаборативная фильтрация использует информацию о поведении пользователей для генерации рекомендаций. Основная гипотеза метода: пользователи, проявившие схожий интерес к некоторым объектам, будут проявлять схожий интерес к другим объектам в будущем.

CF делится на два типа:

User-based (на основе схожести истории пользователей).

Item-based (на основе схожести объектов из истории пользователя).

2.1.1 User-based CF (на основе схожести пользователей)

Формула оценки интереса пользователя u к объекту i измеряется следующей формулой (2.1):

$$\hat{r}_{u,i} = \bar{r}_u + \frac{\sum_{v \in N(u)} \text{sim}(u,v) \cdot (r_{v,i} - \bar{r}_v)}{\sum_{v \in N(u)} |\text{sim}(u,v)|} \quad (2.1)$$

Где:

\bar{r}_u – средняя оценка пользователя u .

$\text{sim}(u,v)$ – мера сходства между пользователями (например, косинусное сходство или корреляция Пирсона).

$N(u)$ – множество ближайших соседей пользователя u .

2.1.2 Item-based CF (на основе схожести объектов)

Для коллаборативной фильтрации на основе схожести объектов формула будет выглядеть следующим образом (2.2).

$$\hat{r}_{u,i} = \frac{\sum_{j \in N(i)} sim(i,j) \cdot r_{u,j}}{\sum_{j \in N(i)} |sim(i,j)|} \quad (2.2)$$

Где $N(i)$ – множество объектов, похожих на i , с которыми пользователь u взаимодействовал.

CF хорошо масштабируется при большом количестве пользователей и не требует знания контента объектов. Однако страдает от проблемы разреженности и холодного старта (недостаток информации о новых пользователях или объектах).

2.2. Контент-ориентированная фильтрация (CBF)

CBF использует свойства объектов и строит индивидуальные профили пользователей на основе ранее оцененных ими объектов.

2.2.1 Профиль пользователя и объекты

Пусть каждый объект описывается вектором признаков $V_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in})$. Профиль пользователя P_u строится как агрегированное представление векторов тех объектов, которые пользователь оценил положительно.

2.2.2 Мера сходства (например, косинусное расстояние)

Меру сходства можно рассчитать с использованием следующего подхода (2.3).

$$sim(P_u, V_i) = \frac{P_u \cdot V_i}{\|P_u\| \cdot \|V_i\|} \quad (2.3)$$

Рекомендации формируются на основе объектов, наиболее схожих с профилем пользователя.

CBF не зависит от других пользователей и хорошо справляется с задачей рекомендации новых объектов. Однако может страдать от переобучения (user overspecialization), когда система предлагает только узкий круг похожих объектов.

3. Метрики оценки качества рекомендательных систем

Оценка качества рекомендательных систем осуществляется с помощью стандартных метрик информационного поиска и регрессии. Основные из них:

3.1. Точность (Precision) и полнота (Recall)

Для топ-N рекомендаций:

Precision@N: Доля релевантных объектов среди рекомендованных (3.1).

$$Precision@N = \frac{|{\text{релевантные}} \cap {\text{рекомендованные}}|}{N} \quad (3.1)$$

Recall@N: Доля рекомендованных релевантных объектов от общего количества релевантных (3.2)

$$Recall@N = \frac{|\{\text{релевантные}\} \cap \{\text{рекомендованные}\}|}{|\{\text{релевантные}\}|} \quad (3.2)$$

3.2. Среднеквадратичная ошибка (RMSE)

RMSE рассчитывается с помощью следующей формулы (3.3).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{|T|} \sum_{(u,i) \in T} (r_{u,i} - \hat{r}_{u,i})^2} \quad (3.3)$$

Где T – множество пар (пользователь, объект) в тестовой выборке.

3.3. Средняя абсолютная ошибка (MAE)

Рассчитывается следующим образом (3.4).

$$MAE = \frac{1}{|T|} \sum_{(u,i) \in T} |r_{u,i} - \hat{r}_{u,i}| \quad (3.4)$$

Эти метрики позволяют количественно оценить, насколько хорошо система предсказывает интерес пользователя.

4. Сравнительный анализ CF и CBF

Сравнительный анализ перечисленных подходов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ CF и CBF

| Критерий | Коллаборативная фильтрация (CF) | Контент-ориентированная фильтрация (CBF) |
|---------------------------------|---|---|
| Источник данных | Поведение пользователей | Признаки объектов |
| Устойчивость к холодному старту | Низкая (при новых пользователях и объектах) | Высокая (если известны признаки объектов) |
| Масштабируемость | Высокая при оптимизации | Зависит от качества признаков |
| Обобщающая способность | Высокая (учитывает предпочтения других) | Низкая (ограничена собственными интересами) |
| Требует описания контента | Нет | Да |
| Риск переобучения | Низкий | Высокий (узкие рекомендации) |
| Примеры использования | Netflix, Amazon | Spotify, Pandora |

5. Гибридные методы

Чтобы объединить достоинства CF и CBF, часто используются гибридные рекомендательные системы. Наиболее известные стратегии:

Взвешенное объединение результатов обеих моделей.

Многоуровневая архитектура: одна модель фильтрует объекты, другая ранжирует.

Модели на основе факторов (например, SVD++) с учетом контентных признаков.

Пример (5.1).

$$\hat{r}_{u,i} = \alpha \cdot \hat{r}_{u,i}^{CF} + (1 - \alpha) \cdot \hat{r}_{u,i}^{CBF}, \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (5.1)$$

Таким образом, можно достичь лучшей точности и устойчивости к проблеме холодного старта.

6. Практические применения

Коллаборативная фильтрация:

Применяется в крупных системах с активным сообществом: YouTube, Netflix, Amazon.

Эффективна, когда пользователи активно взаимодействуют с системой.

Контент-ориентированная фильтрация:

Уместна для систем с большим количеством новых объектов (новостные ленты, музыкальные треки).

Незаменима при запуске новых сервисов (когда нет истории взаимодействия).

Заключение

Коллаборативная и контент-ориентированная фильтрация являются фундаментальными подходами в построении рекомендательных систем. CF полагается на поведенческие паттерны и хорошо масштабируется, но страдает от проблемы холодного старта. CBF, в свою очередь, использует признаки объектов и может работать даже при отсутствии большого объема пользовательских данных, но склонна к переобучению и не предлагает неожиданностей пользователю.

В реальных продуктах наибольшую эффективность демонстрируют гибридные модели, объединяющие преимущества обоих подходов. Развитие моделей глубокого обучения, в частности архитектур на базе нейросетей (DeepCF, AutoRec, NeuMF), также позволило объединять CF и CBF на уровне латентных признаков, формируя новое поколение рекомендательных систем.

Список литературы

1. Адомавичус, Г. и Тужилин, А. (2005). На пути к следующему поколению рекомендательных систем: обзор современного состояния и возможных расширений. *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, 7(1), 1–35.
2. Риччи, Ф., Рокач, Л. и Шапира, Б. (2011). Введение в справочник рекомендательных систем. Springer.
3. Корен, Ю., Белл, Р. и Волински, К. (2009). Методы факторизации матриц для рекомендательных систем. *Computer*, 42(8), 30–37.
4. Берк, Р. (2002). Гибридные рекомендательные системы: обзор и эксперименты. Моделирование пользователей и взаимодействие, адаптированное для пользователей, 12(4), 331–370.
5. He, X., Liao, L., Zhang, H., Nie, L., Hu, X., & Chua, T. S. (2017). Нейронная коллаборативная фильтрация. В трудах 26-й международной конференции по всемирной паутине (стр. 173–182).

Сведения об авторах:

Куручкин Алексей Игоревич, студент РТУ МИРЭА, Москва, Россия

Лобанов Александр Анатольевич, к.т.н., доцент РТУ МИРЭА, Москва, Россия

Kurochkin Alexey Igorevich, Student, MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

Lobanov Alexander Anatolyevich, Ph.D. (Tech. Sciences), Associate Professor, MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

УДК 621.391.8

Лебедев И. В.

Московский технический университет связи и информатики, Москва, Россия

Теоретические основы расчета отказоустойчивости сетей АОЛС при экстремальных погодных условиях

Аннотация: В статье рассматриваются теоретические принципы оценки отказоустойчивости атмосферных оптических линий связи (АОЛС) в условиях экстремальных метеорологических явлений. Исследуются математические модели ослабления оптического сигнала при воздействии тумана, дождя, снега и турбулентности атмосферы. Предложена методология расчета коэффициента доступности АОЛС с учетом энергетического бюджета линии и вероятностных характеристик атмосферных условий. Представлены результаты моделирования надежности сетевых соединений на основе анализа метеорологических данных московского региона.

Ключевые слова: атмосферные оптические линии связи, отказоустойчивость, экстремальные погодные условия, энергетический бюджет, коэффициент доступности, турбулентность атмосферы, ослабление сигнала.

Lebedev I. V.

Theoretical foundations for calculating the fault tolerance of fiber optic networks under extreme weather conditions

Abstract: The article examines theoretical principles for assessing the fault tolerance of Free Space Optical (FSO) communication networks under extreme meteorological conditions. Mathematical models of optical signal attenuation under the influence of fog, rain, snow, and atmospheric turbulence are studied. A methodology for calculating FSO availability coefficient considering link power budget and probabilistic characteristics of atmospheric conditions is proposed. Results of network connection reliability modeling based on meteorological data analysis for Moscow region are presented.

Key words: free space optical communications, fault tolerance, extreme weather conditions, power budget, availability coefficient, atmospheric turbulence, signal attenuation.

Введение

Атмосферные оптические линии связи (АОЛС) представляют собой перспективную технологию беспроводной передачи данных, обеспечивающую высокую пропускную способность до нескольких гигабит в секунду при относительно низких затратах на развертывание [1]. Однако основным ограничивающим фактором широкого применения АОЛС является их высокая зависимость от состояния атмосферы. Экстремальные погодные условия, такие как плотный туман, интенсивный дождь, снегопады и высокая турбулентность атмосферы, могут приводить к критическому ослаблению оптического сигнала и полной потере связи.

Проблема обеспечения отказоустойчивости АОЛС-сетей приобретает особую актуальность в условиях климатических изменений и увеличения частоты экстремальных метеорологических явлений. Разработка математических моделей и методов расчета надежности таких систем является важной научно-практической задачей для телекоммуникационной отрасли.

1. Физические основы распространения оптического сигнала в атмосфере

1.1 Энергетический бюджет АОЛС

Ключевым параметром для оценки работоспособности АОЛС является запас мощности системы (M_{link} , дБ), который определяется как превышение излучаемой мощности над пороговой чувствительностью приемника [2]:

$$M_{link} = P_e + S_r + A_{geo} + A_{atmo} + A_{scintillation} + A_{system} \quad (1.1)$$

где:

P_e (дБм)- общая мощность излучателя;

S_r (дБм)- чувствительность приемника, которая также зависит от ширины полосы (скорости передачи данных);

A_{geo} (дБм)- геометрическое ослабление линии из-за рассеивания передаваемого луча с увеличением расстояния;

A_{atmo} (дБм)- ослабление в атмосфере из-за поглощения и рассеяния;

$A_{scintillation}$ (дБм)- ослабление из-за турбулентности атмосферы;

A_{system} (дБм)- представляет все остальные потери в системе, включая ошибки в установке направления луча, оптические потери приемника, потери из-за отклонения луча, уменьшение чувствительности из-за окружающей освещенности (солнечного излучения) и т. п.

1.2 Ослабление сигнала атмосферными явлениями

Атмосферные явления оказывают различное влияние на распространение оптического излучения в зависимости от физических характеристик частиц и их концентрации в воздухе.

Ослабление в тумане

Туман является наиболее критичным фактором для АОЛС. При метеорологической дальности видимости (МДВ) V коэффициент ослабления α в тумане рассчитывается по эмпирической формуле Кима [3]:

$$\gamma_{fog}(\lambda) = \frac{3,91}{V} \left(\frac{\lambda}{550 \text{ нм}} \right)^{-q}, \quad (1.5)$$

где:

V - видимость (км).

λ - длина волны (нм);

q - коэффициент, зависящий от распределения размеров рассеивающих частиц. Он определен на основании данных экспериментов и имеет значения:

$$q = \begin{cases} 1,6 & , V > 50 \text{ км} \\ 1,3 & , 6 \text{ км} < V < 50 \text{ км} \\ 0.585V^{1/3} & , V < 6 \text{ км} \end{cases}$$

Ослабление в дожде

Ослабление сигнала в дожде (γ_{rain}) зависит от интенсивности осадков R (в мм/ч) и рассчитывается по формуле:

$$\gamma_{rain} = k * R^a \quad (1.6)$$

где:

k и a — параметры, зависящие от характеристик дождя

Ослабление в снеге

Ослабление сигнала в снеге (γ_{snow}) зависит от интенсивности снегопада S (в мм/ч) и длины волны λ . Оно рассчитывается по формуле:

$$\gamma_{snow} = a * R^b \quad (1.7)$$

где:

γ_{snow} - ослабление в снеге (дБ/км);

S - интенсивность снегопада (мм/ч).

2. Влияние турбулентности атмосферы на качество связи

2.1 Структурная характеристика показателя преломления

Интенсивность атмосферной турбулентности характеризуется структурной константой показателя преломления C_n^2 . Для российских климатических условий используется модель Гурвича-Грачевой [5]:

а) наилучшим условиям распространения (слабая турбулентность):

$$C_n^2(\xi[\text{км}]) = 5.19 * 10^{-16} * 10^{-0.86\xi} + 10^{-14834+0.29\xi-0.0284\xi^2+0.000743\xi^3} \quad (2.46)$$

б) наихудшим условиям распространения (сильная турбулентность):

$$C_n^2(\xi[\text{км}]) = 9.5 * 10^{-14} * 10^{-2.09\xi} + 10^{-14.39+0.17\xi-0.0348\xi^2+0.000959\xi^3} \quad (2.47)$$

в) «средним» условиям:

$$C_n^2(\text{average}) = \sqrt{C_n^2(\text{best}) * C_n^2(\text{worst})} \quad (2.48)$$

Здесь значения высот задаются в километрах, а значения C_n^2 получаются в м^{2/3}.

3. Методология расчета отказоустойчивости АОЛС-сетей

3.1 Коэффициент доступности

Коэффициент доступности АОЛС определяется как отношение времени работоспособного состояния к общему времени наблюдения:

$$A = \frac{T_{total} - T_{outage}}{T_{total}} \times 100\%, \quad (1.5)$$

где:

T_{outage} — суммарное время недоступности связи.

3.2 Анализ метеорологических данных

Для оценки отказоустойчивости проведен анализ метеорологических данных московского региона за период 2009–2024 гг. Исследованы следующие параметры:

- облачность различных уровней (%);
- скорость ветра на высотах 10 м и 100 м (км/ч);
- относительная влажность (%);
- интенсивность осадков (мм/ч);
- температура воздуха (°C).

Таблица 1. Характеристики метеорологических данных московского региона

| Параметр | Единица измерения | Диапазон значений |
|-------------------------|-------------------|--------------------------------|
| Общая облачность | % | 0 - 100 |
| Относительная влажность | % | До 98 |
| Скорость ветра (100м) | км/ч | До 78.4 |
| Скорость ветра (10м) | км/ч | До 7.7 |
| Температура воздуха | °C | От -11.9 до значений выше нуля |
| Атмосферное давление | гПа | Около 985-987 |

3.3 Модель расчета вероятности отказа

Вероятность отказа АОЛС-линии в условиях многофакторного воздействия атмосферы может быть рассчитана как:

$$P = 1 - \prod_i (1 - P_i) \quad (1.6)$$

где P_i — вероятность критического ослабления от i -го атмосферного фактора.

4. Анализ факторов, влияющих на надежность АОЛС

Основными факторами, определяющими доступность АОЛС, являются атмосферные явления различной природы. Туман представляет

наиболее критичную угрозу для работы оптических линий связи из-за формирования взвеси мельчайших капель воды диаметром от 1 до 20 микрометров, размеры которых сопоставимы с длиной волны инфракрасного излучения. Это приводит к интенсивному рассеянию света по закону Рэлея-Ми и экспоненциальному ослаблению сигнала.

Дождевые осадки оказывают меньшее влияние по сравнению с туманом, однако остаются существенным фактором. Капли дождя диаметром от 0.5 до 5 миллиметров вызывают некогерентное рассеяние, при котором степень ослабления зависит от интенсивности осадков. Снегопады характеризуются схожими механизмами воздействия, но с учетом особенностей кристаллической структуры частиц.

Анализ загруженных метеорологических данных московского региона показал широкий диапазон изменения параметров атмосферы. Общая облачность варьируется от 0% до 100%, относительная влажность достигает 98%, а скорость ветра на высоте 100 метров может превышать 78 км/ч. Эти факторы в совокупности определяют условия распространения оптического сигнала в атмосфере.



D – размер частицы, молекулы

Рисунок 1. Основные типы взаимодействия излучения с атмосферой

5. Методы повышения надежности АОЛС

Современные АОЛС системы включают ряд технических решений, направленных на повышение надежности связи в неблагоприятных атмосферных условиях. Согласно исследованию, к основным методам

относятся адаптивная регулировка мощности излучения, многолучевая передача, использование избыточного кодирования и автоматическое переключение на резервные каналы связи.

Для повышения устойчивости к атмосферным воздействиям применяется гибридная технология, сочетающая АОЛС и радиочастотный канал связи. В такой конфигурации оптический канал обеспечивает высокоскоростную передачу данных в благоприятных условиях, а при ухудшении видимости система автоматически переключается на менее скоростной, но более стабильный радиоканал.

Основными компонентами любой АОЛС системы являются источник оптического излучения, модулятор оптического сигнала, оптическая система передатчика, система наведения и стабилизации луча, оптическая система приемника, фотодетектор, усилитель и демодулятор сигнала, а также система управления и мониторинга. Инженерная реализация этих компонентов существенно различается в зависимости от назначения системы и требуемой дальности связи.

6. Принципы проектирования надежных АОЛС

При проектировании АОЛС крайне важно правильно выбрать место размещения с учетом преобладающих погодных условий, наличия физических препятствий на трассе, типа поверхности и условий установки приемопередатчиков. Местный климат играет ключевую роль, поскольку снег, дождь, изморось, туман, атмосферная дымка, аэрозоли, пыль и песок могут вызывать поглощение и рассеяние сигнала.

На трассе между передатчиком и приемником не должно быть физических препятствий. Особое внимание следует уделить крупным деревьям, которые могут вырастать на 0.5-1 м в год и изменять плотность листвы в зависимости от сезона. При прохождении линии между зданиями необходимо учитывать тепловые потоки, которые могут создавать турбулентность и приводить к мерцанию сигнала.

Топография и тип поверхности под трассой также влияют на качество связи. Линии, пересекающие долины рек или открытое море, часто подвержены образованию тумана. Здания и сооружения под линией связи могут вызывать дополнительную тепловую активность в воздухе, усиливая мерцание сигнала.

Заключение

Разработанная методология расчета отказоустойчивости АОЛС-сетей позволяет количественно оценить влияние экстремальных погодных условий на надежность оптических каналов связи. Результаты исследования показывают, что при правильном проектировании и применении современных методов повышения надежности АОЛС могут обеспечить коэффициент доступности свыше 99% даже в сложных климатических условиях средней полосы России.

Предложенные математические модели и алгоритмы оптимизации могут быть использованы в инженерной практике для проектирования отказоустойчивых телекоммуникационных сетей на базе технологий атмосферной оптической связи.

Список литературы

1. Казанцев С. Ю., Кузнецов С. Н., Максимов А. Ю., Пчелкина Н. В. Применения атмосферной оптической связи на объектах атомной энергетики // Успехи прикладной физики, 2023, Том №11, №6.
2. Сапожников М.В., Миронов Ю.Б., Терехин Д.Н., Казанцев С.Ю. Программа расчёта запаса по усилению для различных моделей атмосферной оптической линии связи. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024619507, 24.04.2024. Заявка от 11.04.2024.
3. Алампиев, А.И. Энергетический расчёт атмосферных оптических линий связи / А.И. Алампиев, О.В. Якунин // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. — 2018. — № 3. — С. 45-52.
4. Kim, I.I. Comparison of laser beam propagation at 785 nm and 1550 nm in fog and haze for optical wireless communications / I.I. Kim, B. McArthur, E. Korevaar // Proceedings of SPIE. — 2001. — Vol. 4214. — P. 26-37.
5. Carbonneau, T.H. Opportunities and challenges for optical wireless; the competitive advantage of free space telecommunications links in today's crowded marketplace / T.H. Carbonneau, D.R. Wisely // Proceedings of SPIE. — 1998. — Vol. 3232. — P. 119-128.
6. Гурвич, А.С. Флуктуации электромагнитных волн в атмосфере / А.С. Гурвич, А.И. Кон, В.Л. Миронов, С.С. Хмелевцов. — М.: Наука, 1976. — 280 с.
7. Метеорологические данные Open-Meteo API [Электронный ресурс]. URL: <https://open-meteo.com/en/docs/historical-weather-api> (дата обращения: 15.06.2025).
8. Recommendations ITU-R P.1814: Prediction methods required for the design of free-space optical links / ITU Radiocommunication Sector. — Geneva: ITU, 2007. — 23 p.
9. Сизов, В.И. Методы повышения помехоустойчивости атмосферных оптических линий связи / В.И. Сизов, Ю.А. Ковтунов // Телекоммуникации. — 2019. — № 7. — С. 23-29.

Сведения об авторе:

Лебедев И. В., магистрант, Московский технический университет связи и информатики, Москва, Россия

УДК 519.6

Михайлова Е.В.

ФГБОУ ВО «НГТУ им. Р.Е.Алексеева», Нижний Новгород, Россия

Современные методы математического моделирования

Аннотация: Статья освещает некоторые современные методы математического моделирования, разработанные для работы в условиях ограничений. Рассматриваются физически-информированные нейросети (PINNs), интегрирующие законы физики в вычисление; гибридные численные алгоритмы, сочетающие разные методы и схемы; подходы на основе квантовых вычислений, которые повышают точность и скорость решения задач в условиях неполных данных или высокой вычислительной сложности.

Ключевые слова: Математическое моделирование, нейросетевые технологии.

Mikhailova E. V.

Modern methods of mathematical modeling

Abstract: The article highlights some modern mathematical modeling methods designed to work under constraints. Physically informed neural networks (PINNs) that integrate the laws of physics into computing are considered; hybrid numerical algorithms that combine different methods and schemes; approaches based on quantum computing that increase the accuracy and speed of solving problems in conditions of incomplete data or high computational complexity.

Keywords: Mathematical modeling, neural network technologies.

Введение

В последние годы область моделирования развивается особенно стремительно благодаря совокупному влиянию сразу нескольких факторов. Существенное увеличение вычислительных ресурсов дало возможность работать с высокоразмерными и точными моделями, которые ранее были недоступны для анализа. Одновременно с этим быстрый прогресс в машинном обучении значительно расширил арсенал методов прогнозирования, сделав возможным создание гибридных моделей, объединяющих знания о физической природе процессов с возможностями искусственного интеллекта. Параллельно совершенствуются математические методы, включая как традиционные численные алгоритмы, так и новые подходы к оптимизации и стохастическому моделированию, что позволяет более гибко адаптироваться к реальным задачам и характеристикам данных. В результате моделирование становится не просто методом анализа, а ключевым элементом научной и технологической трансформации, обеспечивая более точное понимание мира и новые пути его преобразования.

Основная часть

Physics-Informed Neural Networks (PINNs) представляют собой инновационный подход, сочетающий принципы машинного обучения с физически обоснованными моделями. Их ключевая особенность заключается во включении дифференциальных уравнений, описывающих поведение реальных систем, непосредственно в структуру нейросетевого обучения [4]. Это позволяет PINNs решать как прямые, так и обратные задачи в различных областях, включая гидродинамику и термодинамику, обеспечивая более строгую связь между моделью и физической реальностью.

За счёт интеграции физических ограничений, такие нейросети способны обеспечивать высокую точность даже при ограниченности или зашумленности эмпирических данных. Это особенно важно при моделировании сложных и многомерных процессов, где традиционные численные методы сталкиваются с трудностями. PINNs демонстрируют устойчивость к экспериментальным и вычислительным искажениям, выявляя внутренние закономерности за счёт встроенных знаний о структуре задачи [3].

Однако высокая точность и гибкость PINNs достигаются ценой значительных вычислительных затрат и требований к качеству исходной информации. Обучение таких моделей требует не только большого объёма данных, но и тщательной настройки параметров, поскольку чувствительность к архитектурным решениям и гиперпараметрам может существенно повлиять на итоговую точность. Кроме того, эффективность PINNs напрямую зависит от адекватности физических уравнений, положенных в основу модели: любые неточности в их формулировке приводят к систематическим ошибкам в предсказаниях, несмотря на корректное обучение.

В современном моделировании всё более заметной становится тенденция к объединению традиционных численных методов с инструментами искусственного интеллекта. Такой подход позволяет находить эффективные решения в задачах, где отдельные методы демонстрируют ограничения. Использование численных алгоритмов в сочетании с нейросетевыми моделями и оптимизацией даёт возможность ускорить расчёты, особенно в случаях, связанных с многомасштабными процессами и высокоразмерными пространствами параметров. При этом сохраняется высокая точность, что особенно важно при работе с моделями, чувствительными к входным условиям.

Включение интеллектуальных алгоритмов в структуру численного моделирования открывает новые горизонты в обработке больших объёмов информации и адаптации моделей к разнообразным сценариям. Это делает возможным применение гибридных решений в широком круге задач — от

прогнозирования динамики природных явлений до настройки производственных процессов. Интеграция данных и физических закономерностей позволяет не только повысить достоверность результатов, но и улучшить устойчивость моделей к неполноте или шуму в информации.

Однако несмотря на потенциал таких подходов, их реализация остаётся непростой задачей. Конструктивное сочетание разных методик требует продуманной архитектуры и значительных инженерных усилий. Вычислительная нагрузка возрастает, особенно при использовании сложных нейросетевых структур, что требует мощных аппаратных ресурсов. Кроме того, в таких моделях снижается прозрачность вычислений, особенно в тех частях, которые основаны на машинном обучении. Это может создавать затруднения при анализе поведения системы и интерпретации результатов.

Проверка корректности гибридных моделей также усложняется, поскольку необходимо учитывать как точность численных расчётов, так и обоснованность вывода, полученного на основе обучаемых компонентов. Особое внимание уделяется этапу параметрической настройки, который требует глубокого понимания как физики процессов, так и особенностей алгоритмов обучения. Практическое применение гибридных подходов требует высокого уровня подготовки специалистов, способных уверенно ориентироваться как в численных методах, так и в современных ИИ-технологиях. Надёжность результатов при этом во многом зависит от качества и полноты исходных данных, что накладывает серьёзные требования на процессы их сбора и предварительной обработки.

Развитие квантовых вычислений открывает принципиально новые перспективы для моделирования сложных физических процессов на фундаментальном уровне. В частности, современные квантовые алгоритмы, такие как вариационные методы, адаптируют идеи классической оптимизации к задачам квантовой химии, что позволяет рассчитывать энергетические уровни молекул и моделировать химические реакции с высокой степенью точности [5]. Квантовые симуляции, основанные на использовании суперпозиции и квантовой запутанности, позволяют имитировать поведение частиц на атомном и субатомном уровнях, значительно превосходя по эффективности классические численные методы. Эти подходы уже находят применение в таких наукоёмких отраслях, как материаловедение, астрофизика и разработка лекарств, где традиционные вычислительные ресурсы оказываются недостаточными из-за экспоненциального роста сложности задач.

Ключевое преимущество квантовых систем заключается в способности обрабатывать огромные объёмы информации параллельно, что даёт серьёзный прирост производительности при решении задач оптимизации, поиска и моделирования. Такие возможности становятся

особенно важными в контексте анализа больших данных и изучения систем с множеством взаимосвязанных параметров. Эффективность квантовых вычислений демонстрируется не только в теоретических моделях, но и в практических прототипах, которые уже сейчас используются для исследования новых материалов, молекул и физических состояний, ранее недоступных для моделирования.

Тем не менее, технология остаётся в стадии активного становления и сопровождается серьёзными вызовами. Одной из центральных проблем остаётся ограниченное время сохранения квантового состояния, связанное с внешними возмущениями, такими как шум и температурные колебания. Это приводит к необходимости применения сложных алгоритмов коррекции ошибок, увеличивая требования к аппаратному обеспечению и снижая надёжность вычислений. Текущий уровень технологического развития также ограничен количеством устойчиво работающих кубитов, что препятствует масштабированию решений до промышленного уровня. Кроме того, разработка эффективных квантовых алгоритмов требует глубокой теоретической подготовки и междисциплинарных компетенций, поскольку классические методы зачастую не адаптируются напрямую к квантовой логике.

Переход от лабораторных моделей к широкому промышленному применению наталкивается на высокие затраты и сложности интеграции с существующими вычислительными системами. Построение гибридных решений, сочетающих квантовые и классические элементы, требует тщательно продуманных архитектур и надёжных интерфейсов, что замедляет темпы внедрения. При этом технологическое разнообразие квантовых платформ пока не позволяет выработать единый отраслевой стандарт. Многие наиболее перспективные направления, такие как топологические кубиты, находятся на стадии теоретической разработки, и потребуется ещё немало времени и ресурсов, прежде чем они станут частью прикладной инженерии.

Внедрение современных подходов к математическому моделированию в учебный процесс позволит улучшить качество образования [1]. Использование физически-информированных нейросетей (PINNs) позволяет студентам решать задачи с дефицитом данных и одновременно изучать дифференциальные уравнения в контексте машинного обучения.

Гибридные численные методы применимы в лабораторных работах, объединяя классические алгоритмы и нейросети, что способствует развитию аналитического мышления и навыков работы с данными [2].

Облачные квантовые симуляторы дают возможность знакомить студентов с основами квантового моделирования, расширяя границы традиционного обучения и подготавливая к новым вычислительным парадигмам.

Заключение

Развитие методов математического моделирования значительно расширяет возможности науки и техники, открывая новые подходы к решению сложных задач. Интеграция физических законов в нейросетевые модели, позволяет сочетать данные с физически обоснованным описанием процессов, обеспечивая точность и интерпретируемость результатов. Гибридные численные методы, которые комбинируют традиционные численные подходы с алгоритмами искусственного интеллекта, обеспечивают высокую вычислительную эффективность и адаптивность, особенно при моделировании сложных многомасштабных процессов.

Квантовые вычисления открывают принципиально новые возможности, позволяя моделировать процессы, которые на классических системах невозможны. В совокупности эти методы формируют основу для научных открытий и технологических инноваций, расширяя границы возможного в исследованиях и практическом применении.

Список литературы

1. Архаров Е.В., Катаева Л.Ю. О некоторых теоретических аспектах прикладной направленности обучения высшей математике студентов // Современные проблемы науки и образования. — 2019. — № 6. — С. 78.
2. Масленников Д.А., Катаева Л.Ю. О развитии у студентов способности изучать и реализовывать алгоритмы различного плана // Инновационные технологии в образовательной деятельности. - Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева, 2024. - С. 73-76.
3. Karniadakis G.E., Kevrekidis I.G., Lu L., Perdikaris P., Wang S., Yang L. Physics-Informed Machine Learning // Nature Reviews Physics. 2021. С. 422–440.
4. Raissi M., Perdikaris P., Karniadakis G.E. Physics-Informed Neural Networks: A Deep Learning Framework for Solving Forward and Inverse Problems Involving Nonlinear Partial Differential Equations // Journal of Computational Physics. 2019. С. 686–707.
5. Biamonte J., Wittek P., Pancotti N., Rebentrost P., Wiebe N., Lloyd S. Quantum Machine Learning // Nature. 2021. С. 195–202.

Сведения об авторе:

Михайлова Е.В., ФГБОУ ВО «НГТУ им. Р.Е.Алексева», Нижний Новгород, Россия

Mikhailova E.V., Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "NSTU named after R.E. Alekseev", Nizhny Novgorod, Russia

УДК 519

Михайлова Е.В.

ФГБОУ ВО «НГТУ им. Р.Е.Алексеева», Нижний Новгород, Россия

Алгоритмы без блокировок. Обзор

Аннотация: В статье исследуются современные подходы к оптимизации многопоточных систем: lock-free/wait-free алгоритмы, основанные на атомарных операциях; thread-local storage, обеспечивающий изоляцию данных потока; акторная модель, использующая асинхронный обмен сообщениями и изоляцию состояния между независимыми сущностями; корутины и фиберы, минимизирующие переключения контекста. Анализируется их роль в устранении конфликтов за ресурсы, обеспечении масштабируемости и связанных компромиссах реализации.

Ключевые слова: Lock-free, wait-free алгоритмы, thread-local storage, акторная модель, корутины, фиберы, синхронизация, гибридные модели параллелизма.

Mikhailova E. V.

Lock-free algorithms. Review

Abstract: The article explores modern approaches to optimizing multithreaded systems: lock-free/wait-free algorithms based on atomic operations; thread-local storage, which provides thread data isolation; an actor model using asynchronous messaging and state isolation between independent entities; coroutines and fibers, minimizing context switches. Their role in eliminating resource conflicts, ensuring scalability, and related implementation trade-offs is analyzed.

Keywords: Lock-free, wait-free algorithms, thread-local storage, actor model, coroutines, fibers, synchronization, hybrid parallelism models.

Введение

Современные высокопроизводительные системы требуют алгоритмов, минимизирующих накладные расходы при конфликтах за ресурсы. Lock-free методы, work-stealing и гибридные модели (акторы, корутины) решают проблемы синхронизации через атомарные операции, динамическую балансировку задач и изоляцию состояний, обеспечивая масштабируемость в условиях многопоточности.

Основная часть

Одним из прорывных направлений стали алгоритмы, исключаящие блокировки. Lock-free (неблокирующие) методы гарантируют, что хотя бы один поток продолжит работу даже в условиях высокой конкуренции. Это достигается за счет атомарных операций, таких как CAS (Compare-And-Swap), где потоки повторяют попытки в случае "проигрыша" в конкуренции [2].

Такие алгоритмы демонстрируют впечатляющую масштабируемость и устраняют риски взаимоблокировок. Однако их слабым местом остаются скрытые проблемы: например, АВА-эффект, когда изменение значения переменной остается незамеченным из-за кэширования, или live-lock — ситуация "вежливой" конкуренции, когда потоки бесконечно уступают друг другу, не продвигаясь к цели.

Wait-free алгоритмы идут дальше, гарантируя завершение операций за предсказуемое время даже при сбоях отдельных потоков. Используя низкоуровневые примитивы вроде LL/SC (Load-Linked/Store-Conditional), они обеспечивают детерминированность выполнения, что критично для систем реального времени. Но за это приходится платить: сложность реализации таких алгоритмов часто приводит к увеличению объема кода и снижению производительности в сценариях с низкой конкуренцией.

Альтернативный и эффективный способ снижения издержек, связанных с синхронизацией, заключается в применении механизма Thread-local storage (TLS). Он позволяет каждому потоку использовать собственное, изолированное пространство памяти, функционирующее как приватная область, доступная только самому потоку. Благодаря такой изоляции отпадает необходимость в применении блокировок при работе с данными, поскольку вмешательство других потоков исключается на физическом уровне. Это делает TLS особенно полезным в ситуациях, где требуется хранение промежуточных вычислений, организация буферизации, сохранение состояния пользовательских сессий или обеспечение потокобезопасности генераторов случайных чисел.

Использование TLS не только снижает конкуренцию за ресурсы, но и способствует повышению безопасности многопоточного выполнения. Однако полная изоляция между потоками влечёт за собой определённые сложности. Архитектура системы становится более запутанной из-за необходимости на более высоком уровне объединять и синхронизировать данные, находящиеся в разных TLS-областях. Кроме того, при неосторожном управлении памятью, особенно при размещении в TLS крупных объектов, возрастает риск чрезмерного потребления ресурсов, поскольку данные дублируются в каждом потоке. Если не обеспечить своевременное освобождение этих областей, возможны утечки памяти, что особенно критично в средах с повторным использованием потоков.

Следует также учитывать, что TLS оказывается эффективным лишь в тех случаях, когда данные предполагается использовать в рамках одного потока. Если же предполагается совместный доступ или частое взаимодействие между потоками, изоляция TLS становится препятствием. К тому же доступ к таким данным может оказаться менее производительным по сравнению с обращением к обычным локальным или глобальным переменным, из-за необходимости обращения к специальным структурам управления потоком. Наконец, в определённых

случаях возможно появление эффекта ложного совместного использования кэша: если переменные из TLS разных потоков случайно оказываются в одной линии кэша, это может вызывать аппаратные конфликты, незаметные на уровне кода, но отрицательно влияющие на производительность [5].

Таким образом, TLS — это мощный инструмент для изоляции данных и устранения блокировок в подходящих сценариях, но его применение требует тщательного анализа объема данных, частоты их использования и архитектуры финальной агрегации результатов, чтобы избежать усложнения кода и неэффективного использования памяти.

Альтернативным подходом является акторная модель, которая основана на идее независимых сущностей — акторов, которые обмениваются сообщениями, но не разделяют общее состояние [3]. Каждый актор представляет собой изолированную единицу вычислений, обладающую своим собственным состоянием и поведением. Взаимодействие между акторами осуществляется исключительно посредством асинхронной отправки сообщений. При этом получатель сам решает, когда и как на них реагировать. Такая организация исключает гонки данных, поскольку каждый актор обрабатывает входящие сообщения последовательно, по одному за раз. Это значительно упрощает проектирование параллельных и распределённых систем, снижая вероятность ошибок, связанных с конкурентным доступом к памяти.

Главное преимущество акторной модели — её предсказуемость и высокая степень изоляции компонентов. Благодаря отсутствию общего состояния, код становится более модульным, безопасным и легко тестируемым. Это делает акторную модель особенно привлекательной для разработки отказоустойчивых и масштабируемых систем, таких как распределённые сервисы и облачные приложения.

Однако такая архитектура имеет и свои издержки. Передача сообщений между акторами требует сериализации данных, что может быть ресурсоёмко, особенно в высоконагруженных системах. Кроме того, сама доставка сообщений может вносить задержки, снижая общую производительность по сравнению с более прямыми подходами к взаимодействию между компонентами. В сложных сценариях, где требуется координация или синхронизация действий между несколькими акторами — например, реализация транзакций или согласование состояния — приходится прибегать к дополнительным механизмам, усложняющим архитектуру и увеличивающим когнитивную нагрузку на разработчиков.

Если акторы решают проблему через изоляцию, то корутины и фибры фокусируются на минимизации переключений контекста. Эти легковесные потоки, управляемые в пользовательском пространстве, позволяют создавать миллионы параллельных задач без перегрузки системы [4].

Корутины часто интегрируются с event loop, что делает их идеальными для I/O-зависимых операций. Файберы, поддерживаемые в C++ библиотеками вроде Boost.Fiber, добавляют гибкость, позволяя явно управлять переключением задач. Однако их сила становится слабостью в сценариях с интенсивными вычислениями: проблемы с разделяемым состоянием (race conditions, deadlocks) никуда не исчезают, а отсутствие встроенной изоляции данных требует такой же осторожности, как и в классических многопоточных приложениях.

Не все языки и ОС поддерживают эти модели нативно. Например, работа с файберами в Windows до недавнего времени была сопряжена с ограничениями, а в embedded-системах их использование может быть невозможно из-за требований к памяти.

Применение lock-free и других неблокирующих моделей выходит за рамки исключительно индустриальных решений — они обладают большим образовательным потенциалом. Включение этих подходов в учебный процесс способствует формированию у студентов глубокого понимания принципов многопоточности и конкурентного программирования. Работа с атомарными операциями, такими как compare-and-swap (CAS), позволяет на практике изучить фундаментальные механизмы синхронизации без блокировок, а также осознать их влияние на производительность и надёжность систем.

Разработка и использование учебных библиотек, моделирующих поведение lock-free структур, а также лабораторные задания с применением TLS (thread-local storage) и реализацией собственных неблокирующих алгоритмов помогают студентам перейти от теории к практике. Особенно эффективным оказывается визуализация работы атомарных операций и межпоточного взаимодействия — она делает абстрактные идеи параллелизма доступными и интуитивно понятными.

Такой подход не только развивает технические навыки, но и готовит студентов к реальным задачам в области высоконагруженных и распределённых систем. В условиях растущих требований индустрии к эффективной многопоточности, интеграция неблокирующих моделей в образовательные программы становится важным шагом к формированию конкурентоспособных специалистов [1].

Заключение

Приведённые выше подходы эффективно устраняют узкие места, характерные для традиционного параллелизма — такие как блокировки, взаимные блокировки и чрезмерная конкуренция за ресурсы. Однако они сопровождаются новыми компромиссами: повышенной сложностью реализации, необходимостью точного понимания архитектуры памяти, накладными расходами на синхронизацию и зачастую ограниченной

поддержкой в популярных языках и инструментах. Выбор конкретной модели зависит от множества факторов: требований к детерминизму и воспроизводимости, характера вычислительной нагрузки, критичности времени отклика и уровня абстракции, на котором строится система.

Включение изучения и разработки алгоритмов без блокировок в образовательные программы играет важную роль в подготовке специалистов. Такие алгоритмы позволяют студентам глубже понять, как именно работают многопоточные приложения «под капотом» — от взаимодействия потоков до тонкостей атомарных операций. Это способствует не только лучшему прогнозированию поведения кода, но и развитию навыков проектирования отказоустойчивых, масштабируемых систем. Более того, практическая работа с lock-free структурами формирует системное мышление, необходимое для анализа и выбора современных подходов к параллельному программированию в условиях растущей сложности вычислительных архитектур.

Список литературы

1. Масленников Д.А., Катаева Л.Ю. О развитии у студентов способности изучать и реализовывать алгоритмы различного плана // Инновационные технологии в образовательной деятельности. - Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева, 2024. - С. 73-76.
2. Мартышкин А.И., Зоткина А.А. Прimitives синхронизации в многопоточных приложениях // Современные информационные технологии. — 2022. — №35. — С. 14–16.
3. Microsoft Research. The Future of Actor-Based Concurrency [Электронный ресурс]. URL: <https://www.microsoft.com/en-us/research> (дата обращения: 30.03.2025).
4. Boost C++ Libraries. Boost.Fiber 1.82: Userland Threads [Электронный ресурс]. URL: <https://www.boost.org/doc/libs/> (дата обращения: 30.03.2025).
5. Intel Developer Zone. False Sharing and How to Avoid It [Электронный ресурс]. URL: <https://software.intel.com> (дата обращения: 30.03.2025).

Сведения об авторе:

Михайлова Е.В., ФГБОУ ВО «НГТУ им. Р.Е.Алексева», Нижний Новгород, Россия

Mikhailova E.V., Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "NSTU named after R.E. Alekseev", Nizhny Novgorod, Russia

УДК 625.7/8

Дормидонтова Т.В., Комиссаров Н.Д.

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Ресурсосберегающие технологии в ремонте дорожных одежд: опыт применения холодной регенерации

Аннотация: Статья посвящена решению проблемы несоответствия геометрических, конструктивных и технологических параметров участка автомобильной дороги II технической категории современным требованиям. На основе детального визуального обследования и анализа дефектов покрытия (колея, сетка трещин, выбоины), выявлено преобладание колеи (65% площади дефектов). Для восстановления нормативных характеристик предложены и обоснованы два варианта усиления дорожной одежды, включая инновационное применение технологии холодной регенерации асфальтобетона. Приведены технологические карты, расчеты потребности в технике и материалах, а также требования к контролю качества работ при капитальном ремонте. Результаты исследования направлены на повышение безопасности, долговечности и соответствия дороги II категории.

Ключевые слова: автомобильная дорога, капитальный ремонт, дорожная одежда, ремонт автомобильной дороги, дефекты.

Dormidontova T.V., Komissarov N.D.

Resource-saving technologies in the repair of road clothes: experience of cold regeneration application

Abstract: The article is devoted to solving the problem of non-compliance of geometric, structural and technological parameters of a section of a highway of the II technical category with modern requirements. Based on a detailed visual inspection and analysis of coating defects (track, network of cracks, potholes), the predominance of track (65% of the defect area) was revealed. To restore the regulatory characteristics, two options for reinforcing the pavement have been proposed and justified, including the innovative use of asphalt concrete cold regeneration technology. Technological maps, calculations of the need for machinery and materials, as well as requirements for quality control during major repairs are presented. The results of the study are aimed at improving the safety, durability and compliance of a Category II road.

Keywords: automobile, major repairs, road clothing, highway repairs, defects.

Автомобильные дороги являются важнейшим элементом транспортной инфраструктуры, обеспечивающим мобильность населения, перевозку грузов и экономическое развитие страны. Модернизация автомобильных дорог направлена на повышение их надежности, безопасности, экологической устойчивости и адаптацию к современным требованиям транспортной системы.

В работе рассмотрены два варианта конструкции дорожной одежды. Дорожная одежда - это комплекс слоев, сооруженных на подготовленном основании дороги, предназначенный для передачи и распределения

нагрузок от транспортных средств на грунт основания. Она играет ключевую роль в обеспечении безопасности и комфорта движения, а также в продлении срока службы дороги.

Работы по устройству дорожной одежды следует производить только на готовом и принятом в установленном порядке земляном полотне.

Для определения состояния дорожной одежды в работе было проведено визуальное изучение участка капитального ремонта.

По итогам изучения была составлена таблица 1, которая отражает фактическое состояние дорожной одежды.

Таблица 1 – Фактическое состояние дорожной одежды

| № п/п | Пикетажное положение от ПК+ до ПК+ | L, м | B, м | Выбоины % | Колея % | Состояние покрытия | Состояние кромки проезжей части | Состояние обочин |
|-------|------------------------------------|---------|------------|-----------|----------------------------|--|----------------------------------|--|
| 1 | 00+00 - 79+98 | 7998,00 | 8,4-17,02 | 10 % | 40-50мм-20% 50-60мм-30% | Асфальтобетонное покрытие имеет множество дефектов: колеиность 4-6 см, сетку трещин до 15%, выбоины и волнообразные неровности, в местах, где особо сильные разрушения, имеются а/б карты. Встречаются частые продольные и поперечные трещины, заделанные битумом. | Разрушение кромки слева и справа | Укреплены в основном засевом трав, местами щебнем |
| 2 | 79+98 - 109+83 | 2985,00 | 8,57-15,53 | 3% | 40-50мм-10% 50-60мм-5% | Покрытие в неудовлетворительном состоянии. Отдельные поперечные трещины шириной раскрытия до 1-2 см, встречаются трещины заделанные битумом, колеиность 4-6 см. | Разрушение кромки слева и справа | Удовлетворительное, обочины шириной 2,3-4,0 м, укреплены щебнем и засевом трав |

Все выявленные дефекты покрытия снижают безопасность, комфортность и возможность водителей двигаться с расчетной скоростью по автомобильной дороге. Кроме того, в соответствии с таблицей 5.3 ГОСТ 50597-2017[6] колею глубиной более 5 см устраняют при осуществлении капитального ремонта дорог.

Если рассматривать процентное соотношение дефектов покрытия между собой, то становится очевидным, что колея составляет не менее 65 % от общей площади дефектов.

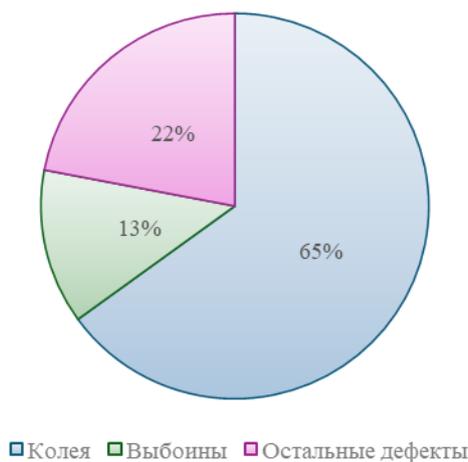


Рисунок 1 – Процентное соотношение дефектов между собой

Выбоины составляют 13 % от общей площади, а остальные дефекты – 22 %. Кроме того, на участке капитального ремонт имеются 20 примыканий. Их геометрические параметры, состояние дорожной одежды и направление указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Состояние примыканий

| № п/п | ПК+ | Угол пересечения | Направление пересекаемого съезда или переезда | | Характеристика пересекаемого съезда или переезда |
|-------|-------|------------------|---|-----------------|--|
| | | | влево | вправо | |
| 1 | 5+89 | | | ТЦ «Азамат» | Съезд на автостоянку с площадкой перед ТЦ «Азамат». Асфальтобетонное покрытие в неудовлетворительном состоянии имеются выбоины, трещины. |
| 2 | 7+51 | | | Канашский завод | Покрытие в удовлетворительном состоянии |
| 3 | 10+45 | 86 | | Автосервис | Грунтовый съезд шириной 5,65 м с площадкой |
| 4 | 11+94 | 90 | ул.Фрунзе | | Покрытие имеет сетку трещин, неровности, обрушение кромок. Имеется переходно-скоростная полоса. |
| 5 | 19+45 | 90 | ул.Машиностроителей | | Покрытие в удовлетворительном состоянии имеется переходно-скоростная полоса. |
| 6 | 23+59 | | Прокат велосипедов | | Грунтовый самопроизвольный съезд с площадкой. |
| 7 | 24+63 | 88 | | Шиномонтаж | Покрытие в плохом состоянии, имеются трещины, выбоины, колеиность. |
| 8 | 39+62 | 83 | М.Бикшик | | Покрытие в неудовлетворительном |

| № п/п | ПК+ | Угол пересечения | Направление пересекаемого съезда или переезда | | Характеристика пересекаемого съезда или переезда |
|-------|--------|------------------|---|--------------------|---|
| | | | влево | вправо | |
| | | | и | | состоянии, имеются трещины. |
| 9 | 41+47 | | М.Бикшик и | | Грунтовый съезд |
| 10 | 44+08 | | М.Бикшик и | | Грунтовый съезд |
| 11 | 46+99 | 90 | М.Бикшик и | | Грунтовый съезд |
| 12 | 48+63 | 74 | | К садовым участкам | Покрытие в неудовлетворительном состоянии, имеются трещины, выбоины. |
| 13 | 48+64 | 79 | М.Бикших и | | Покрытие в неудовлетворительном состоянии, имеются трещины, выбоины. |
| 14 | 50+61 | | | Тупик | Грунтовый съезд |
| 15 | 65+79 | 86 | | В поле | Покрытие в неудовлетворительном состоянии. Имеется переходно-скоростная полоса. |
| 16 | 78+34 | 83 | | Вд.Сядорга-Сирма | Покрытие в неудовлетворительном состоянии, имеются трещины, выбоины, колеиность. |
| 17 | 78+49 | 81 | Вд.Аксарино | | Покрытие в неудовлетворительном состоянии, имеются трещины, выбоины, колеиность. Имеется переходно-скоростная полоса. |
| 18 | 91+03 | 90 | Вд.Караклы | | Покрытие в удовлетворительном состоянии. Имеется переходно-скоростная полоса. |
| 19 | 91+09 | 87 | | Д.Сядорга-Сирмы | Покрытие в удовлетворительном состоянии. Имеется переходно-скоростная полоса. |
| 20 | 104+06 | 76 | В поле | | Съезд с щебеночным покрытием |

В рамках проведения капитального ремонта автомобильной дороги были разработаны и проверены на прочность 2 варианта конструкции дорожной одежды:

Вариант № 1. Применяется на всем протяжении трассы при усилении существующей конструкции.

Существующая конструкция дорожной одежды представлена в таблице 3.

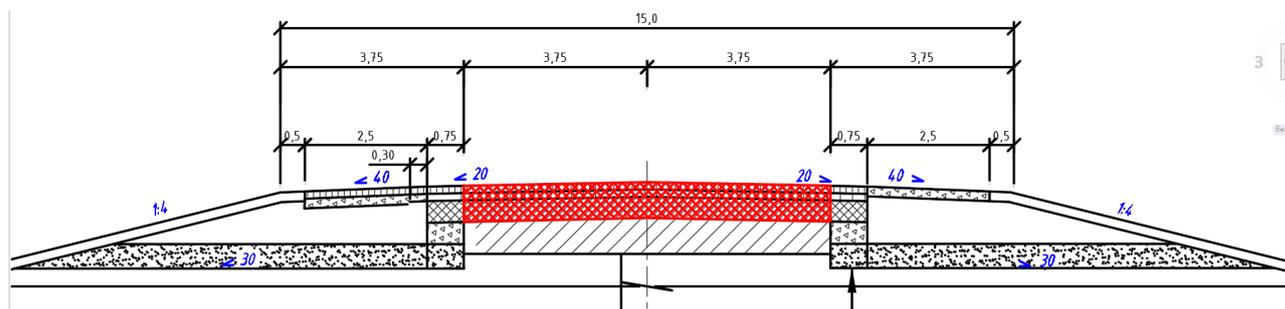
Таблица 3 – Существующая конструкция

| № п/п | Наименование слоя | Материал слоя | Толщина слоя, ср.м |
|-------|-------------------------------|------------------|--------------------|
| 1 | Рабочий слой | Суглинок тяжелый | - |
| 2 | Дополнительный слоя основания | Песок | 0,19 |
| 3 | Основание | Щебень | 0,22 |
| 4 | Покрытие | Асфальтобетон | 0,28 |

Предлагаемый вариант усиления представлен в таблице 4, рисунок 2.

Таблица 4 - Предлагаемый вариант усиления

| № п/п | Наименование слоя | Материал слоя | Толщина слоя, ср.м |
|-------|--------------------------|---|------------------------------------|
| 1 | Существующая конструкция | Все слои | 0,59 (с учетом фрезерования 10 см) |
| 2 | Верхний слой основания | Холодная органоминеральная смесь ОМС 32 М | 0,22 |
| 3 | Нижний слой покрытия | Асфальтобетонная смесь А22Нт на ПБВ 40 | 0,10 |



| | | | |
|---|-----------------------|---|------|
| 4 | Верхний слой покрытия | Щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь ЦМА 11 на ПБВ 40 | 0,05 |
|---|-----------------------|---|------|

Рисунок 2 – Схема усиления конструкции

Вариант № 2. Применяется на всем протяжении трассы при уширении существующей конструкции.

Предлагаемый вариант усиления представлен в таблице 5.

Таблица 5 - Предлагаемый вариант усиления

| № п/п | Наименование слоя | Материал слоя | Толщина слоя, ср.м |
|-------|-------------------------------|---|--------------------|
| 1 | Дополнительный слой основания | Песок мелкий Кф>1 м/с | 0,35 |
| 2 | Нижний слой основания | Щебень М800 фр.40-70 | 0,22 |
| 4 | Верхний слой основания | Холодная органоминеральная смесь ОМС 32 М | 0,22 |

| | | | |
|---|-----------------------|---|------|
| 5 | Нижний слой покрытия | Асфальтобетонная смесь А22Нт на ПБВ 40 | 0,10 |
| 6 | Верхний слой покрытия | Щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь ЦМА 11 на ПБВ 40 | 0,05 |

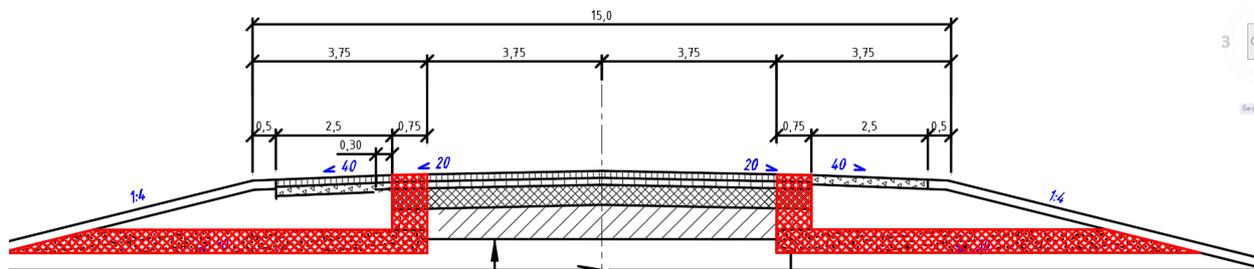


Рисунок 3 – Схема уширения конструкции

Восстановление несущей способности (усиление) существующей дорожной одежды предусмотрено путем укладки поверх существующего асфальтобетонного покрытия двух новых слоев покрытия: верхний слой из щебеночномастичного асфальтобетона (ЩМА-16); нижний слой из асфальтобетонной смеси (А22Нт) на слое основания из холодной органоминеральной смеси ОМС 32 К с добавлением щебня М1200. Поверх регенерированного слоя устраивается двухслойное асфальтобетонное покрытие, рисунок 4.

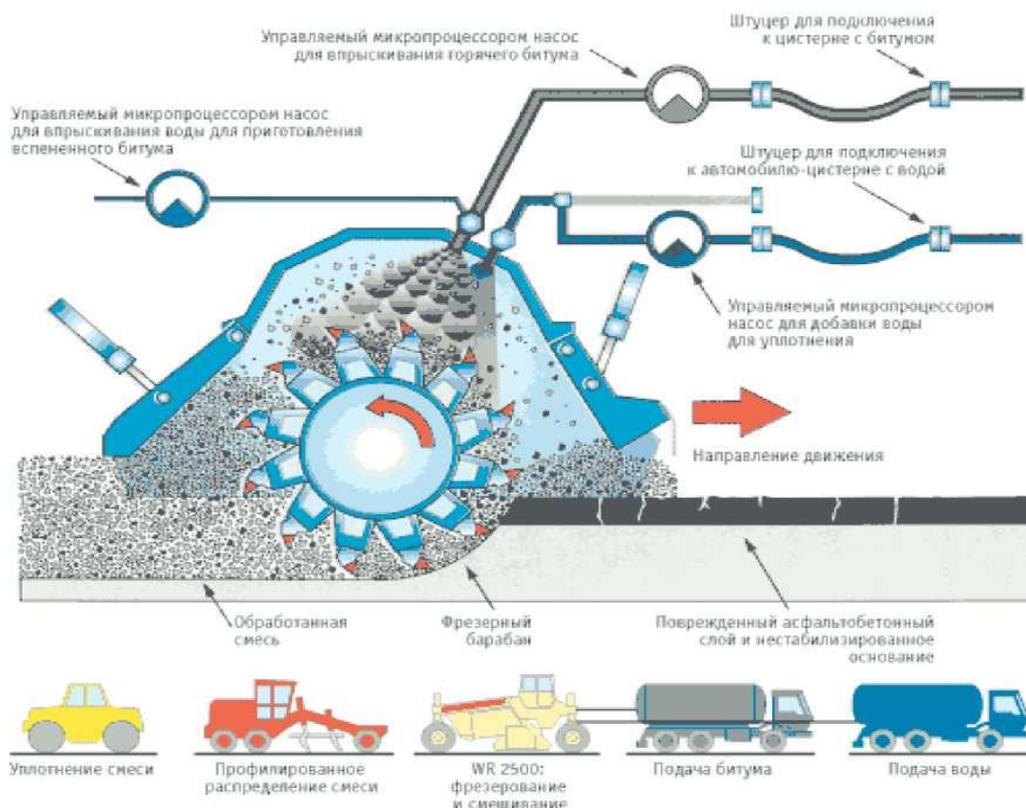


Рисунок 4 – Технология холодной регенерации

Актуальность внедрения ресурсосберегающих технологий (холодной регенерации) в дорожной отрасли обусловлена комплексом экологических и экономических вызовов: традиционные методы ремонта генерируют до 1.5 млн тонн асфальтобетонного лома ежегодно в РФ, требующего утилизации. Стоимость новых материалов составляет 60-70% сметы капремонта. Горячая регенерация потребляет на 40% больше энергии, чем холодные методы. Принципы circular economy (замкнутого цикла) в строительстве регламентированы ГОСТ Р 70540-2022. Инновационный потенциал холодной регенерации подтверждается: исследованиями долговечности (срок службы регенерированных слоёв ≥ 12 лет), результатами LCA-анализа (снижение углеродного следа на 35-40%). Сравнительный анализ технологий представлен в таблицу 6.

Таблица 6 - Сравнительный анализ технологий

| Параметр | Традиционный ремонт | Холодная регенерация |
|--------------------------------|---------------------|----------------------|
| Энергопотребление, ГДж/км | 380-420 | 220-250 |
| Выбросы CO ₂ , т/км | 28-32 | 16-19 |
| Использование отходов, % | 0 | 85-90 |
| Срок службы, лет | 8-10 | 12-15 |

В работе составлены технологические карты на разные виды работ.

Таблица 7 – Технологическая карта на устройство песчано-подстиляющего слоя

| № п/п | Захватка | Наименование процесса | Машина | Ед.изм | V | П | Потребность маш/см |
|-------|----------|--|---------------------|----------------|---------|---------|--------------------|
| 1. | 1 | Перевозка песка со строительной площадки при длине перевозки до 3 км автосамосвалом объемом кузова 18 м ³ | ЖР СА3250 6x4 | т | 1517,96 | 286,11 | 5,31 |
| 2. | 1 | Перемещение песка бульдозером | Бульдозер SANTU 824 | м ² | 2628,50 | 3150,00 | 0,83 |
| 3. | 1 | Окончательная планировка песка автогрейдером | SANTU 922 | м ² | 2628,50 | 4000,00 | 0,66 |
| 4. | 1 | Увлажнение песка поливомоечной машиной | КО 806-44 | т | 105,14 | 91,34 | 1,15 |

| | | | | | | | |
|----|---|---|------------------|----|---------|---------|------|
| | | объемом 10 м3 с расходом 4 л/м2 | | | | | |
| 5. | 1 | Уплотнение песка грунтовым катком | LuiGong 6114E | м2 | 2219,40 | 3750,00 | 0,59 |

Таблица 8– Состав отряда на захватку 350 метров

| № п/п | Машина | Потребное количество по производительности | Принятое количество | Коэффициент загрузки по времени | Профессия водителя |
|-------|--|--|------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | Бульдозер SANTU 824 | 0,83 | 1 | 0,83 | Машинист , Разряд - 6 |
| 2 | Автосамосвал J6P CA3250 6x4 | 5,31 | 5 | 1,06 | Водитель, Класс - 3 |
| 3 | Автогрейдер SANTU 922 | 0,66 | 1 | 0,66 | Машинист , Разряд - 6 |
| 4 | Поливомоечная машина КО 806-44 | 1,15 | 1 | 1,15 | Водитель, Класс - 3 |
| 5 | Грунтовой виброкаток LuiGong 6114E | 0,26 | 1 | 0,26 | Машинист , Разряд - 6 |

Таблица 9– Технологическая карта на устройство нижнего слоя основания

| № п/п | Захватка | Наименование процесса | Машина | Ед.изм | V | П | Потребность маш/см |
|-------|----------|--|----------------------|--------|--------|---------|-----------------------|
| 2 | 1 | Перевозка щебня со строительной площадки при длине перевозки до 3 км автосамосвалом | J6P CA3250 6x4 | т | 98,96 | 286,11 | 0,35 |
| 3 | 1 | Перемещение щебня бульдозером | SANTU 824 | м2 | 262,50 | 3150,00 | 0,08 |
| 4 | 1 | Окончательная планировка щебня автогрейдером | SANTU 922 | м2 | 262,50 | 4000,00 | 0,07 |
| 5 | 1 | Увлажнение щебня поливомоечной машиной объемом 10 м3 с расходом 4 л/м2 | КО 806- 44 | т | 10,50 | 91,34 | 0,11 |
| 6 | 1 | Уплотнение щебня | LuiGong 6114E | м2 | 262,50 | 3750,00 | 0,07 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---------------|----|--------|---------|------|
| | | комбинированным катком | | | | | |
| 7 | 1 | Уплотнение щебня гладковальцовым катком | LuiGong 6214E | м2 | 262,50 | 3250,00 | 0,08 |

По аналогии составлены технологические карты на устройство верхнего слоя основания, на устройство нижнего слоя покрытия.

Технология холодной регенерации подтвердила эффективность как ресурсосберегающая альтернатива с коэффициентом рециклинга 0.89. Предложенные конструктивные решения обеспечивают: повышение модуля упругости дорожной одежды на 27-32%, снижение стоимости капремонта на 18-22%, уменьшение углеродного следа на 1.2 т CO₂-экв. км. В работе экспериментально подтверждено соответствие регенерированных слоев требованиям СП 78.13330.2024 по: деформационной устойчивости ($\epsilon_r \leq 2.5 \times 10^{-4}$), сдвигоустойчивости ($K_{сдв} \geq 0.85$), морозостойкости ($F \geq 35$ циклов).

Перспективы внедрения данной технологии повлияют на разработку цифровых двойников регенерационных процессов, адаптацию технологии для северных регионов ($t \leq -40^\circ\text{C}$), интеграцию с BIM-моделированием дорожных объектов. Значимость работы заключается в создании научно обоснованной методики реконструкции дорог II категории, сочетающей: экологическую безопасность, ресурсную эффективность, долговечность конструкций и технологическую реализуемость.

Список литературы

1. Монография С.Б.Сиваев «Ливневая канализация в современном городе»
2. Диссертация С.Ю.Андронов «Технология холодного вибролитого регенерированного асфальта»
3. Патент RU 2 441 961 С2 ФГУП «Росдорнии» «Способ холодной регенерации асфальтобетонных слоев дорожной одежды»;
4. П.В.Дружбин «Строительные работы как фактор загрязнения окружающей среды»;
5. ГОСТ 32825-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Дорожные покрытия. Методы измерения геометрических размеров повреждений»;
6. ГОСТ Р 50597-2017 «Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля»;
7. СП 78.13330-2012 «Автомобильные дороги»;
8. ГОСТ Р 58349-2019 «Дороги автомобильные общего пользования. Дорожная одежда. Методы измерения толщины слоев дорожной одежды»;
9. ГОСТ Р 58407.5 «Дороги автомобильные общего пользования. Асфальтобетон дорожный. Методы отбора проб из уплотненных слоев дорожной одежды»;
10. ГОСТ 33475-2015 «Дороги автомобильные общего пользования. Геометрические элементы. Технические требования»;
11. ГОСТ 33101-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Покрытия дорожные. Методы измерения ровности»;

12. ГОСТ 32825-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Дорожные покрытия. Методы измерения геометрических размеров повреждений».

Сведения об авторах:

Дормидонтова Татьяна Владимировна, зав.каф, Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Комиссаров Никита Дмитриевич, студент, Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

УДК 661.214.1

Короткова Г.В., Ходченков Н.Д.

Смоленский филиал Московского энергетического института, Смоленск, Россия

Способы производства серы

Аннотация: В последние годы наблюдается растущий спрос на серу с учётом её применения в различных отраслях, включая нефтехимию, производство удобрений и экологические технологии. Статья посвящена анализу различных методов получения серы. В настоящее время разработано несколько основных методов получения серы, основными из которых является метод Фраша и процесс Клауса. Статья подчеркивает важность выбора технологической схемы получения серы для создания безопасных и функциональных производств.

Ключевые слова: сера, метод Фраша, процесс Клауса, самородная руда, сероводород.

Korotkova G.V., Khodchenkov N.D.

Methods of sulfur production

Abstract: In recent years, there has been a growing demand for sulfur, taking into account its use in various industries, including petrochemicals, fertilizer production and environmental technologies. The article is devoted to the analysis of various methods of sulfur production. Currently, several basic methods for producing sulfur have been developed, the main of which are the Minced meat method and the Claus process. The article emphasizes the importance of choosing a technological scheme for producing sulfur to create safe and functional production facilities.

Keywords: sulfur, Frache method, Claus process, native ore, hydrogen sulfide.

Сера – один из важнейших элементов, используемых в различных отраслях промышленности, от производства удобрений до вулканизации резины. На протяжении истории человечество разработало несколько способов добычи и производства серы, каждый из которых имеет свои особенности и применяется в зависимости от доступности сырья и экономических факторов.

1. Добыча самородной серы (метод Фраша).

Этот метод, разработанный Германом Фрашем в конце XIX века, стал революционным в производстве серы. Он позволяет извлекать серу из подземных месторождений, где она находится в чистом виде. Принципиальная схема добычи самородной серы методом Фраша представлена на рисунке 1.

Суть метода заключается в следующем [3]:

В скважину, пробуренную до залежей серы, опускают три концентрические трубы.

По внешней трубе под давлением подается теплоноситель (вода температурой 165°C), который расплавляет серу.

По средней трубе подается сжатый воздух, который образует эмульсию из расплавленной серы и воды.

Эта эмульсия поднимается по внутренней трубе на поверхность, где сера охлаждается и затвердевает.

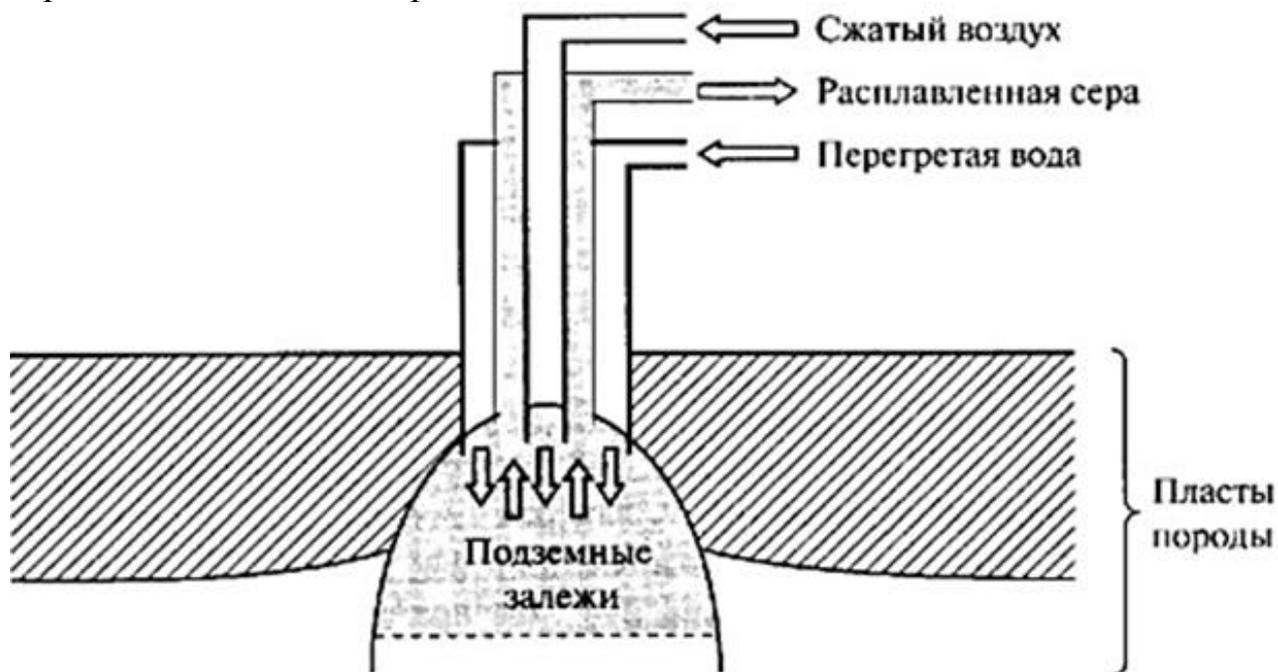


Рисунок 1 – Схема добычи самородной серы методом Фраша

Преимущества метода Фраша:

Относительно низкая стоимость добычи.

Высокая чистота получаемой серы (до 99,5%).

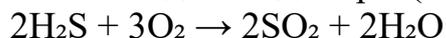
Минимальное воздействие на окружающую среду по сравнению с другими методами.

2. Получение серы из сероводорода (процесс Клауса).

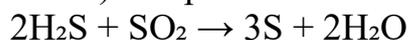
Этот метод является наиболее распространенным в современном мире и основан на переработке сероводорода (H_2S), который является побочным продуктом нефтепереработки и газовой промышленности. Принципиальная схема получения серы из сероводорода процессом Клауса представлена на рисунке 2.

Процесс Клауса состоит из двух основных этапов:

Термическое окисление: Часть сероводорода сжигается в печи с образованием диоксида серы (SO_2):



Каталитическое восстановление: Оставшийся сероводород реагирует с диоксидом серы в присутствии катализатора (обычно оксида алюминия) с образованием элементарной серы:



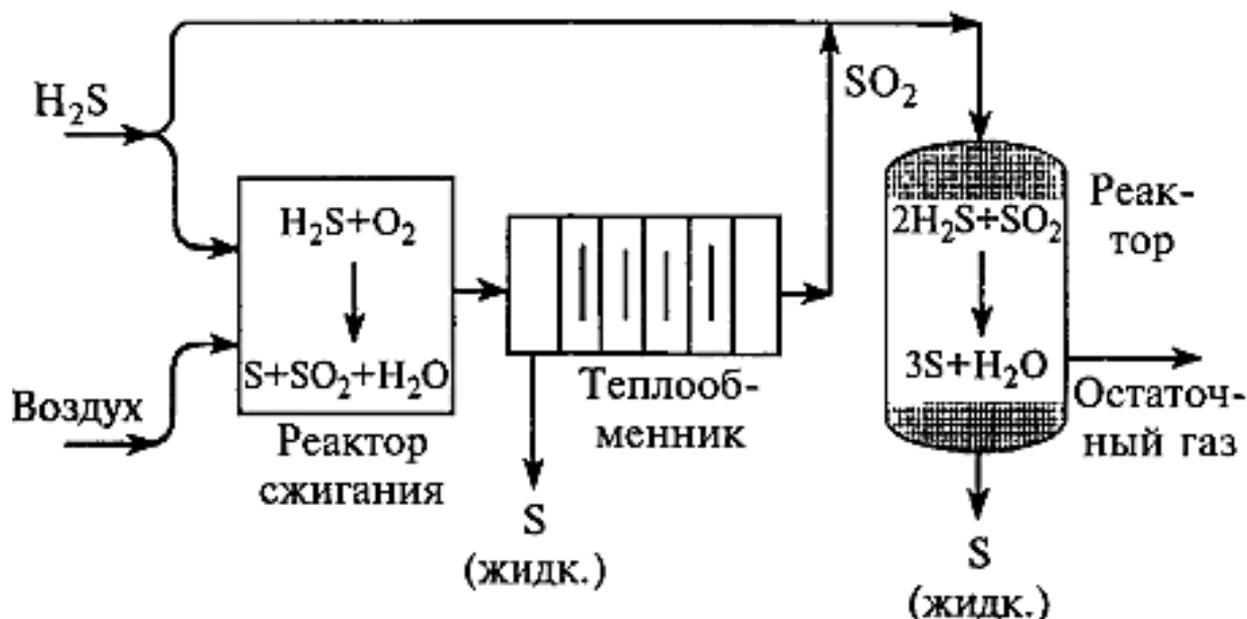


Рисунок 2 – Схема получения серы из сероводорода процессом Клауса

Существует несколько модификаций процесса Клауса, каждая из которых оптимизирована для определенных концентраций сероводорода (H_2S) и углеводородов в так называемом "кислом газе" (смеси газов, содержащих H_2S и CO_2) [3].

Прямоточная схема

Используется, когда кислый газ содержит более 50% H_2S и менее 2% углеводородов. Весь поток кислого газа направляется в печь-реактор, где происходит сжигание при высоких температурах (1100–1300 °С). Печь-реактор интегрирована с котлом-утилизатором для рекуперации тепла. На этом этапе достигается конверсия до 70% серы. Оставшийся H_2S преобразуется в серу в 2-3 каталитических реакторах при более низких температурах (220–260 °С). После каждого реактора образующаяся сера конденсируется.

Разветвленная схема (1/3 - 2/3)

Применяется при более низких концентрациях H_2S (30–50%) и низком содержании углеводородов (менее 2%). В этом варианте только треть кислого газа сжигается для получения диоксида серы (SO_2), а оставшиеся две трети направляются непосредственно на каталитические ступени. SO_2 , полученный при сжигании, реагирует с H_2S из оставшейся части потока на катализаторе, образуя серу. Эта схема обеспечивает более высокую степень извлечения серы (94–95%).

Разветвленная схема с предварительным подогревом

Используется, когда концентрация H_2S в кислом газе еще ниже (15–30%). В этом случае, при использовании обычной разветвленной схемы, температура в печи-реакторе может быть недостаточно высокой (ниже 930 °С) для стабильного горения. Для решения этой проблемы кислый газ и

воздух предварительно подогреваются, что обеспечивает стабильное горение и высокую степень извлечения серы (94–95%).

Процесс прямого окисления

Применяется при самых низких концентрациях H_2S в кислом газе (10–15%).

Преимущества процесса Клауса:

Экологически безопасный способ утилизации сероводорода.

Высокая эффективность извлечения серы.

Возможность получения серы различной степени чистоты.

3. Получение серы из сернистых руд.

Этот метод используется для извлечения серы из руд, содержащих сульфиды металлов, таких как пирит (FeS_2) и халькопирит ($CuFeS_2$). Существует несколько способов переработки сернистых руд [1]:

Обжиг: Руда обжигается на воздухе, при этом сульфиды окисляются до диоксида серы (SO_2), который затем может быть переработан в серу с использованием различных методов, например, восстановлением углем.

Флотация: Руда измельчается и обрабатывается специальными реагентами, которые позволяют отделить сульфиды от пустой породы. Затем сульфиды обжигаются для получения диоксида серы.

Недостатки получения серы из сернистых руд:

Более высокая стоимость по сравнению с другими методами.

Значительное загрязнение окружающей среды, особенно при обжиге.

4. Другие методы.

Существуют и другие, менее распространенные методы получения серы [1], такие как:

Восстановление диоксида серы углем: $SO_2 + 2C \rightarrow S + 2CO$

Разложение сульфатов: например, разложение гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) при высоких температурах.

Заключение

Выбор способа производства серы зависит от многих факторов, включая доступность сырья, экономическую целесообразность и экологические требования. В настоящее время процесс Клауса является наиболее распространенным и экологически предпочтительным методом, позволяющим утилизировать сероводород и получать ценный продукт – серу. Однако, в зависимости от конкретных условий, могут использоваться и другие методы, обеспечивающие эффективное и экономически оправданное производство серы.

Развитие технологий в области производства серы не стоит на месте. Постоянно ведутся исследования по совершенствованию существующих

методов и разработке новых, более эффективных и экологически чистых. Например, активно изучаются возможности использования биокатализаторов в процессе Клауса для повышения его эффективности и снижения выбросов вредных веществ. Также рассматриваются альтернативные способы утилизации сероводорода, такие как его прямое окисление до серной кислоты, что позволяет получить еще один ценный продукт.

Особое внимание уделяется снижению воздействия производства серы на окружающую среду. Это включает в себя разработку и внедрение более эффективных систем очистки выбросов, использование замкнутых циклов водоснабжения и утилизацию отходов производства. Стремление к устойчивому развитию и минимизации экологического следа является ключевым фактором, определяющим направление развития технологий в этой области.

В будущем можно ожидать дальнейшего увеличения доли серы, получаемой из сероводорода, поскольку объемы добычи нефти и газа продолжают расти, а вместе с ними и объемы образующегося сероводорода. Совершенствование процесса Клауса и разработка новых методов утилизации сероводорода будут играть важную роль в обеспечении экологической безопасности и устойчивого развития энергетической отрасли. Кроме того, возможно появление новых технологий, основанных на использовании возобновляемых источников энергии для производства серы, что позволит сделать этот процесс еще более экологически чистым и устойчивым.

Список литературы

1. Сера [Электронный ресурс] // URL: <https://bigenc.ru/c/sera-bf890c> (дата обращения: 18.05.2025)
2. Производство серы из сероводородсодержащих и нефтезаводских газов методом Клауса [Электронный ресурс] // URL: <https://neftegaz.ru/science/petrochemistry/331601-proizvodstvo-sery-iz-serovodorodsoderzhashchikh-i-neftezavodskikh-gazov-metodom-klausa/?ysclid=mc61k5xf5537416812> (дата обращения: 18.05.2025)
3. Фраша метод [Электронный ресурс] // URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/145889/Фраша> (дата обращения: 18.05.2025)

Сведения об авторах:

Короткова Галина Владимировна, к.б.н., доцент, Смоленский филиал Московского энергетического института, Смоленск, Россия

Ходченков Никита Дмитриевич, студент, Смоленский филиал Московского энергетического института, Смоленск, Россия

Korotkova Galina Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Smolensk Branch of the Moscow Power Engineering Institute

Khodchenkov Nikita Dmitrievich, Student, Smolensk Branch of the Moscow Power Engineering Institute

УДК 661.214.1

Короткова Г.В., Ходченков Н.Д.

Смоленский филиал Московского энергетического института, Смоленск, Россия

Возможные побочные продукты при производстве серы

Аннотация: Статья посвящена анализу возможных побочных продуктов при производстве серы. В силу разнообразия существующих методов получения серы, требуется комплексный подход для изучения возможных продуктов при производстве. Проведенное исследование позволило выявить побочные продукты, образующихся при производстве серы, их разнообразие и состав, а также оценить потенциальное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.

Ключевые слова: сера, продукты, сероводород, органические соединения, оксиды, твердые частицы.

Korotkova G.V., Khodchenkov N.D.

Possible by-products of sulfur production

Abstract: The article is devoted to the analysis of possible by-products in the production of sulfur. Due to the variety of existing methods for producing sulfur, an integrated approach is required to study possible products during production. The conducted research made it possible to identify by-products formed during the production of sulfur, their diversity and composition, as well as to assess the potential impact on the environment and human health.

Keywords: sulfur, products, hydrogen sulfide, organic compounds, oxides, solid particles.

Производственные процессы серы можно условно разделить на несколько ключевых технологий, каждая из которых имеет свои особенности и этапы, на которых образуются побочные продукты. Наиболее распространёнными методами получения серы являются метод фракционной дистилляции, метод Клауса, а также методы, использующие природный газ и сероводород. Эти методы отличаются как по своей сути, так и по объёму образования побочных веществ, что делает их изучение особенно важным.

Первым этапом в большинстве технологий является извлечение сероводорода или серосодержащих углеводородов из месторождений, таких как газовые скважины. На этом этапе основным побочным продуктом является природный газ, который не содержит серы, но его очистка может привести к образованию загрязняющих веществ. Для эффективного извлечения серы из сероводорода используется термическая обработка, которая, в свою очередь, приводит к образованию диоксида серы (SO₂) — одного из наиболее значительных побочных продуктов [3].

Следующий этап, относящийся к процессу Клауса, включает в себя каталитическое окисление сероводорода в присутствии кислорода. Эта

стадия также может сопровождаться образованием сернистого газа, который при выбросе в атмосферу становится источником кислотных дождей и загрязняет воздух. При этом важно учитывать, что сжигание сероводорода на этом этапе может вызывать дальнейшее формирование различных соединений, включая серную кислоту и сульфидные соединения.

Кроме того, в процессе переработки выделяются другие побочные продукты, такие как угарный газ (CO) и сернистые соединения, которые могут вызывать значительные отрицательные последствия для экологии и здоровья человека. Эти соединения обладают токсичными и канцерогенными свойствами, что требует соблюдения специальных мер предосторожности на производстве.

Ещё одной технологией, которая заслуживает внимания, является метод прямого восстановления, где сероводород реагирует с оксидами металлов, что позволяет минимизировать выбросы загрязняющих веществ, однако и здесь также могут образовываться неорганические оксиды, требующие дальнейшей утилизации. Таким образом, на всех этапах производства серы существует риск образования побочных продуктов, которые могут наносить вред экосистеме и человеком.

Важно отметить, что побочные продукты не всегда являются конечными отходами. В некоторых случаях их можно переработать и использовать повторно в различных отраслях, включая производство удобрений и экстракцию других химических элементов. Однако для этого необходимо проводить детальные исследования и оценивать их экологическую безопасность.

При производстве серы, особенно при использовании различных промышленных процессов, могут образовываться побочные продукты. Важно понимать, что конкретный состав и количество этих побочных продуктов зависят от используемого метода производства и качества исходного сырья.

Наиболее распространенными побочными продуктами являются:

Сероводород (H₂S)

Это один из основных побочных продуктов, особенно при извлечении серы из кислых газов (например, при очистке природного газа или нефти). Сероводород является токсичным газом с характерным запахом тухлых яиц. Его необходимо утилизировать или перерабатывать, чтобы предотвратить загрязнение окружающей среды и обеспечить безопасность [1].

Диоксид серы (SO₂)

Образуется при сжигании серы или серосодержащих соединений. SO₂ является основным загрязнителем воздуха, вызывающим кислотные дожди и респираторные заболевания. Поэтому выбросы SO₂ строго

контролируются и часто требуют использования специальных технологий для их снижения (например, скрубберов) [1].

Оксиды азота (NO_x)

Могут образовываться при высокотемпературных процессах, связанных с производством серы, особенно при сжигании топлива для нагрева или при использовании катализаторов. NO_x также являются загрязнителями воздуха и способствуют образованию смога.

Углекислый газ (CO₂)

Образуется при сжигании органических веществ, которые могут присутствовать в исходном сырье или использоваться в качестве топлива в процессе производства серы. CO₂ является парниковым газом и способствует изменению климата [1].

Вода (H₂O)

Образуется как побочный продукт во многих химических реакциях, используемых при производстве серы, например, при реакции Клауса.

Элементарная сера в различных формах

Неполное преобразование серосодержащих соединений может привести к образованию элементарной серы в различных формах (например, жидкой, твердой, коллоидной) [2].

Органические соединения серы (например, меркаптаны, сульфиды)

Могут присутствовать в исходном сырье или образовываться в процессе производства. Они часто имеют неприятный запах и могут быть токсичными [2].

Твердые частицы (пыль)

Могут образовываться при механической обработке серы или при сжигании серосодержащих материалов.

Важно отметить, что современные технологии производства серы направлены на минимизацию образования побочных продуктов и их эффективную утилизацию или переработку. Это включает в себя использование более эффективных катализаторов, оптимизацию технологических процессов и внедрение систем очистки выбросов.

В случае образования диоксида серы, применяются различные методы очистки дымовых газов. Одним из распространенных методов является абсорбция SO₂ с использованием щелочных растворов, таких как известковое молоко (суспензия гидроксида кальция). В результате реакции образуется сульфит или сульфат кальция, которые могут быть использованы в строительной промышленности или утилизированы. Другие методы включают адсорбцию SO₂ на активированном угле или использование каталитических процессов для его окисления до триоксида серы (SO₃), который затем абсорбируется водой с образованием серной кислоты.

Органические соединения серы, такие как меркаптаны, могут быть удалены из газовых потоков с использованием различных методов, включая адсорбцию на активированном угле, абсорбцию в специальных растворителях или биофильтрацию. Биофильтрация использует микроорганизмы для разложения органических соединений серы на менее вредные вещества.

Вода, образующаяся в процессе производства серы, может содержать растворенные соли и другие загрязнения. Поэтому перед сбросом в окружающую среду она подвергается очистке, которая может включать фильтрацию, осаждение, биологическую очистку и другие методы.

Таким образом, современное производство серы представляет собой сложный технологический процесс, включающий не только извлечение и очистку серы, но и эффективную утилизацию или переработку побочных продуктов. Постоянное совершенствование технологий и внедрение новых методов позволяет снижать негативное воздействие на окружающую среду и обеспечивать устойчивое развитие серной промышленности. Дальнейшие исследования направлены на разработку более эффективных и экологически чистых процессов, которые позволят минимизировать образование побочных продуктов и максимально использовать ресурсы.

В контексте устойчивого развития серной промышленности, все большее внимание уделяется концепции "циклической экономики". Это означает, что побочные продукты производства серы рассматриваются не как отходы, а как потенциальное сырье для других отраслей. Например, сульфит и сульфат кальция, образующиеся при очистке дымовых газов от диоксида серы, могут быть использованы не только в строительной промышленности, но и в сельском хозяйстве в качестве мелиоранта для кислых почв. Исследования показывают, что добавление сульфата кальция в почву может улучшить ее структуру, повысить доступность питательных веществ для растений и снизить токсичность алюминия.

Другим примером циклического подхода является использование тепла, выделяющегося в процессе производства серы. Многие процессы, такие как процесс Клауса, являются экзотермическими, то есть выделяют большое количество тепла. Это тепло может быть использовано для производства пара, который, в свою очередь, может быть использован для выработки электроэнергии или для других промышленных нужд. Таким образом, тепло, которое раньше просто рассеивалось в окружающую среду, становится ценным ресурсом, снижающим потребность в ископаемом топливе и уменьшающим выбросы парниковых газов.

Развитие новых катализаторов играет ключевую роль в повышении эффективности производства серы и снижении образования побочных продуктов. Современные катализаторы позволяют проводить реакции при более низких температурах и давлениях, что снижает энергозатраты и уменьшает образование нежелательных соединений. Кроме того,

разрабатываются катализаторы, более устойчивые к отравлению различными примесями, присутствующими в исходном сырье, что позволяет использовать более дешевое и менее чистое сырье.

В будущем, можно ожидать дальнейшего развития биотехнологий в серной промышленности. Микроорганизмы могут быть использованы не только для удаления органических соединений серы, но и для извлечения серы из труднодоступных источников, таких как отвалы горнодобывающей промышленности или загрязненные почвы. Бיוвыщелачивание, процесс, при котором микроорганизмы используются для растворения сульфидных минералов и извлечения из них металлов и серы, является перспективным направлением исследований.

Наконец, важным аспектом устойчивого развития серной промышленности является разработка и внедрение более эффективных методов мониторинга и контроля выбросов. Современные системы мониторинга позволяют в режиме реального времени отслеживать концентрацию различных загрязняющих веществ в выбросах и оперативно реагировать на любые отклонения от нормы. Это позволяет предотвратить аварийные ситуации и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Внедрение цифровых технологий, таких как искусственный интеллект и машинное обучение, позволяет анализировать большие объемы данных и выявлять закономерности, которые могут быть использованы для оптимизации производственных процессов и снижения выбросов. Таким образом, будущее серной промышленности видится в интеграции передовых технологий, циклического подхода и постоянного совершенствования методов мониторинга и контроля, что позволит обеспечить устойчивое и экологически безопасное производство серы для удовлетворения растущих потребностей мировой экономики.

В заключение, устойчивое развитие серной промышленности требует комплексного подхода, включающего технологические инновации, нормативно-правовое регулирование, международное сотрудничество, научные исследования, разработку новых материалов и процессов, а также образование и повышение квалификации специалистов. Только совместными усилиями можно обеспечить экологически безопасное и устойчивое производство серы для удовлетворения растущих потребностей мировой экономики. Будущее серной промышленности – это будущее, где побочные продукты превращаются в ценные ресурсы, а производство серы становится частью циркулярной экономики, способствуя сохранению окружающей среды и устойчивому развитию общества.

Список литературы

1. Производство серы [Электронный ресурс] // URL: https://otherreferats.allbest.ru/geology/00267530_0.html (дата обращения: 18.05.2025)

2. Хуснеев Р. А. Установка получения элементарной серы / Хуснеев Р. А., Осипов Э. В. // Научный лидер. – 2025. – №20. – С.235–241.
3. Ю. М. Косиенко, В. Ф. Сильченко. Технологии удаления сульфида водорода в очистке подземных вод. DOI 10.31774/2658-7890-2020-1-43-59 // Ecology and water management. 01.01.2020 URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=52> (дата обращения: 18.05.2025)

Сведения об авторах:

Короткова Галина Владимировна, к.б.н., доцент, Смоленский филиал Московского энергетического института, Смоленск, Россия

Ходченков Никита Дмитриевич, студент, Смоленский филиал Московского энергетического института, Смоленск, Россия

Korotkova Galina Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Smolensk Branch of the Moscow Power Engineering Institute

Khodchenkov Nikita Dmitrievich, Student, Smolensk Branch of the Moscow Power Engineering Institute

УДК 624.014.2

Тихонов Д.Ф.

СПбГТИ(ТУ), Санкт-Петербург, Россия

Инженерная защита склонов и откосов методом буринъекционных анкеров и противокаменной сетчатой завесы

Аннотация: В статье рассматривается суть и актуальность современного метода инженерной защиты территорий склонов и откосов методом буринъекционных анкеров и противокаменной сетчатой завесы. В работе проводится разбор конкретной технологии по защите сложных пологих ландшафтов от опасных геологических происшествий, связанных с обрушением естественных пород. Метод заключающейся в бурении скважин, установки в них буринъекционных анкеров и монтаже защитной сетчатой завесы. В работе будут рассмотрены такие понятия как нагельные поля, также известные как анкерочные. Они применяются в различных инженерно-геологических и строительных проектах для укрепления и стабилизации склонов, откосов и других территорий, подверженных риску оползней, эрозии или других геотехнических проблем.

Ключевые слова: инженерная защита, буринъекционный анкер, нагельное поле, сетчатая завеса, откос, грунт, бурение.

Tikhonov D.F.

Engineering protection of slopes and slopes by the method of drilling anchors and rockfall mesh curtain

Abstract: The article discusses the essence and relevance of the modern method of engineering protection of slopes and hills by the method of bored piles and anti-rockfall mesh curtain. The work analyzes a specific technology for protecting complex flat landscapes from dangerous geological incidents associated with the collapse of natural rocks. The method consists of drilling wells, installing bored piles in them and assembling a protective mesh curtain. The work will consider such concepts as dowel fields, also known as anchoring. They are used in various engineering-geological and construction projects to strengthen and stabilize slopes, hills and other areas exposed to the risk of landslides, erosion or other geotechnical problems.

Key words: engineering protection, bored pile, drilling well, mesh curtain, slope, priming, drilling.

Инженерная защита территорий представляет собой комплекс мероприятий и технологий, направленных на предотвращение, снижение или устранение воздействия различных природных и антропогенных факторов, которые могут негативно повлиять на определенные территории. Инженерная защита представляет из себя комплекс правил и мер для достижения целей в зависимости от местоположения, климата и геологической обстановки. Эти меры призваны минимизировать риски, связанные с негативными воздействиями на территорию, и предотвратить

или уменьшить ущерб, который может быть нанесен инфраструктуре, экосистеме и населению.[1]

В последнее время становится актуальной технология инженерной защиты склонов и откосов методом буроинъекционных анкеров и противокаменной сетчатой завесой, которые позволяют осуществить безопасные и стабильные условия содержания и эксплуатации поверхностей склонов и откосов, на которых и рядом с которыми могут находиться объекты гражданской и промышленной инфраструктуры, дороги, трассы, железнодорожные пути, шахты и карьеры. Откосы подвержены неустойчивости почв и грунтов со временем, что может привести к их сходам и камнепадам, приводящим к авариям, разрушениям, травмам и жертвам среди населения, нарушению логистики и эстетики внешнего вида территорий. Очень часто финансовые и технические потери обходятся в разы дороже превентивных мероприятий по устройству инженерной защиты, не говоря уже о людских потерях, которые бесценны. Особую актуальность инженерной защиты анкерами и завесой определяет возможность сохранения имеющегося природного или искусственного ландшафта без снятия поверхностных слоёв грунта. [2]

Суть и новшество инженерной защиты территорий методом буроинъекционных анкеров и противокаменной сетчатой завесой заключается в слиянии бурения шпуров заданных характеристик, представляющих собой нагельное поле, и монтажа противокаменных металлических сетчатых завес поверх. Такие сооружения легко адаптируются под разнообразные условия и типы грунтов, могут быть применены даже в городской черте, не изменяя существующий природный и искусственный ландшафт.

Инженерная защита методом буроинъекционных анкеров и сетчатых завес заключается в устройстве нагельного поля, в основе которого лежит буроинъекционный анкер (нагель). Анкер представляет из себя длинный металлический стержень, длина и диаметр которого могут сильно варьироваться - в среднем от одного метра до десятков метров в длину. Стержень состоит из штанг. Штанги покрыты резьбой, и именно они поочередно бурятся в грунт, на конец первой штанги навинчивается буровая коронка или долото, что делает анкер не только укрепляющим внутренние грунтовые слои элементом, но и буровым снарядом, который остаётся в шпуре. Штанги соединятся между собой соединительными муфтами с упором на центратор, который фиксирует положение анкера в грунте и не даёт ему прогнуться. После забуривания анкера на торчащий хвост накручивается сферическая гайка, которая крепко прижимает штангу к опоре. Основной задачей буроинъекционного анкера является передача нагрузки от конструкции на грунт и предотвращение его смещения или оседания.

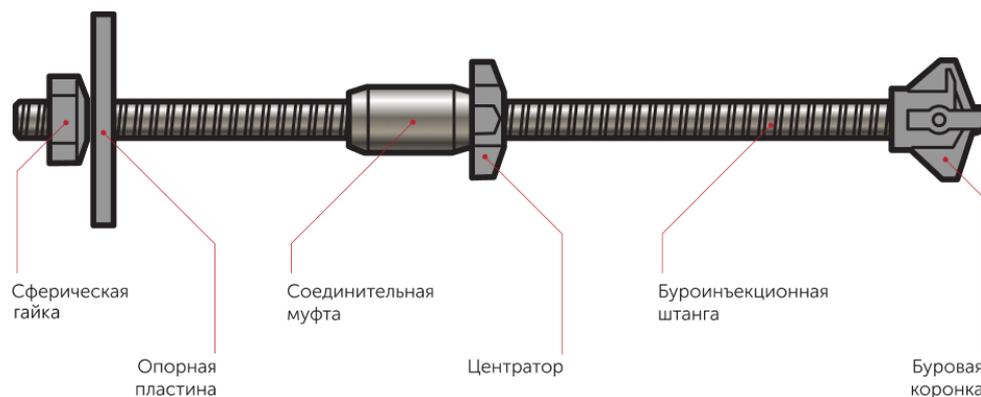


Рисунок 1 – Схема устройства буроинъекционного анкера

Процесс установки буроинъекционных анкеров включает в себя несколько этапов. Сначала идёт оборка территории и его подготовка к освоению. Завозится техника, оборудование и бытовочные помещения. Затем приступают к бурению скважины до необходимой глубины. В процессе бурения применяется специальное оборудование, которое обеспечивает точность и качество работы. После достижения нужной глубины в скважину вводится специальный раствор, который заполняет пространство между стенками скважины и самим анкером. Это обеспечивает дополнительную связь между анкером и грунтом, увеличивая его несущую способность. Итого такое бурение называют анкерным, оно позволяет сильно экономить рабочее время и средства, тем, что бурение шпура и монтаж анкера происходят разом. Анкерное бурение технологически относится к механическому удрано-вращательному бурению, дающему возможность создавать аккуратные длинные шпуры необходимого диаметра [3].

Упорядоченное расположение буроинъекционных анкеров с определённым шагом на заданной площади называют нагельным полем. В нём может присутствовать тысячи анкеров и десятки их рядов. При проектировании нагельных полей составляется расчётная модель, в которой рассчитываются несущая способность нагелей по материалу, по грунту и прочность покровной системы, а также проводятся расчёты устойчивости откоса. В соответствии с расчётами формируется проектная модель нагельного поля.

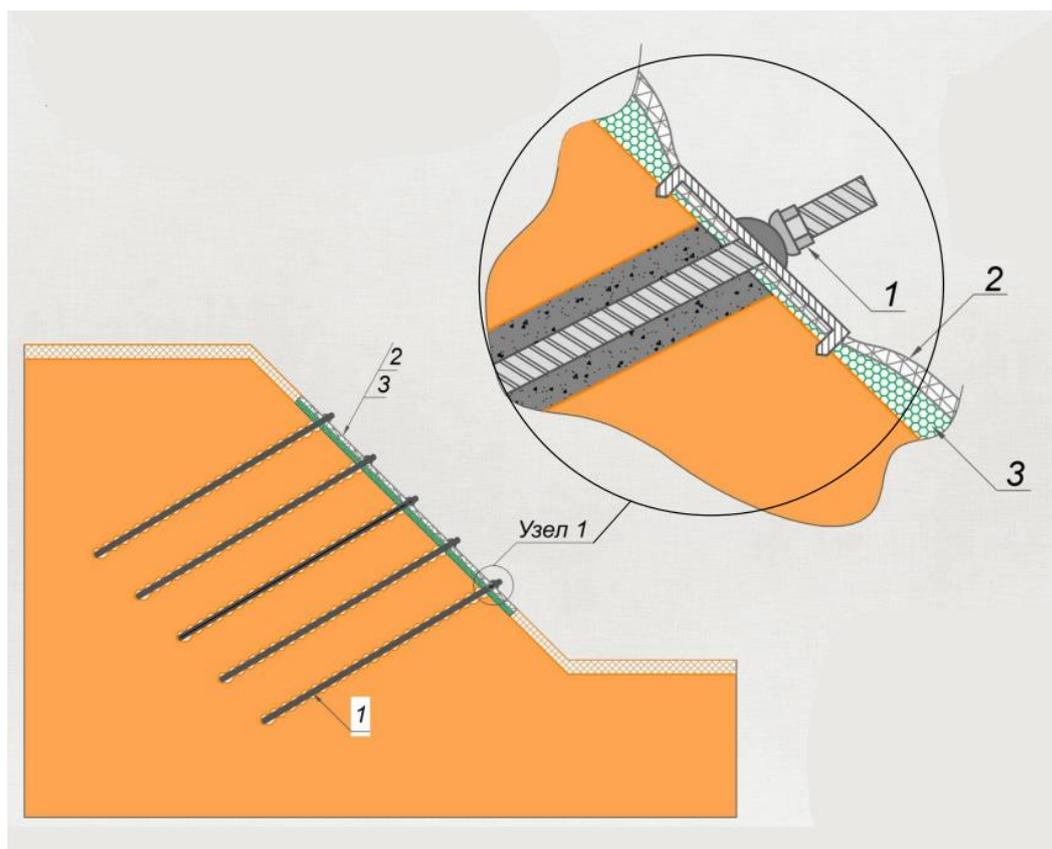


Рисунок 2 - Схема устройства нагельного поля. 1 – Буроинъекционный анкер; 2 – Вантовая защитная сеть; 3 – Нестабильный грунт

Следующим этапом работ является возведение сетчатой завесы. Сетки устанавливаются на склонах под определенным углом и натягиваются таким образом, чтобы эффективно задерживать камни, которые могут отрываться от породы. Важную роль в этом процессе играет конструкция сетки, которая должна обеспечивать достаточную прочность и гибкость для сопротивления ударной нагрузки, возникающей при падении камней.

Изготавливаются противокаменные сетки обычно из высокопрочных современных материалов, таких как сталь или композитные волокна, что позволяет им сохранять свои свойства даже в условиях воздействия атмосферных факторов, таких как дождь, снег и перепады температур. Дополнительно, они могут выполнять и другие функции, например, обеспечивать удержание растительности, способствуя тем самым дополнительному укреплению склонов. Сеть наносится поверх сформированного нагельного поля, опираясь на торчащие из грунта оголовки анкеров.

Противокаменные инженерные сетки представляют собой важный элемент защиты горных склонов и окружающей инфраструктуры от возможных камнепадов. Их применение становится особенно актуальным в районах с повышенной сейсмической активностью, а также в зонах с высоким риском обрушения камней из-за дождей или таяния снега. Сетчатые

завесы являются заключительным этапом при реализации инженерной защиты. Сеть наносится поверх сформированного нагельного поля, опираясь на торчащие из грунта оголовки анкеров.

Основной принцип действия таких сеток заключается в том, что они функционируют как барьер, который предотвращает свободное падение камней и сыпучих материалов. Сетки устанавливаются на склонах под определенным углом и натягиваются таким образом, чтобы эффективно задерживать камни, которые могут отрываться от породы. Важную роль в этом процессе играет конструкция сетки, которая должна обеспечивать достаточную прочность и гибкость для сопротивления ударной нагрузки, возникающей при падении камней.

Изготавливаются противокаменные сетки обычно из высокопрочных современных материалов, таких как сталь или композитные волокна, что позволяет им сохранять свои свойства даже в условиях воздействия атмосферных факторов, таких как дождь, снег и перепады температур. Дополнительно, они могут выполнять и другие функции, например, обеспечивать удержание растительности, способствуя тем самым дополнительному укреплению склонов.



Рисунок 3 - Устройство противокаменной защиты откоса

Вывод

Инженерная защита территорий методом буроинъекционными анкерами и противокаменной сетчатой завесой является новым и перспективным технологическим методом для стабилизации грунтов откосов, и выделяется на фоне других методов инженерной защиты своими новшествами, такими как:

Высокая адаптивность и технологическая гибкость рассматриваемого метода. Современные технологии позволяют адаптировать конструкции буроинъекционных анкеров и сетчатых завес под конкретные условия местности и задачи. Это дает возможность учитывать уникальные геологические, климатические и антропогенные факторы, что повышает общую эффективность и надежность защитных мероприятий;

Устойчивость и долговечность выполняемых работ. Буроинъекционные анкера обеспечивают надежное закрепление нестабильных грунтов и склонов, повышая их устойчивость. Эти конструкции способны выдерживать значительные нагрузки, распределять их и снижать давление на критические участки. Использование анкерных систем позволяет продлить срок службы сооружений и территорий, снизив вероятность их повреждения или разрушения. Противокаменная сетчатая завеса, в свою очередь, эффективно удерживает сходы пород, предотвращая их попадание на дороги, жилые здания и другие объекты;

Экономическая эффективность. Внедрение буроинъекционных анкеров и сетчатых завес есть более экономически выгодное решение по сравнению с традиционными методами укрепления склонов и защиты территорий. Эти технологии позволяют сократить затраты на ремонт и восстановление разрушенных объектов, а также на компенсацию ущерба, причиненного природными катастрофами. Кроме того, такие меры могут снизить расходы на страхование объектов недвижимости и инфраструктуры, расположенных в зонах повышенного риска, за счет уменьшения вероятности несчастных случаев и связанных с ними убытков;

Экологическая ответственность. Использование современных технологий в инженерной защите территорий позволяет минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Буроинъекционные анкера и сетчатые завесы, как правило, обладают меньшим экологическим следом по сравнению с массовыми земляными работами или строительством массивных бетонных конструкций. Буроинъекционные анкера внедряются в грунт с минимальными нарушениями его структуры, а сетчатые завесы обеспечивают естественное водоотведение и позволяют сохранить существующую растительность. Это особенно важно в контексте глобальной экологической повестки и стремления к устойчивому развитию.

Новизна и нарастающий спрос рассматриваемых видов работ. Поскольку инженерная защита приобретает популярность лишь в последние десятилетия и производится под заказ, включает многогранные работы: бурение, инъектирование, монтаж конструкций, опалубка склонов, появляется острая необходимость выделения инженерной защиты в самостоятельный вид строительных работ, с обученным под соответствующие нужды персоналом и техникой.

Список литературы

1. Брылин, В.И. Бурение скважин специального назначения: учебное пособие / В.И. Брылин; Томский политехнический университет. — 2-е изд. — Томск: Изд-во ТПУ, 2008. <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2010/m119.pdf>
2. Свайно-анкерные противооползневые конструкции: монография / С. И. Маций, А.К. Рябухин. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 189 с.
3. Свод правил. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. СП 116.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 22-

02-2003 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: [сайт].
– URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095540>

Сведения об авторе

Тихонов Д.Ф., магистрант, СПбГТИ(ТУ), Санкт-Петербург, Россия

Tikhonov D.F., Master's student, SPbGTI(TU), St. Petersburg, Russia

УДК 7.04

Михальцевич Д.А.

Санкт-Петербургская государственная художественно-промышленная академия имени А.Л. Штиглица, Санкт-Петербург, Россия

Методы влияния архитектурной иллюстрации на зрителя

Аннотация: Архитектура, всегда играла важную роль в формировании культуры и окружающей нас среды. Архитектурная иллюстрация имеет значительное влияние на зрителя, способствуя формированию определенных эмоций и впечатлений. Данная статья исследует, как архитектурная иллюстрация влияет на зрителя. В исследовании разбираются различные факторы, которые оказывают влияние на виденье архитектурных иллюстраций. Результаты исследования могут быть полезны, помогая создавать более эмоциональные и понятные иллюстрации.

Ключевые слова: архитектурная подача, архитектура, принципы дизайна, средовой дизайн, дизайн, архитектурная иллюстрация

Mikhailtsevich D.A.

Methods of influence of architectural illustration on the viewer

Abstract: Architecture has always played an important role in shaping culture and the environment around us. Architectural illustration has a significant impact on the viewer, contributing to the formation of certain emotions and impressions. This article explores how architectural illustration influences the viewer. The study examines various factors that influence the vision of architectural illustrations. The results of the study can be useful in helping to create more emotional and understandable illustrations.

Keywords: architectural presentation, architecture, design principles, environmental design, design, architectural illustration

На первый взгляд, архитектурная подача проекта может показаться чем-то сугубо техническим и функциональным, но, на самом деле, она имеет огромное влияние на восприятие проекта человеком. Сегодня в эпоху высоких технологий и глобализации вопросы визуального восприятия архитектурных проектов приобретают особую актуальность. С увеличением числа городских пространств, зданий и структур, с которыми человек ежедневно сталкивается, степень воздействия архитектурной подачи на зрителя становится ключевым аспектом как в профессиональных архитектурных решениях, так и в обществе. В настоящее время, архитектурная подача имеет большое влияние на зрителя, поэтому, следует разобрать какие методы используются для создания психологических эффектов посредством архитектурной иллюстрации на человека, и как это влияет на восприятия, эмоции и взаимодействие человека с окружающей средой. Эта тема является актуальной и важной, так как она позволяет более осознанно подходить к проектированию и восприятию архитектурных решений, способствуя

созданию более гармоничной и эмоционально насыщенной среды для жизни и творчества.

Чтобы более подробно и многосторонне передать смысл понятия «архитектурная иллюстрация», следует рассмотреть несколько разных его определений. В учебно-методическом пособии по архитектурной графике авторства Н.Н. Лебедевой и И.А. Марченковой говорится, что архитектурная иллюстрация – совокупность средств, при помощи которых изображается архитектурный объект [1, с. 4.]. В своем исследовании К. Г. Зайцев определяет архитектурную иллюстрацию как применение средств и приемов графического искусства к изобразительным задачам, возникающим в процессе создания проекта [2, с. 6]. На основе этого можно заключить, что архитектурная иллюстрация — это искусство представления архитектурных объектов, зданий и ландшафтов через изображения. Она играет значимую роль в формировании восприятия и воздействии на человека, обладая определенными психологическими и эмоциональными характеристиками. Подача проекта может оказать влияние на решения и выборы людей в контексте строительства и дизайна. Она может повлиять на их поддержку или противодействие определенным архитектурным проектам или решениям. В данном контексте воздействие подачи проекта на человека можно рассматривать в двух аспектах: эмоциональное и когнитивное. Эмоциональное воздействие архитектурной иллюстрации основано на субъективном восприятии и эмоциональной реакции человека на изображенные архитектурные объекты [3, с. 63]. Применение насыщенных оттенков, динамических композиций, характерных элементов архитектуры и обработка света могут провоцировать положительные или отрицательные эмоции. Например, использование ярких цветов и симметричных форм может вызывать у человека чувство радости и восхищения, тогда как темные цвета и несимметричные формы — чувство тревоги и неудовлетворенности [4, с. 15]. Таким образом, даже мелкая деталь на подсознательном уровне создаёт крепкую эмоциональную связь с архитектурным объектом, в процессе чего именно она может играть ключевую роль в отношении зрителя к объекту восприятия. И уже следующим этапом являются размышления о более рациональных аргументах за и против аренды, приобретения или реализации проекта. Именно этот фактор дает архитекторам и дизайнерам возможность контролировать эмоциональный отклик у потребителя за счет его подсознательных привязанностей.

Основным способом для погружения в атмосферу проекта и передачи его сути является цвет. Он является одним из ключевых инструментов, которые воздействуют на аудиторию и определяют результаты творческой работы дизайнера, особенно когда речь идет о воплощении определенной задумки. Цвет представляет собой содержание формы объекта, что позволяет передать уникальные характеристики проекта, его удобство в

использовании и эксплуатационные особенности. Т. Ю. Быстрова считает, что «от того, как определит дизайнер цвет “морская волна” или “персиковый”, будет зависеть цветовая гамма пространства и эмоциональное состояние людей в этом пространстве» [5, с. 34]. У каждого цвета есть свое эмоциональное значение и функция, однако восприятие цвета человеком зависит не только от его прямого значения, но и от психологического состояния человека, его возраста, финансового положения, местоположения и социальной группы. Особенности применения цветовой гаммы дизайнером вырабатывались с использованием научных разработок таких авторов, как И. Иттен и А. Г. Манселл. Они разработали практические рекомендации и выделили классификационные признаки цвета, являющиеся актуальными по сей день. Например, страх и тревожность могут повысить чувствительность к ярким или необычным цветам, вызывая более интенсивные реакции, а грусть и печаль могут делать цвета более тусклыми и холодными, повышая интерес к синим и фиолетовым оттенкам у человека. Также важным является выбор сочетаний цветов, поскольку различные комбинации могут оказаться более привлекательными, чем использование каждого цвета по отдельности. Цветовые комбинации могут провоцировать ассоциации с природой, временами года или определенными эмоциональными состояниями. Например, сочетание серых и фиолетовых оттенков с акцентом оранжевого цвета будет выглядеть интереснее по сравнению с монохромным оформлением [6, с. 2]. Кроме того, менее насыщенные цвета вызывают более сложные и непредсказуемые ассоциации. Цвет помогает создать определенное настроение в проекте. Цветовые акценты также могут привлечь внимание зрителя на ключевые элементы в подаче (например, входная группа или фасады). Разработка цветовой схемы для проекта, которая будет соответствовать его концепции и стилю также поможет создать единую и гармоничную картину, что сделает подачу более привлекательной и понятной.

Для более точного и конкретного результата, в рамках исследования также был проведен опрос на тему восприятия среди людей из разных сфер деятельности, в том числе, среди людей, не связанных с искусством и архитектурой. В эксперименте приняли участие 15 человек. У респондентов была возможность выбирать несколько вариантов ответа.

Для более конкретного анализа влияния цвета на восприятие проекта стоит рассмотреть подачу проектов ландшафтного отеля «Vels» от студии AD HOC ARCHITECTURE и конкурсный проект «Women’s house» (рис. 1).

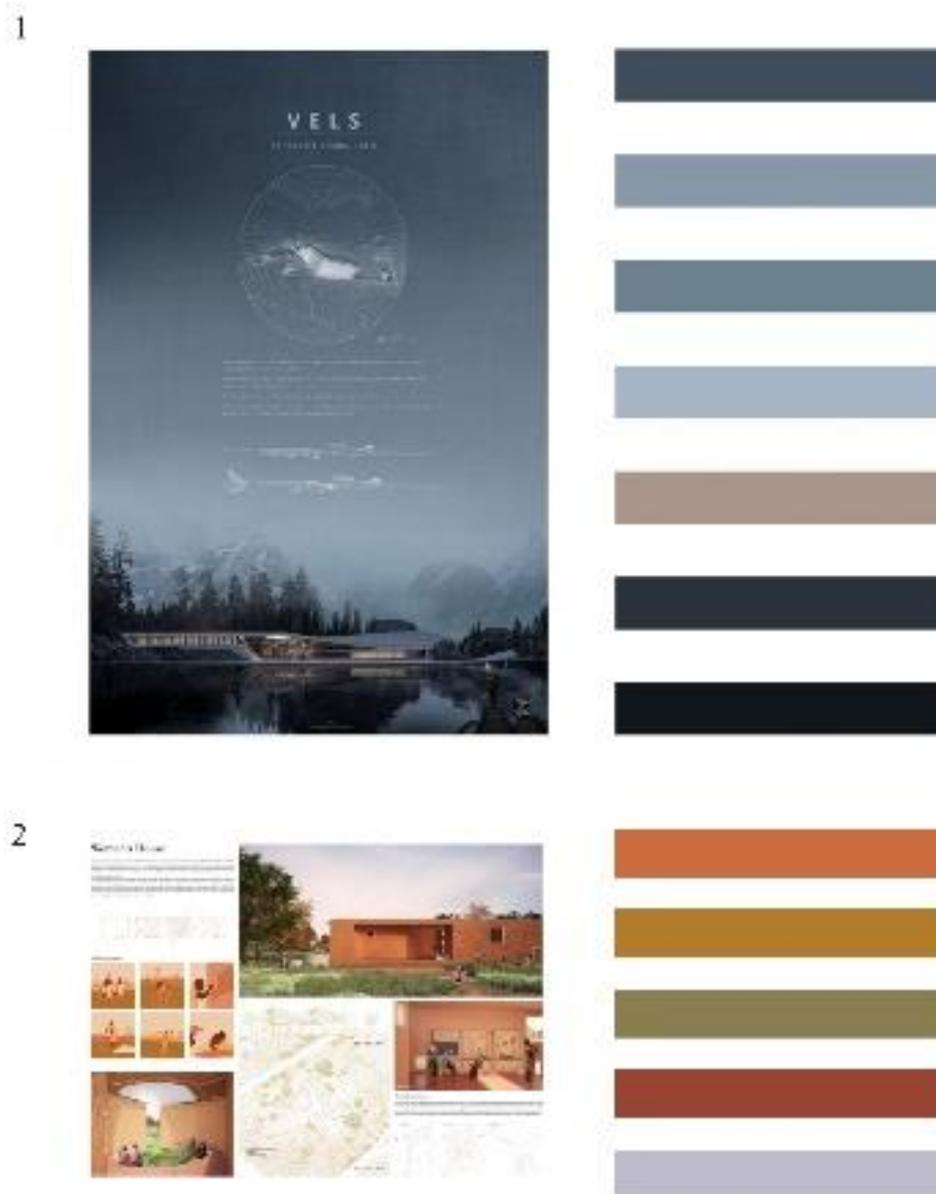


Рис. 1. Ландшафтный отель «Vels» (AD HOC ARCH) и Women's house (Анначиара Трабаччин, Елена Пачканьелла, Глория Айольфи, Альберто Мартини).

Отель спроектирован на территории Пермского края вблизи Уральских гор, где до сегодняшних дней распространена добыча соли. В концепцию проекта легла легенда о тяжелой участи рабочих в этой местности, таскавших круглые сутки на плечах мешки с солью, в последствии чего их уши были пропитаны солью. Вдохновившись этой информацией, архитекторы создали пространство, в котором человек может проникнуться историей, уединившись с природой. Стоит также отметить, что задумкой проекта является создать не просто место для отдыха, а пространство для творческих людей, которые смогут, посетив это место, найти для себя что-то новое. Цветовая палитра подачи проекта четко передает посыл авторов и настраивает зрителя на меланхоличный

отдых. Основным цветом в проекте выступает приглушенно синий цвет. Использование холодных цветов (синего, зеленого, фиолетового) создает ощущение спокойствия и прохлады, но когда синий затенён, то его тусклый цвет также вызывает в нас чувство суеверия, боязни, потерянности и печали [7, с. 48]. В рамках эксперимента участникам была показана данная иллюстрация. Самыми распространенными ответами среди чувств и эмоций, которые вызывает данный проект, являются чувство успокоения (10 ответов), чувство грусти (6 ответов), чувство ностальгии (3 ответа), ощущение вдохновения (2 ответа) и чувство холода (2 ответа). Также были варианты ответа, написанные в свободной форме, такие как: чувство уединения, чувство тревоги, чувство страха и так далее. Из результатов опроса можно сделать выводы, что классическая теория цвета работает во взаимодействии со зрителем и может использоваться авторами для того, чтобы воздействовать на зрителя в нужном ключе. Таким образом, благодаря цвету зрителю проще воспринимать архитектурный объект в контексте с культурным и историческим наследием территории проектирования, и он на подсознательном уровне может прочувствовать атмосферу, заложенную в проект архитекторами.

В конкурсе Kaïra Loogo в 2021 г. на лучшее архитектурное решение «женского дома» в Африке проект «Women's house» занял третье место. Основной задачей было создать пространство для женщин, свободное от гендерного неравенства и предрассудков. Подача выполнена в теплых тонах: использование теплых цветов (красного, оранжевого, желтого) создает ощущение уюта и тепла, так как «красно-оранжевый цвет плотен и непрозрачен, но так ярок, словно наполнен внутренним жаром. Теплота красного цвета повышается в красно-оранжевом до силы пламени» [7, с. 47]. Яркие цветовые акценты обращают внимание зрителя на посыл авторов передать ощущение борьбы со стереотипами, так как цель проекта, создать пространство, в котором любая женщина будет ощущать себя свободной и сильной. В данном случае, также на выбор цветовой гаммы влияет место проектирования и культурные особенности. Так, в данной зоне проектирования больше используются характерные для этой местности и культуры цвета и оттенки. Данная иллюстрация также была продемонстрирована в опросе. По его результатам, самые часто вызываемые иллюстрацией чувства, это чувство радости (6 ответов), а также чувство вдохновения (4 ответа), чувство ностальгии (3 ответа) и чувство удивления (6 ответов). У нескольких респондентов эта подача вызвала чувство любви (2 ответа), а также чувства заинтересованности и тепла (по одному ответу). Таким образом, можно сделать выводы, что яркие теплые цвета преимущественно вызывают положительные эмоции, но также важен контекст изображения, так как он может существенно повлиять на первое впечатление у зрителя. Конкретно в этом случае, многих респондентов удивила именно тема архитектурной подачи.

Используя определенные характеристики формы и композиции, также можно вызвать у человека определенные эмоции. Так же, как и цвет, форма и композиция имеют психологическое воздействие на человека. По теории И. Иттена, есть три основные формы: квадрат (вертикальные и горизонтальные линии), треугольник (диагонали), круг (круговое движение). Например, окружность ассоциируется с женским началом, воплощая в себе тепло, уют, чувственность, любовь и ассоциируемые с ними концепции) [8, с. 66]. Кроме того, окружности (или дуги) служат средством для выражения идеи объединения, целостности, устойчивости, движения и безопасности [9, с. 40–49]. Треугольники символизируют мужскую сущность, включающую силу, агрессивность и динамичность. Направление треугольника также несет свою значимость, поскольку взгляд подсознательно следует за доминирующим углом. Если треугольник повернут вершиной вверх, он выражает движение и агрессию. Однако, треугольник, повернутый вниз, ассоциируется с пассивностью и безучастностью. Прямоугольники, включая квадраты, также вызывают определенные ассоциации, включая силу и надежность (вероятно, из-за их жесткости и стабильности). Прямоугольные формы создают у пользователя ощущение порядка, логики, иерархии и безопасности [9, с. 40–49]. Как и с цветом, с формами можно работать в комбинациях для создания более подходящего и понятного зрителю образа, в подтверждение чему может послужить утверждение И. Иттена о том, что «чтобы создать даже простейший и однозначный образ необходимо вариационное и комбинационное мышление» [8, с. 67]. Линии на изображении также оказывают влияние на эмоции человека. Горизонтальные линии могут создавать ощущение умиротворенности и комфорта. В то время как вертикальные линии и острые углы могут вызывать чувство напряженности и энергии. Линия всегда содержит более явное движение, чем пятно, поскольку здесь проявляется его оптическая сила или влияние [10, с. 5]. Композиция форм на подаче также существенно влияет на восприятие объекта. Одним из ключевых аспектов эмоционального влияния композиции является баланс и гармония. Когда объекты на изображении расположены симметрично или равномерно разбросаны в пространстве, это может вызвать чувство удовлетворенности и радости. С другой стороны, несимметричная композиция или подчеркнутые неравномерные расположения объектов могут вызывать чувство динамизма, неожиданности или даже беспокойства [10, с. 50].

Например, в подаче проекта отеля «Дасаватара» (рис. 2) диагональ, идущая из левого верхнего угла, визуальнo разделяет изображение на две части. Она играет роль направляющей из одного угла в другой, тем самым переключая внимание зрителя с верхнего угла на противоположный нижний. [10, с. 41]. Такой прием добавляет динамику в подачу, а также подчеркивает сам характер постройки, в которой используются

преимущественно ломаные динамичные линии. Острые углы в композиции также усиливают этот эффект. По результатам опроса, большинство людей (9 ответов) и правда рассматривают эту иллюстрацию по диагонали, но от разных углов. Также некоторые отвечали, что рассматривали картинку сверху вниз (4 ответа) и снизу вверх (2 ответа), некоторые рассматривали картинку от центра или от краев (по одному ответу).

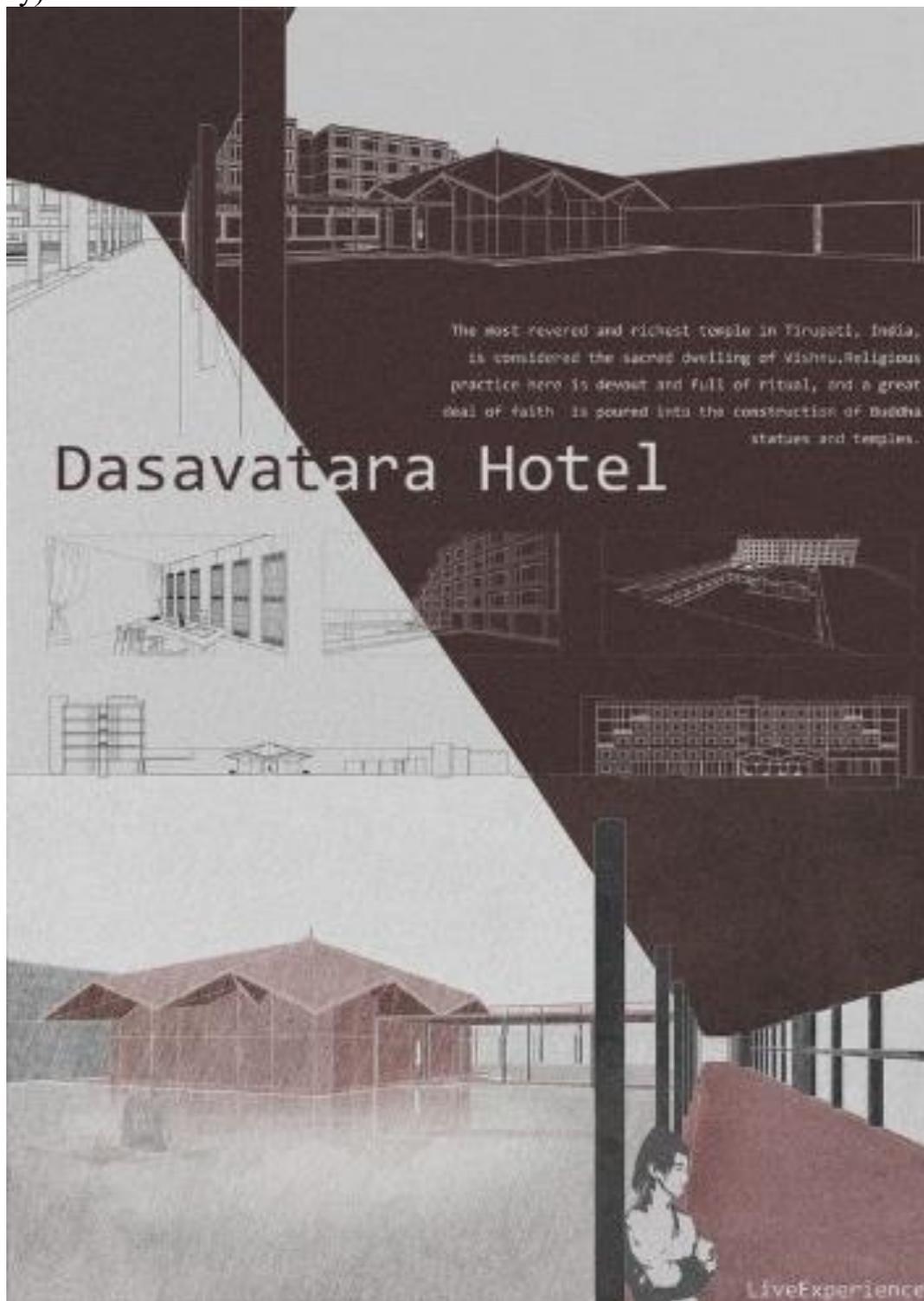


Рис. 2. Отель «Дасаватара» (SJK Architects).

Важно учитывать, что по своей сути эмоциональное влияние форм и композиции изображения на человека может быть сильным и индивидуальным. Каждый человек может воспринимать и реагировать на композицию по-своему, в зависимости от своего характера, опыта и настроения. Поэтому, создавая изображения, следует понимать эмоциональные реакции зрителей и стремиться к достижению желаемых эмоциональных эффектов.

Другим из аспектов психологических воздействий является свет и тень. Они создают атмосферу и настроение, передают особенности и характер здания, а также подчеркивают его форму и текстуры. Свет может быть ярким, что создает позитивное и оптимистичное впечатление. Также он может быть мягким и рассеянным, что придает мистическую и загадочную атмосферу сцене, передавая настроение уныния и грусти [11, с. 25], но помимо этого, подобный прием также может передавать спокойствие и безмятежность. Тени могут создавать ощущение таинственности и интриги, особенно если они играют важную роль в композиции изображения. Они также могут использоваться для подчеркивания геометрических форм здания, добавляя ему объем и глубину [11, с. 104]. Комбинация света и теней может вызывать различные эмоции, такие как возбуждение, заинтересованность, тревогу или спокойствие [11, с. 92]. Например, яркий свет и резкие тени могут создавать чувство динамизма и напряжения, в то время как мягкий свет и рассеянные тени могут вызывать состояние умиротворения и покоя [11, с. 58]. В целом, свет и тени существенно влияют на эмоциональное восприятие архитектурного изображения, они помогают передать настроение и выразить идею, которую архитектор хотел воплотить в своем проекте.

Проект модульных домов «ANNA» и его визуализации наглядно показывают, как свет и тени влияют на атмосферу, исходящую от изображения (рис. 3). Концепция проекта заключается в создании жилого модуля для комфортной жизни в уединении с природой. Чтобы подчеркнуть уют жилого пространства проекта, архитекторы используют контраст света и тени, а также их тональность. Так, исходящий от модуля теплый и яркий свет на контрасте с холодными тенями в окружении создают ощущение тепла и спокойствия, призывая тем самым зайти внутрь или приблизиться к источнику света. В рамках опроса выяснилось, что данная иллюстрация вызывает у большинства респондентов чувство успокоения (9 ответов), чувство страха (3 ответа), а также чувства любви (2 ответа), уюта (1 ответ), ностальгии (2 ответа), грусти (2 ответа) и вдохновения (1 ответ), что подтверждает тезис о необходимости использования света и тени в подаче для передачи нужного настроения.



Рис. 3. CABIN ANNA (Каспар Шолс).

В совокупности форма, цвет и прочие факторы могут формировать один из таких психологических аспектов как ностальгия и когнитивное восприятие. Чувство ностальгии по своей природе является сентиментальной тягой к тому, чего уже не может быть — счастью, связанному с определенным временем или местом [12, с. 2]. Ностальгия может оказывать разнообразные эмоциональные воздействия на человека. Она может вызывать счастье и радость, когда мы вспоминаем о приятных моментах нашей жизни [12, с. 2]. Она также может вызывать грусть и тоску, когда мы вспоминаем утраченные возможности или прожитые ситуации. Ностальгия также может стимулировать творческие процессы, вдохновлять людей на создание искусства или музыки, основанной на наших воспоминаниях. Ностальгия может иметь исцеляющий эффект, поскольку она позволяет пережить положительные эмоции и восстановить эмоциональное равновесие. Она может дать эмоциональное утешение и позволить нам переварить прошлые события [13]. В настоящем времени, в условиях сложных глобальных событий и вызовов, стабильное эмоциональное состояние у человека приобретает особую важность. Стремительные изменения в мире, такие как пандемия, экономическая нестабильность, природные бедствия и социальные напряжения, могут оказывать серьезное воздействие на эмоциональное благополучие людей. В таких условиях поиск и использование приемов, помогающих обрести психологическое спокойствие, играет ключевую роль.

Таким образом, ностальгия является одним из сильнейших способов вызвать эмоциональный отклик у человека. Она позволяет людям пережить и вновь ощутить эмоции и воспоминания, связанные с прошлыми событиями, а также позволяет ощутить человеку психологический комфорт даже в новом для него пространстве, тем самым делая его более привлекательным для потребителя. Для этого можно перенимать у источников, таких как книги или фильмы, цветовую гамму, графическую композицию или даже элементы стиля для использования в

архитектурной графике, таким образом, создавая у человека уникальный поток ассоциаций на уровне чувств [12, с. 3].

Когнитивное воздействие архитектурной иллюстрации связано с влиянием изображенных объектов на когнитивные процессы человека, такие как восприятие, внимание и память. Архитектурная иллюстрация может использовать различные методы и приемы для привлечения внимания к определенным аспектам архитектуры и создания глубокого впечатления. Например, использование перспективы, детализации и игры света может помочь создать впечатление объемности и глубины, привлекая внимание зрителя к основным элементам и деталям архитектурного объекта [1, с. 4]. Архитектурная иллюстрация может вызывать чувство восторга, вдохновения, успокоения и способствовать формированию положительных ассоциаций и восприятия архитектуры. Кроме того, архитектурная иллюстрация также может быть использована для коммуникации и передачи информации в виде сюжета об архитектурном объекте, помогая людям лучше понять его форму, функцию и ценность. Сюжет, как метод когнитивного воздействия на человека может присутствовать в подаче в виде стаффажа и антуража [1, с. 33].

Подобные приемы можно часто встретить в архитектурных коллажах. Например, архитектурное бюро «Сергей Скуратов Architects» в своем проекте жилого комплекса решило использовать стилистику и элементы из СССР, а в архитектурном коллаже Риккардо Микколи и Марии Витория демонстрируют архитектуру именно через сюжет (рис. 4).



Рис. 4. Проект жилого комплекса на Ленинградском шоссе, 69 (Сергей Скуратов Architects) и коллаж Риккардо Микколи и Марии Витория.

В своих коллажах авторы «Сергей Скуратов Architects» решили в качестве стаффажа к проекту использовать вырезанные фигуры из

советских картин, тем самым привлекая внимание не только молодой аудитории на фоне популярности ретро эстетики, но и внимание людей, прошедших через эту эпоху на собственном опыте. Данный тезис также подтвердили результаты опроса. Большинство респондентов утверждают, что данные иллюстрации вызывают у них чувство ностальгии (7 ответов) и вдохновения (5 ответов). Также у опрошенных иллюстрация вызвала чувство радости (4 ответа), успокоения (2 ответа), чувства любви и смятения (по одному ответу). Также, использование изображений или элементов из картин или фильмов с целью вызвать ностальгию и активировать поток приятных воспоминаний из прошлого — это иногда не только маркетинговый ход, но и средство для формирования у зрителя стабильно комфортного психоэмоционального настроения [12, с. 3].

На переднем плане коллажа Риккардо Микколи и Марии Виттория изображается разворачивающееся действие, уже в процессе, осмысления которого, зритель начинает обращать внимание на архитектуру. Таким образом, автор демонстрирует функциональное значение архитектурного объекта наблюдателю, используя сюжет.

Проанализировав все вышесказанное можно заключить, что иллюстрация в архитектуре играет важную роль в формировании впечатлений у зрителя и может эффективно влиять на его восприятие окружающей среды. Методы влияния на зрителя через архитектурную иллюстрацию могут быть разнообразными и включать в себя как визуальные, так и эмоциональные эффекты. На основе этого можно сделать определенные выводы:

Один из методов влияния на зрителя — использование цветовой палитры. Цвета в архитектурной иллюстрации могут вызывать определенные эмоции у зрителя и создавать определенную атмосферу.

Другой метод воздействия на зрителя — использование форм и композиции. Геометрические формы, такие как прямоугольники, круги и треугольники, могут вызывать различные ассоциации у зрителя и передавать определенные сообщения. Композиция и перспектива также являются важными методами влияния на зрителя. Правильно выбранная композиция и использование определенных приемов перспективы могут помочь создать ощущение глубины и пространства, а также направить взгляд зрителя на определенные детали или объекты.

Один из наиболее эффективных методов воздействия на зрителя — игра света и тени. Использование конкретных источников света и разных уровней освещения может создавать глубину и объем в архитектурной иллюстрации и делать ее более выразительной. Свет и тень также могут создавать определенные настроения и акцентировать внимание на определенных частях композиции.

Эмоциональное воздействие на зрителя может быть достигнуто с помощью ностальгии, благодаря использованию определенных стилей или элементов.

С помощью когнитивного восприятия человеком изображения, можно передавать суть, идею и сюжетность объекта, а также помочь зрителю прочувствовать окружение и настроение проекта.

Таким образом, при создании проекта, необходимо работать не только над его содержанием, но и продумывать визуальную часть подачи. Важно учитывать характер аудитории, для которой создается проект и подстраиваться под ее запросы, предугадывать ее реакцию, а также взаимодействовать с ней. Результаты эксперимента показали, что реакции людей на изображения во многом зависят от теории цвета, от светотени, композиции и форм, которые использует архитектор в своих подачах и это стоит учитывать при разработке проекта.

Список литературы:

1. Лебедева Н.Н., Марченкова И.А. Архитектурная графика. Учебно-методическое пособие. Минск: БНТУ, 2018. 47 с.
2. Зайцев К.Г. Современная архитектурная графика. М.: Издательство литературы по строительству, 1970. 204 с.
3. Рябов О.Р., Николаева И.В. Эмоциональное восприятие архитектурной среды. // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. № 3 (37). 2016. С. 62–67. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/emotsionalnoe-vospriyatie-arhitekturnoy-sredu> (дата обращения 20.10.2023).
4. Волкова К.Э., Бартенева Ю. В. Влияние цвета на эмоциональный фон и психологию человека // Коллекция гуманитарных исследований. № 1 (22). 2020. С. 13–16. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tsveta-na-emotsionalnyy-fon-i-psihologiyu-cheloveka> (дата обращения 20.11.2023).
5. Быстрова Т. Ю. Методика подбора цветового тона в дизайне // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2013. № 3. С. 34–43. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20360712204> (дата обращения 7.10.2023).
6. Барышева М. Э., Марченко М. Н. Цвет как инструмент дизайнера и его влияние на психологию потребителей // Modern Science. 2022. № 4–2. С. 266–269. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48405571>
7. Иттен И. Искусство цвета: Учебное пособие. М.: Просвещение, 2011. 400 с.
8. Иттен, И. Искусство формы: Мой форкурс в Баухаузе и других школах. М.: Просвещение, 2011. 138 с.
9. Гропиус В. Круг тотальной архитектуры. М.: Ад Маргинем Пресс, 2017. 208 с.
10. Голубева О.Л. Основы композиции. Учебное пособие: Изобразительное искусство. М.: Изобразительное искусство, 2015. 135 с.
11. Хогарт Б. Игра света и тени для художников. М.: Издательство АСТ, 2001. 153 с.
12. Ажгихин С.Г., Грицык Е.И. Ностальгия как способ воздействия на потребителей в дизайне рекламы // Культурная жизнь Юга России. 2020. №1 (76). С.71–74. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nostalgiya-kak-sposob-vozdeystviya-na-potrebiteluy-v-dizayne-reklamy> (дата обращения 7.10.2023).

13. Хельфанд Д. Шок от старого: переосмысление ностальгии // Designobserver: онлайн-издание. URL: <https://designobserver.com/feature/the-shock-of-the-old-rethinking-nostalgia/3807> (дата обращения 7.10.2023).

Сведения об авторе:

Михальцевич Д.А., студент, Санкт-Петербургская государственная художественно-промышленная академия имени А.Л. Штиглица, Санкт-Петербург, Россия

Научный руководитель: Сердитов Степан Сергеевич, старший преподаватель Санкт-Петербургская государственная художественно-промышленная академия имени А.Л. Штиглица, Санкт-Петербург, Россия

Mikhailtsevich D.A., student, St. Petersburg State Stieglitz Academy of Art and Industry, St. Petersburg, Russia
Scientific supervisor: Stepan Serditov, Senior Lecturer St. Petersburg State Stieglitz Academy of Art and Industry, St. Petersburg, Russia

УДК 349.6

Токарев К.О.

ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», Москва, Россия

Особенности установления охранных зон газораспределительных сетей и внесение сведений о них в ЕГРН

Аннотация. В статье рассмотрены особенности установления такой зоны с особыми условиями использования территории, как охранная зона газопровода. Во вводной части статьи рассмотрены причины необходимости установления таких зон. В основной части статьи описаны основные положения порядка установления границ охранных зон. Кроме того, рассмотрена процедура внесения сведений о таких зонах в ЕГРН. В заключение подведены итоги работы.

Ключевые слова: охранная зона, газораспределительная система, положения, Постановление Правительства, требования, местоположение границ.

Tokarev K.O.

Features of creating security zones of gas distribution networks and entering information about them into the Unified State Register of Real Estate

Abstract. The article discusses the specifics of establishing such a type of zone with special conditions for the use of the territory, such as a security zone for a gas pipeline. The introductory part of the article discusses the reasons for the need to establish such zones. The main part of the article describes the main provisions of the procedure for establishing the boundaries of protected areas. In addition, the procedure for entering information about such zones into the Unified State Register of Legal Entities has been reviewed. In conclusion, the results of the work are summarized.

Keywords: security zone, gas distribution system, regulations, Government Decree, requirements, location of borders.

В соответствии с Федеральным законом от 31.03.1999 N 69-ФЗ «О газоснабжении в Российской Федерации» под газораспределительной системой понимается комплекс, который состоит из объектов, предназначенных для транспортировки и подачи газа, связанных между собой организационно, экономически и технологически [1].

В связи с тем, что объекты газораспределительных систем являются опасными, так как с помощью них производится транспортировка и подача взрыво- и пожароопасного вещества, Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» определены основы безопасной эксплуатации таких объектов [2].

Так, установление охранной зоны является одним из способов обеспечения безопасной эксплуатации объектов газораспределительных систем без вреда для окружающей среды и населения.

Под термином «охранная зона газопровода» подразумевается законодателем один из видов зон с особыми условиями использования территорий (далее – ЗОУИТ), который устанавливается в установленном Правительством Российской Федерации порядке, вдоль трассы трубопровода, а также вокруг других объектов газораспределительной системы для того, чтобы обеспечить безопасную эксплуатацию данного объекта, дабы исключить возможность его повреждения или возникновения аварийных ситуаций [1].

Законодательное регулирование процедуры установления охранных зон и внесение сведений о них в ЕГРН осуществляется следующими нормативно-правовыми актами:

Федеральный закон от 31.03.1999 N 69-ФЗ «О газоснабжении в Российской Федерации»;

Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 20.03.2025);

Постановление Правительства РФ от 20 ноября 2000 г. N 878 «Об утверждении Правил охраны газораспределительных сетей»;

Федеральный закон от 13.07.2015 N 218-ФЗ (ред. от 23.05.2025) «О государственной регистрации недвижимости»;

Приказ Росреестра от 26.07.2022 N П/0292 «Об установлении формы графического описания местоположения границ населенных пунктов, территориальных зон, особо охраняемых природных территорий, зон с особыми условиями использования территории...».

Так, в земельном законодательстве закреплены цели установления зон с особыми условиями использования территорий, которые должны достигаться, а именно, обеспечение защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, обороны страны и безопасности государства, безопасной эксплуатации объекта, сохранности объектов культурного наследия, пунктов ГГС, ГНС, ГГС [3].

Таким образом, достижение данных целей обеспечивается установлением ограничений использования земельных участков, которые пересекаются границами ЗОУИТ. Данные ограничения распространяются как на то, что расположено над, так и под поверхностью земли.

Итак, при установлении ЗОУИТ в границах таких зон ограничивается и (или) запрещается размещение недвижимого имущества, а также осуществление определенных видов деятельности, которые несовместимы с видом размещаемого объекта, в отношении которого устанавливается ЗОУИТ [3].

Кроме того, Земельным кодексом РФ закреплено одно из полномочий Правительства РФ – это утверждение положений в отношении

определенных видов ЗОУИТ, где должны содержаться конкретные требования к установлению таких зон [3].

Так, порядок установления охранных зон газопроводов установлен Постановлением Правительства РФ от 20 ноября 2000 г. N 878 «Об утверждении Правил охраны газораспределительных сетей» [4].

Требования, описанные в данном Постановлении, обязаны соблюдаться на территории Российской Федерации. Их соблюдение контролируется при помощи проведения государственного контроля (надзора) [4].

В отношении охранных зон газораспределительных сетей устанавливаются требования, описанные на рисунке 1.

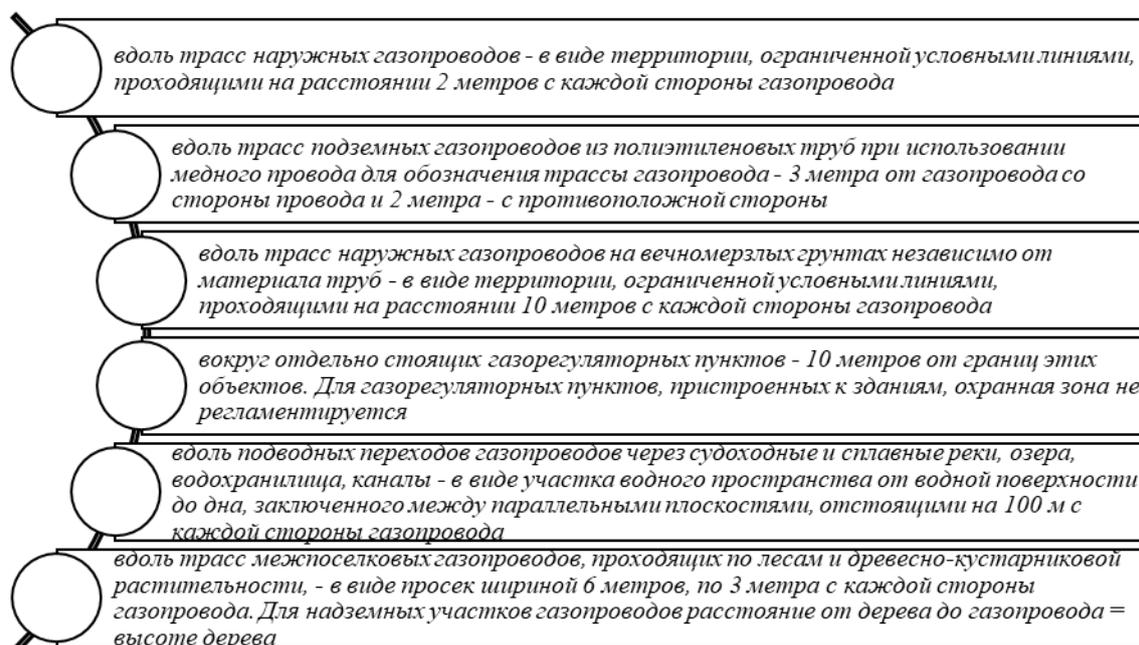


Рисунок 1. Параметры для установления границ охранных зон газопроводов

В связи с установлением охранных зон, в отношении обременяемых земельных участках устанавливается целый ряд ограничений, а именно: запрет на осуществление строительства жилых и производственных объектов, на проведение сноса или реконструкции объектов дорожного фонда, коллекторов без получения согласования эксплуатирующей организации, на разрушение сооружений, обеспечивающих сохранность газопровода от разрушений, на изменение положения, на уничтожение опознавательных знаков, на огораживание доступа к объектам газораспределительной системы, на разведение огня, на осуществление работ по созданию погреба или возделывание поверхностного слоя земли глубже, чем 0,3 метра, осуществлять самовольное подключение и прочее [4].

Сведения об охранных зонах должны быть внесены в ЕГРН на основании решения об утверждении границ охранной зоны. Утвердить

такое решение уполномочен исполнительный орган власти субъекта РФ [4].

Для того, чтобы эксплуатирующей организации получить решение об утверждении границ охранной зоны, необходимо обратиться в уполномоченный орган власти с заявлением об утверждении границ охранной зоны газораспределительных сетей, прикладывая следующий пакет документов [4]:

Текстовое описание местоположения границ охранной зоны;

Графическое описание местоположения границ охранной зоны;

Форма графического описания местоположения границ охранной зоны утверждена Приказом Росреестра от 26.07.2022 N П/0292. Данным Приказом утверждена форма разделов, необходимых для заполнения, требования к точности определения координат характерных точек границ охранной зоны, а также к документу, на основании которого вносятся сведения в ЕГРН (электронный документ в формате XML).

Перечень координат характерных точек границ охранной зоны в системе координат, в которой осуществляется ведение ЕГРН;

Исполнительная съемка сооружения;

Согласие от собственников земельных участков, которые будут обременены, в случае, если реализация газопровода на стадии проектирования.

Решение об утверждении границ охранной зоны должно в себе содержать такие аспекты, как [3]:

Характеристики объекта;

Ограничения, возникающие в силу установления охранной зоны;

Сведения о правообладателе сооружения;

Срок, после наступления которого возникает обязанность по возмещению убытков;

Сведения об образуемых подзонах (в отношении охранных зон газопроводов в данном разделе указывается, что выделение подзон не предусмотрено;

Перечень координат характерных точек.

В силу части 1 статьи 32 Федерального закона от 13.07.2015 г. №218-ФЗ внесение сведений о местоположении границ охранных зон осуществляется в порядке межведомственного взаимодействия [2, 5].

Внесение сведений о таких зонах в ЕГРН осуществляется после направления уполномоченным органом решения об утверждении границ охранной зоны в адрес органа регистрации [2].

Орган регистрации должен в течение 15 рабочих дней осуществить учетные действия или направить в адрес уполномоченного на выдачу решения об утверждении границ охранной зоны органа власти уведомление о том, что внесение сведений в ЕГРН осуществить невозможно.

Таким образом, подводя итог, можно констатировать следующее.

Газопроводы являются опасными объектами. Следовательно, установление охранных зон газопроводов является неотъемлемой частью государственного управления в области использования земель и реализации важных конституционных принципов – осуществление защиты жизни и здоровья граждан.

Порядок установления охранных зон регулируется Земельным кодексом РФ, Федеральным законом от 31.03.1999 №69-ФЗ, Постановлением Правительства РФ от 20.11.2000 №878, а также Федеральным законом от 13.07.2015 №218-ФЗ.

Список литературы

1. Федеральный закон от 31.03.1999 N 69-ФЗ «О газоснабжении в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – СПС «Консультант Плюс». – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 15.06.2025).
2. Проведение работ по внесению в ЕГРН сведений о границах охранной зоны газораспределительных сетей // Региональный кадастровый центр. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rkc56.ru/vservices/3319-service> (дата обращения: 15.06.2025).
3. «Земельный кодекс Российской Федерации» от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 20.03.2025) [Электронный ресурс]. – СПС «Консультант Плюс». – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 16.06.2025).
4. Постановление Правительства РФ от 20 ноября 2000 г. N 878 «Об утверждении Правил охраны газораспределительных сетей» [Электронный ресурс]. – СПС «Консультант Плюс». – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 16.06.2025).
5. Федеральный закон «О государственной регистрации недвижимости» от 13.07.2015 N 218-ФЗ [Электронный ресурс]. – СПС «Консультант Плюс». – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 15.06.2025).

Сведения об авторе:

Токарев К.О., магистрант, ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», Москва, Россия

УДК 004.896

Гайфуллин С.Р., Натальсон А.В.

Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия

Интеллектуальные системы в сельском хозяйстве: точное земледелие, мониторинг посевов и автоматическое управление техникой

Аннотация: Статья посвящена современной анализу применения интеллектуальных систем в сельском хозяйстве. Сельское хозяйство находится на этапе активной цифровой трансформации, обусловленной необходимостью повышения продуктивности, ресурсоэффективности и экологической устойчивости агропромышленного комплекса. В данной статье представлен всесторонний анализ современных интеллектуальных систем, применяемых в аграрном секторе, с акцентом на три ключевых направления: точное земледелие, мониторинг посевов и автоматизированное управление сельскохозяйственной техникой. В рамках исследования точного земледелия рассматриваются передовые технологии. Статья также затрагивает экономические и организационные аспекты внедрения цифровых технологий в сельском хозяйстве. Статья подчеркивает важность внедрения и применения интеллектуальных систем в сельском хозяйстве

Ключевые слова: Интеллектуальные системы (ИС), точное земледелие, автоматизация, агротехника, мониторинг, беспилотные технологии, искусственный интеллект (ИИ).

Gaifullin S.R., Natalson A.V.

Intelligent systems in agriculture: precision farming, crops monitoring and automatic equipment control

Abstract: The article is devoted to the modern analysis of the application of intelligent systems in agriculture. Agriculture is at the stage of active digital transformation, caused by the need to increase productivity, resource efficiency and environmental sustainability of the agro-industrial complex. This article presents a comprehensive analysis of modern intelligent systems used in the agricultural sector, with an emphasis on three key areas: precision farming, crop monitoring and automated control of agricultural machinery. As part of the study of precision farming, advanced technologies are considered. The article also touches upon the economic and organizational aspects of the implementation of digital technologies in agriculture. The article emphasizes the importance of the implementation and application of intelligent systems in agriculture

Key words: Intelligent systems (IS), precision farming, automation, agricultural technology, monitoring, unmanned technologies, artificial intelligence (AI).

Современное сельское хозяйство переживает активную трансформацию под влиянием цифровых технологий. Рост глобального спроса на продукты питания, дефицит трудовых ресурсов, климатические изменения и необходимость повышения эффективности агропроизводства способствуют широкому внедрению интеллектуальных систем [1]. Эти системы, основанные на технологиях искусственного интеллекта, машинного обучения, Интернета вещей и анализа больших данных, становятся важным инструментом устойчивого развития аграрного сектора

[2]. По данным Минсельхоза РФ, цифровизация сельского хозяйства является одним из приоритетных направлений национальной агрополитики, что подтверждается выделением значительных бюджетных средств на реализацию соответствующих программ[3].

Одним из ключевых направлений применения интеллектуальных систем выступает точное земледелие. Эта концепция предполагает управление сельскохозяйственным производством на основе пространственно-временного анализа данных. Использование датчиков, геоинформационных систем, спутниковой навигации и машинного обучения позволяет дифференцированно подходить к обработке участков, вносить удобрения с учетом характеристик почвы, определять оптимальные сроки полива и посадки, прогнозировать урожайность [5]. Благодаря таким подходам фермеры могут сократить затраты на ресурсы, снизить химическую нагрузку на окружающую среду и повысить общую продуктивность хозяйства. Практика показывает, что применение технологий точного земледелия приводит к увеличению урожайности на 10-15% и снижению издержек до 30% (AgroTech Review, 2024). В России подобные технологии успешно применяются в ряде агрохолдингов, включая "ЭкоНиву" и "РусАгро" (Минсельхоз РФ, 2023), что свидетельствует об их практической эффективности и экономической целесообразности.

Следующим важным аспектом цифровизации сельского хозяйства является мониторинг посевов с использованием интеллектуальных решений. В этой области активно применяются беспилотные летательные аппараты, спутниковые снимки, наземные сенсоры и камеры. Современные дроны, оснащенные мультиспектральными камерами, позволяют получать детальные изображения полей и анализировать вегетационные индексы, отражающие состояние растений [6]. Интеллектуальные алгоритмы обработки изображений, разработанные на основе искусственного интеллекта, позволяют выявлять очаги заболеваний, дефицит питательных веществ или влияние вредителей с точностью до 90% [7]. Полученные данные используются для своевременного вмешательства и оптимизации агротехнических мероприятий. Кроме того, прогностические модели, основанные на ИИ, позволяют оценивать риски снижения урожайности, моделировать развитие посевов с учетом погодных условий и принимать обоснованные агрономические решения [5]. По данным FAO [9], использование таких систем мониторинга позволяет сократить потери урожая на 15-20%, что особенно важно в условиях роста цен на сельскохозяйственную продукцию.

Не менее важным направлением является автоматизация и внедрение интеллектуальных систем управления сельскохозяйственной техникой. Современные тракторы, комбайны и посевные агрегаты оснащаются

системами автономного вождения и машинного зрения, позволяющими выполнять работы с высокой точностью, без участия оператора. Использование таких решений позволяет сократить расход топлива на 10-15%, предотвратить повторную обработку участков и снизить физическую нагрузку на персонал [10]. Ведущие производители, такие как John Deere и CLAAS, уже предлагают модели техники с функцией полной автономии [7]. В России подобные разработки осуществляют "КамАЗ" и завод "Кировец", где создаются беспилотные тракторы, способные выполнять работы по заданному маршруту. Интеллектуальное управление техникой также включает системы предиктивного обслуживания, которые, по данным Peterson [7], позволяют отслеживать состояние узлов и механизмов, прогнозировать поломки с точностью до 85% и проводить техническое обслуживание в оптимальные сроки, избегая простоев.

Особую роль в цифровизации агропроизводства играют специализированные агроплатформы, объединяющие в себе инструменты агрономического планирования, учета, мониторинга и анализа. Такие решения, как Corteva Granular, OneSoil и российские AgroSignal и "Фермер Онлайн", позволяют фермерам получать в одном интерфейсе информацию о состоянии полей, погоде, агротехнических операциях и финансовых показателях. Интеграция данных с различных источников обеспечивает высокую точность прогнозов и автоматизацию планирования посевных и уборочных кампаний (Исламов, 2022). По данным исследования AgriTech Review (2024), использование цифровых платформ позволяет сократить время на принятие управленческих решений на 30-40%, что значительно повышает эффективность сельскохозяйственного производства.

Внедрение интеллектуальных систем в сельское хозяйство обеспечивает целый ряд ключевых преимуществ. Это, прежде всего, снижение затрат за счет более рационального использования ресурсов, повышение урожайности, автоматизация рутинных операций, сокращение человеческого фактора и возможность круглосуточной работы техники (Козлов, Артамонов, 2023). Также достигается улучшение качества продукции, соблюдение стандартов безопасности, повышение устойчивости к климатическим изменениям и эффективное управление рисками (FAO, 2023). Использование цифровых моделей и ИИ, как подчеркивает Smith (2024), способствует более гибкому и адаптивному управлению агропроцессами, что особенно важно в условиях нестабильной природной среды. По данным Российской ассоциации точного земледелия (2024), хозяйства, внедрившие цифровые технологии, демонстрируют на 20-25% более высокие показатели рентабельности по сравнению с традиционными методами ведения сельского хозяйства.

Тем не менее, цифровизация аграрного сектора сопряжена с рядом вызовов. Среди них можно выделить высокую стоимость интеллектуального оборудования и программного обеспечения,

недостаточную квалификацию специалистов, слабое развитие цифровой инфраструктуры в сельской местности и нехватку нормативной базы, регулирующей применение автономных систем [3]. Кроме того, существует обеспокоенность среди сельхозработников по поводу возможной утраты рабочих мест и зависимости от иностранных разработчиков программного обеспечения. Решение этих проблем, требует системного подхода, включая поддержку со стороны государства, развитие отечественных ИТ-решений и подготовку кадров. В частности, необходимо создание специализированных образовательных программ по цифровому сельскому хозяйству в аграрных вузах и техникумах.

Таким образом, интеллектуальные системы становятся основой нового технологического уклада в сельском хозяйстве. Их применение позволяет не только повысить эффективность и устойчивость производства, но и сделать аграрную отрасль более привлекательной для инвестиций и молодежи [1]. В перспективе, к 2030 году, как прогнозирует FAO [9], цифровые фермы, беспилотная техника и ИИ-аналитика станут неотъемлемыми элементами сельскохозяйственного ландшафта, а данные - ключевым ресурсом агропроизводства. Однако, как подчеркивают эксперты [8], для успешной цифровой трансформации отрасли необходимо преодолеть существующие технологические и организационные барьеры, что требует консолидированных усилий государства, бизнеса и научного сообщества.

Список литературы

1. Козлов М.Н., Артамонов И.Г. Точное земледелие: технологии и перспективы // АгроИнформ. - 2023. - №3. - С. 20-24.
2. Агапова Т.А. Применение ИИ в сельском хозяйстве // Наука и технологии. - 2024. - №7. - С. 12-15.
3. Минсельхоз РФ. Программа "Цифровое сельское хозяйство". - 2023.
4. Смирнова Л.А., Козлова Ю.В. Роботизация в аграрном секторе // Аграрная наука. - 2023. - №5. - С. 45-49.
5. Исламов Р.А. Прогностическая аналитика в растениеводстве // Технологии XXI века. - 2022. - №10. - С. 30-33.
6. Peterson, J. AI in Agriculture: Global Trends. - Springer, 2023.
7. Smith, K. Digital Farming and Sustainability. - Wiley, 2024.
8. AgroTech Review. Annual Report on Precision Agriculture. - 2024.
9. FAO. The State of Food and Agriculture 2023. - UN, 2023.
10. Российская ассоциация точного земледелия. Статистика внедрения цифровых технологий. - 2024.

Сведения об авторах:

Гайфуллин Самир Радикович, студент, Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия

Натальсон Александр Валерьевич, старший преподаватель, Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия

Gaifullin Samir Radikovich, student, Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

Natalson Alexander Valerievich, lecturer, Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

УДК 339.146

Зубов Н.С.

*Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург,
Россия*

Теоретические особенности логистики снабжения в нефтегазовой отрасли

Аннотация. Статья посвящена анализу логистики снабжения как ключевой подсистемы общей логистической системы предприятия. Подчеркивается её стратегическая роль в обеспечении эффективности производственных и распределительных процессов, а также влияние на конечную потребительскую ценность продукции и финансовые результаты компании. Рассматриваются различные подходы к определению логистики снабжения: от узких трактовок, акцентирующих оперативные аспекты (закупки, транспортировка, складирование), до широких концепций, включающих стратегическое управление цепочками поставок, развитие отношений с поставщиками и интеграцию в корпоративную стратегию.

Ключевые слова: логистика снабжения, управление закупками, стратегическое управление, цепочка поставок, материально-техническое обеспечение, управление поставщиками.

Zubov N.S.

Theoretical features of supply logistics in the oil and gas industry

Abstract: The article is devoted to the analysis of supply logistics as a key subsystem of the overall logistics system of an enterprise. Its strategic role in ensuring the efficiency of production and distribution processes is emphasized, as well as its impact on the final consumer value of products and the financial results of the company. Various approaches to defining supply logistics are examined: from narrow interpretations that focus on operational aspects (procurement, transportation, warehousing), to broader concepts that include strategic supply chain management, supplier relationship development, and integration into corporate strategy.

Keywords: supply logistics, procurement management, strategic management, supply chain, material and technical support, supplier relationship management.

Логистика снабжения – критически важная подсистема общей логистической системы предприятия. Процесс снабжения непосредственно влияет на функционирование компании: являясь первой подсистемой на пути материального потока, снабжение во многом определяет эффективность работы остальных звеньев (производства и распределения) и предприятия в целом. От качества и стабильности поступающих материальных ресурсов зависит потребительская ценность конечного продукта, а следовательно, объем продаж и прибыль организации. Поэтому снабжение приобретает стратегическое значение с точки зрения менеджмента компании – сегодня многие руководители рассматривают его в числе ключевых факторов успеха наряду с маркетингом и

производством. В рамках снабженческой деятельности решаются задачи планирования закупок, управления поставщиками, организации поставок, правового сопровождения закупок, оценки эффективности и др. [5]. Иными словами, логистика снабжения охватывает весь цикл обеспечения предприятия необходимыми ресурсами.

Важно отметить, что терминология в этой сфере разнообразна. В зарубежной практике часто используются термины *purchasing* (закупки), *procurement* (закупочная деятельность), *supply management* (снабженческий менеджмент) и др., зачастую как синонимы. В некоторых источниках, в частности, термин «закупка» относят к разовой сделке (тактический уровень), тогда как «снабжение» описывают как целостный процесс закупочной деятельности (стратегический уровень), включающий выявление потребности, поиск и выбор поставщиков, развитие отношений с ними, переговоры и прочие этапы [5]. Таким образом, единого строгого определения снабжения не существует – разные авторы и школы мысли акцентируют различные аспекты этого понятия. Рассмотрим авторские подходы к определению логистики снабжения и сравним их, прежде чем предложить интегрированное определение.

В литературе можно найти несколько взаимодополняющих определений логистики снабжения, отражающих эволюцию взглядов на эту функцию. Так, в учебном пособии И.А. Зарайченко и И.В. Жуковской (2018) логистика снабжения определяется как «функциональная область логистики, связанная с планированием, заказом и поставкой сырья, полуфабрикатов и комплектующих для производства» [5]. Данное определение подчёркивает основное содержание снабженческой деятельности – обеспечение производственного процесса материальными ресурсами через организацию закупок и доставок. Аналогично, ряд авторов рассматривает снабжение как входящую логистику предприятия, то есть управление материальным потоком на входе в систему. Например, В. И. Сергеев и И. П. Эльяшевич – ведущие отечественные специалисты по логистике – отмечают, что логистика снабжения охватывает комплекс теоретических, методических и практических вопросов организации закупок для нужд фирмы [2]. Проще говоря, снабжение в широком смысле включает не только сами покупки, но и всю внешнюю логистическую деятельность, связанную с доставкой необходимых ресурсов на предприятие [5].

Другие определения делают акцент на процессной и ресурсной составляющей снабжения. Так, А. Н. Родников определяет снабжение как «процесс материально-технического обеспечения производства, включая закупки сырья и материалов, мобилизацию внутренних резервов (в том числе неиспользованных запасов)». В этом определении снабжение отождествляется с материально-техническим обеспечением (МТО) производства: ключевой операцией здесь выступает закупка, с помощью

которой организация получает требуемые товарно-материальные ценности и услуги для своих. Близкую точку зрения высказывает С. Карнаухов, трактуя МТО как логистически организованную деятельность по закупке и обеспечению материальными ресурсами потребностей организации. О.Б.Маликов, в свою очередь, дает более узкое технологическое определение: логистика снабжения производственного предприятия – это система планирования, организации и осуществления поставок на предприятие сырья, материалов, комплектующих изделий, включающая транспортировку, перегрузку, складирование, тару и упаковку, а также информационное, юридическое и финансовое обеспечение этих процессов. По сути, Маликов сводит сферу снабжения преимущественно к управлению материальными потоками и операциями по доставке и хранению запасов, не уделяя большого внимания работе с поставщиками [3].

В современных концепциях логистики снабжения наблюдается тенденция к расширению границ данного понятия – от сугубо оперативного управления закупками к стратегическому управлению цепочкой поставок поставщиков. Так, группа российских авторов В. В. Дыбская, Е. И. Зайцев, В. И. Сергеев и А. Н. Стерлигова предлагает рассматривать логистику снабжения в контексте достижения целей обеспечения компании необходимыми предметами снабжения (ресурсами) в нужное время и место, надлежащего качества и по выгодной цене. Они отмечают, что задача снабженческой логистики – получать для компании требуемое сырье, материалы, товары и услуги в нужное время, в нужном месте, от надежного поставщика, с должным уровнем сервиса и по оптимальной цене. На этой основе авторами дается следующее интегральное определение: снабжение – это обеспечение организации требуемыми продуктами или услугами, включающее все взаимосвязанные виды деятельности по управлению закупками и поставщиками, необходимые для реализации корпоративной стратегии при оптимальных затратах ресурсов. Иными словами, логистика снабжения охватывает весь комплекс операций по управлению закупками (обеспечение необходимого товара по оптимальной цене, в нужных количестве и качестве, точно в срок) и управлению поставщиками (координация и развитие взаимоотношений с поставщиками, их интеграция в процессы компании) [3]. Такое определение отражает современный интеграционный взгляд на снабжение: от тактики к стратегии, от отдельных закупок к сквозному управлению цепочкой поставок с учётом ценности для бизнеса.

В учебнике И.Д. Афанасенко и В.В. Борисовой «Логистика снабжения» логистика снабжения определяется как самостоятельная функциональная область коммерческой логистики и, соответственно, как внутренняя подсистема экономической логистики предприятия, что фиксирует её место на втором уровне полной логистической системы. Авторы подчёркивают, что снабжение открывает и направляет

материальный поток, поэтому от его результативности зависит эффективность всех последующих звеньев цепи. Они формулируют собственное определение следующим образом: «Логистика снабжения есть организация опыта управления материальными и сопутствующими им потоками в реальных условиях российского хозяйства. Её цель – надёжное, качественное и комплексное удовлетворение внутрипроизводственных потребностей в материально технических ресурсах. Цель конкретизирована таким образом, что превратилась в основной принцип логистической деятельности – доставить в нужное время, в нужной форме и по конкурентной цене» [1]. Системный подход выражается в рассмотрении снабжения, производства и распределения как взаимосвязанных элементов единой логистической системы, описание которой дополняется схемой общей логистической структуры предприятия. Снабжение трактуется как управление восходящим материальным потоком в тесной связи с финансовыми, информационными и сервисными потоками, формируя интегрированное управление ресурсами на входе в производство. Объектом является поток материальных ресурсов и услуг, циркулирующих в функциональном цикле снабжения. Цель снабженческой логистики конкретизируется как гарантированное и экономически обоснованное обеспечение предприятия ресурсами требуемого объёма, качества и ассортимента в заданный срок по конкурентной цене при минимизации совокупных логистических издержек. Для достижения цели рассматривается комплекс задач, включающий прогнозирование потребности, выбор поставщиков, заключение договоров, планирование закупок, физическое товародвижение и управление запасами. Авторы различают понятия снабжения и закупочной логистики, подчёркивая, что снабжение охватывает не только покупку, но и транспортировку и внутрипроизводственное распределение ресурсов. Эффективность снабжения предлагается измерять совокупной стоимостью закупок, оборачиваемостью запасов и соблюдением графиков поставок, увязывая эти показатели с общей результативностью логистической системы предприятия. Материальный поток рассматривается как базовая категория, отражающая устойчивые связи участников цепи поставок; его классификация по назначению, месту возникновения и физическим свойствам служит инструментом управления потоками. Таким образом, авторский подход формирует методологическую основу, в которой снабжение выступает исходной стадией экономического потока и интегрирует функции закупки, перемещения и поддержания запасов в рамках логистической стратегии предприятия.

Разнообразие приведённых выше формулировок свидетельствует о том, что логистику снабжения можно рассматривать под разными углами. Одни авторы подчёркивают функционально-оперативную сторону

(закупка и доставка ресурсов), другие – процессную (последовательность этапов снабжения), третьи – экономическую (оптимизация затрат), четвёртые – ценностную (влияние на качество конечного продукта), пятые – интеграционно-стратегическую (встраивание снабжения в общую стратегию компании).

Можно выделить несколько основных подходов к организации и пониманию логистики снабжения в компании. Эти подходы не противопоставляются, а скорее дополняют друг друга, акцентируя различные аспекты снабженческой деятельности:

При функциональном подходе снабжение рассматривается как отдельная функциональная область в общей логистической системе предприятия наряду с логистикой производства и распределения. Выделение снабжения в самостоятельную функцию позволяет чётко определить ответственность подразделений и оценивать эффективность работы по каждой области в отдельности [5]. Функциональный подход фокусируется на задачах и роли подразделения снабжения (закупочного отдела) внутри организации: поиск и выбор поставщиков, заключение контрактов, размещение заказов, контроль поставок и т.д. Управление снабжением в этом случае строится по функциональному принципу, а результат оценивается через показатели эффективности работы снабженческого подразделения (например, соблюдение бюджета закупок, процент экономии, уровень запасов, оборачиваемость и пр.).

В рамках процессного подхода снабжение рассматривается как сквозной бизнес-процесс, проходящий через несколько функций и стадий. Снабженческий процесс включает взаимосвязанные шаги от выявления потребности в материальных ресурсах до оплаты и получения товаров/услуг от поставщика. Обобщенно цикл процесса снабжения можно представить, как последовательность типовых этапов: формирование заявки (спецификации) на закупку, анализ и выбор источников поставок, оформление заказа, доставка, приемка и оплата. Процессный подход акцентирует необходимость регламентации каждого этапа и управление потоками на стыке процессов. Четкое определение границ и входов/выходов процесса позволяет согласовать взаимодействие различных подразделений: вход одного бизнес-процесса (например, планирования потребности) становится выходом другого (закупки). Также идентифицируются сопутствующие информационные потоки (обмен данными о потребностях, заказах, поставках) наряду с физическими материальными потоками [3]. Таким образом, цель процессного подхода – оптимизация всего цикла «от заявки до оплаты» как единого целого, устранение разрывов между этапами и повышение прозрачности снабженческой цепочки.

Интеграционный подход делает упор на координацию и интеграцию снабжения с другими функциями фирмы и с внешними контрагентами.

Снабженческая логистика здесь выступает не обособленно, а как часть интегрированной цепи поставок, где успех определяется согласованностью действий всех участников. На практике интеграционный подход выражается в развитии партнерских отношений с поставщиками (вплоть до интеграции информационных систем, совместного планирования потребностей, обмена данными о запасах), кросс-функциональном взаимодействии снабжения с отделами производства, планирования, финансами, сбытовыми подразделениями. Авторы интеграционных концепций подчёркивают, что помимо оперативного управления закупками необходим фокус на управлении поставщиками – совокупности мер по развитию долгосрочного сотрудничества, рационализации и координации отношений с ними [3]. Например, практика SRM (Supplier Relationship Management) направлена на интеграцию ключевых поставщиков в бизнес-процессы компании. Интегрированный подход обеспечивает синхронизацию материальных и информационных потоков между компанией и её поставщиками, что снижает издержки несогласованности (дефициты, избыточные запасы) и повышает надежность снабжения.

При экономическом подходе центральным считается экономический результат снабженческой деятельности, прежде всего минимизация совокупных затрат на приобретение и владение материальными ресурсами. Закупочная логистика рассматривается через призму экономической эффективности: как получить нужные ресурсы с минимальными издержками для компании. Классические задачи экономического подхода – оптимизация стоимости закупок (достижение выгодной цены у поставщика), снижение затрат на транспортировку и хранение, обеспечение рационального уровня запасов. На оперативном уровне сюда относятся модели оптимального заказа (EOQ – расчет экономически обоснованного размера заказа), анализ совокупной стоимости владения (Total Cost of Ownership) при выборе поставщиков, контроль бюджета закупок и т.п. Экономический подход тесно связан с понятием эффективности: целью снабжения считается максимизация соотношения «ценность/стоимость». Современные авторы интегрируют экономический аспект в определение логистики снабжения – указывая на необходимость обеспечения нужных ресурсов по оптимальной цене и с минимальными затратами ресурсов [3]. Таким образом, удовлетворение потребностей производства должно достигаться с наименьшими суммарными затратами для фирмы, без ущерба для качества и надежности поставок.

Ценностный (аксиологический) подход делает акцент на том, какую ценность для конечного продукта и потребителя создает функция снабжения. В отличие от чисто экономического подхода, где во главу угла ставятся издержки компании, ценностный подход шире – он рассматривает вклад снабжения в потребительскую ценность и конкурентоспособность

выпускаемой продукции. Например, выбор поставщика более качественного сырья может повысить качество готового товара и удовлетворенность конечного потребителя, что в итоге принесет компании большую прибыль, даже если изначально такие материалы дороже. Снабжение влияет на такие параметры конечного продукта, как качество, себестоимость, инновационность, скорость вывода на рынок – все это ценно для потребителя. Как отмечалось, качество и своевременность снабжения прямо отражаются на ценности продукта и рыночном успехе фирмы. Ценностный подход ориентирует службу снабжения не только на выполнение внутренних планов по закупкам, но и на достижение высокого уровня обслуживания внутренних клиентов – производственных подразделений, а через них и конечных внешних клиентов компании. Иными словами, эффективность снабжения измеряется не только экономией средств, но и тем, насколько снабженческая деятельность способствует созданию конкурентного продукта, удовлетворяющего потребности рынка.

В рамках стратегического подхода логистика снабжения рассматривается как стратегически значимая функция, формирующая долгосрочные конкурентные преимущества компании. Снабжение интегрируется в реализацию корпоративной стратегии: выбор поставщиков и выстраивание цепочек поставок увязываются с общими целями фирмы – обеспечение устойчивости бизнеса, гибкости в реагировании на изменения рынка, инновационного развития, выхода на новые рынки и т.д. Стратегический подход проявляется в понятиях стратегический сорсинг (strategic sourcing) – систематическая работа по оптимизации структуры поставщиков, и категорийное управление закупками – разработка индивидуальных стратегий снабжения для различных категорий материалов в зависимости от их важности и рисков. Так, для ключевых, стратегически важных ресурсов компания может выстраивать партнерские отношения, долгосрочные контракты, совместные программы с поставщиками, а для массовых стандартных товаров – применять конкурентные закупки и агрессивное снижение цен. В известной модели матрицы Кралича (Kraljic Matrix) предлагается классифицировать все закупаемые материалы по двум параметрам: влияние на прибыль и риск поставки, – и для каждой из четырех категорий использовать свою стратегию (например, Partnership & SRM для стратегических позиций с высоким риском, Leverage Competition для важных, но доступных позиций и т.д.).

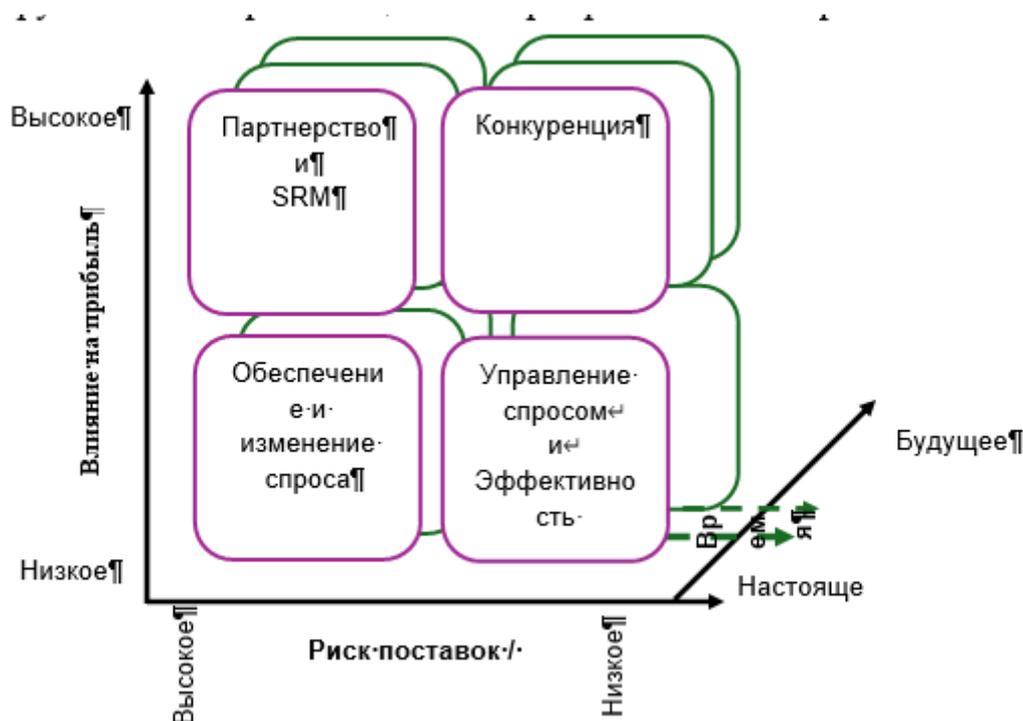


Рисунок 1 – Классификация категорий закупок в зависимости от уровня риска поставки и влияния на прибыль (матрица стратегий снабжения)

Для каждой категории разрабатывается соответствующая стратегия управления снабжением (партнерство с поставщиками, диверсификация источников, повышение эффективности внутренних процессов и др.), что отражает стратегический подход к логистике снабжения.

Стратегический подход подразумевает, что решения в сфере снабжения принимаются с расчётом на долгосрочную перспективу и на основе широкого анализа (рисков, рыночной конъюнктуры, экономики отрасли). Снабженческая функция перестаёт быть вспомогательной – она становится частью стратегического управления цепями поставок. Это подтверждается тем, что во многих компаниях должность директора по снабжению (Chief Procurement Officer) входит в высшее руководство, а стратегии управления поставщиками и запасами интегрированы в общий бизнес-план. Таким образом, стратегический подход объединяет в себе элементы всех вышеперечисленных подходов, но акцентирует долгосрочную ценность и конкурентное преимущество, которое грамотная логистика снабжения способна обеспечить компании. Учитывая рассмотренные выше точки зрения, можно сформулировать интегрированное определение, отражающее современный взгляд на логистику снабжения. Логистика снабжения – это стратегически ориентированная система управления закупочным процессом и взаимоотношениями с поставщиками, нацеленная на своевременное и эффективное обеспечение организации необходимыми ресурсами требуемого качества и количества при оптимальных затратах.

Данное определение объединяет ключевые аспекты: снабжение рассматривается как система (или процесс), охватывающая все этапы от планирования потребностей до получения и использования ресурсов; управление этой системой включает как оперативные функции (закупки, поставки, запасы), так и работу с внешними партнерами (поставщиками) на долгосрочной основе. Стратегическая ориентация означает, что решения в сфере снабжения согласуются с миссией и целями компании, а эффективность оценивается не только по краткосрочной экономии, но и по вкладу в конкурентоспособность бизнеса в целом. Оптимальность затрат подразумевает баланс между стоимостью приобретаемых ресурсов и ценностью, которую они приносят: задача снабжения – минимизировать издержки без ущерба для качества и надежности обеспечения. Таким образом, логистика снабжения в компании – это комплексная деятельность, связующая внешних поставщиков с внутренними потребностями, и направленная на создание устойчивой, экономичной и гибкой системы обеспечения, способствующей успешной реализации корпоративной стратегии.

Список литературы

1. Афанасенко И.Д. Логистика снабжения: учебник для вузов / И.Д. Афанасенко, В.В. Борисова // СПб.: Питер, 2018. – 384 с.
2. Бекмурзаев И.Д. Совершенствование системы складской логистики в контексте «Индустрия 4.0» [Электронный ресурс] / И.Д. Бекмурзаев, Р.Х. Акчуринов, А.В. Молоков // Журнал прикладных исследований, 2022, № 2. – С. 116-121. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-sistemy-skladskoy-logistiki-v-kontekste-industriya-4-0> (дата обращения: 12.04.2025).
3. Дыбская В.В. Логистика: учебник для бакалавров [Электронный ресурс] / В.В. Дыбская, Е.И. Зайцев, В.И. Сергеев, А.Н. Стерлигова // Москва: КНОРУС, 2021. – 400 с. – URL: <https://urait.ru/book/logistika-450450> (дата обращения: 12.04.2025).
4. Ермошин В.А. Ключевые показатели эффективности как инструмент управления логистикой снабжения МТР [Электронный ресурс] / В.А. Ермошин // Математика и ИТ в нефтегазовом комплексе, 2015, № 2. – С. 57-62. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gazprom-neft-unified-vertically-integrated-system-of-logistics-management> (дата обращения: 12.04.2025).
5. Зарайченко И.А. Логистика снабжения: учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] / И.А. Зарайченко, И.В. Жуковская // Казань: Изд-во КНИТУ, 2018. – 188 с. – URL: <https://znaniyum.ru/catalog/document?id=415808> (дата обращения: 12.04.2025).
6. Карнаухов С.А. Материально-техническое снабжение и сбыт [Электронный ресурс] / С.А. Карнаухов // Москва: Дашков и К, 2020. – 320 с. – URL: <https://www.dashkov.ru/biblio/978-5-394-02650-1.html> (дата обращения: 12.04.2025).
7. Карпова Н.П. Теоретические и методологические аспекты логистики снабжения организаций [Электронный ресурс] / Н.П. Карпова // Актуальные вопросы экономических наук. – 2010. – № 15-1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreicheskie-i-metodologicheskie-aspekty-logistiki-snabzheniya-organizatsiy> (дата обращения: 12.04.2025).

Сведения об авторе:

Зубов Н.С., магистрант, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Россия

Zubov N.S., Master 's student, St. Petersburg, St. Petersburg State University of Economics

УДК 004.8:005.8

Зинченко В.В.

ФГОУ ВО Сочинский государственный университет Сочи, Россия

Прогнозирование эффектов от внедрения service desk системы в отдел информационных технологий и связи

Аннотация: В статье рассматриваются подходы к прогнозированию эффектов от внедрения Service Desk системы в отдел информационных технологий и связи. Анализируются ключевые метрики эффективности, организационные и экономические последствия автоматизации процессов поддержки, а также факторы, влияющие на успешность внедрения. Обосновывается необходимость Service Desk как инструмента повышения качества обслуживания и управления ИТ-услугами.

Ключевые слова: Service Desk, ITSM, информационные технологии, SLA, бизнес-процессы.

Zinchenko V.V.

Forecasting the effects of implementing service desk system in the department of information technology and communications

Abstract: In the article considers approaches to predicting the effects of implementing Service Desk system in the department of information technology and communication. the key efficiency metrics, organizational and economic consequences of automation of support processes, as well as the factors influencing the success of the implementation. The necessity of Service Desk as a tool for improving the quality of service and IT service management is justified. quality of service and IT service management.

Key words: Service Desk, ITSM, information technologies, SLA, business processes, technologies, SLA, business processes.

Современные организации сталкиваются с необходимостью повышения эффективности ИТ-процессов и качества предоставления услуг внутренним и внешним пользователям. Одним из наиболее эффективных инструментов решения этих задач является внедрение Service Desk системы — централизованной службы поддержки, обеспечивающей автоматизацию и стандартизацию процессов обработки инцидентов, запросов и изменений.

Роль Service Desk в организации. Service Desk — это единая точка контакта между пользователями и ИТ-отделом, предназначенная для регистрации, обработки и контроля заявок и инцидентов. Система автоматизирует рутинные процессы, упорядочивает коммуникацию и обеспечивает прозрачность работы службы поддержки [1, с. 27].

Основные задачи Service Desk:

Прием и классификация обращений;

Маршрутизация и распределение задач;
Контроль исполнения и соблюдения SLA;
Аналитика и отчетность по работе службы поддержки.

Эффективность Service Desk напрямую влияет на качество ИТ-услуг и удовлетворенность пользователей, а также на оптимизацию затрат и повышение производительности ИТ-персонала.

Методология прогнозирования эффектов внедрения.

Прогнозирование эффектов внедрения Service Desk основывается на сравнительном анализе текущих показателей работы ИТ-отдела и ожидаемых улучшений после автоматизации процессов. Основные этапы методологии:

Анализ исходных данных: время обработки заявок, уровень удовлетворенности, нагрузка на сотрудников;

Определение целевых показателей и KPI (ключевых показателей эффективности);

Моделирование изменений бизнес-процессов и расчет экономического эффекта;

Учет факторов риска и особенностей организации.

При этом важно учитывать, что экономический эффект не всегда сводится к прямой экономии времени сотрудников, поскольку часть их рабочего времени может быть не полностью загружена. Поэтому прогнозы должны базироваться на комплексном подходе с учетом реальной загрузки и эффективности.

Ключевые показатели эффективности (KPI) Service Desk.

Метрики для Service Desk должны фокусироваться на: времени ответа, точности классификации и выполнении SLA. [2, раздел 8.2.3].

Для оценки и прогнозирования результатов внедрения Service Desk используются следующие KPI:

Среднее время решения инцидента (Average Resolution Time);

Процент заявок, решенных на первой линии поддержки (First Line Resolution Rate);

Уровень удовлетворенности пользователей (Customer Satisfaction Score);

Количество просроченных заявок;

Соблюдение соглашений об уровне сервиса (SLA Compliance);

Загрузка и производительность сотрудников.

Эти показатели позволяют объективно оценить эффективность работы службы поддержки и выявить направления для улучшения.

Роль SLA и KPI в системе Service Desk

SLA (Service Level Agreement) — Соглашение об Уровне Услуг представляет собой соглашение между ИТ-организацией и заказчиком, в котором подробно оговорены предоставляемые услуги. Данное соглашение описывает услуги в нетехнических терминах, на уровне понимания заказчика, и в течение срока действия соглашения оно является стандартом для оценки и корректировки ИТ-сервисов. Соглашение обычно имеет иерархическую структуру, например, услуги общего характера, такие как сетевые услуги и услуги службы Service Desk, определяются для всей организации и утверждаются руководством. Услуги более конкретного характера, предназначенные для бизнес-деятельности, согласуются на более низком уровне, например, с руководством бизнес-подразделения, владельцем бюджета или представителем заказчика. [1, с. 29].

Основные требования к SLA:

Конкретность и измеримость — все показатели должны быть четко описаны и легко измеримы, чтобы исключить двусмысленность.

Прозрачность — заказчик должен иметь возможность контролировать выполнение SLA, например, через отчеты в ITSM-системе.

Достижимость — цели SLA должны быть реалистичными, чтобы не демотивировать сотрудников и обеспечить выполнение обязательств.

Релевантность — SLA должен соответствовать конкретной услуге и бизнес-потребностям клиента.

Своевременность — в SLA прописываются временные рамки, например, время реакции и время восстановления сервиса.

Для разных уровней поддержки (первая, вторая, третья линия) устанавливаются отдельные SLA с разными целевыми показателями, учитывающими сложность и приоритет задач. Например, простые запросы первой линии решаются за 1–2 часа, более сложные — за сутки и более.

Что такое KPI и их значение

KPI (Key Performance Indicators) — ключевые показатели эффективности, которые помогают измерять, насколько успешно Service Desk выполняет свои функции и соблюдает SLA. KPI позволяют:

Оценивать среднее время реакции и решения заявок (MTTR).

Измерять долю заявок, решённых при первом обращении (First Call Resolution).

Контролировать уровень удовлетворённости пользователей (CSAT).

Отслеживать процент заявок, выполненных в рамках SLA.

KPI служат инструментом для мониторинга, анализа и постоянного улучшения качества обслуживания, а также для мотивации сотрудников.

Взаимосвязь SLA и KPI

SLA задаёт качественные и количественные стандарты обслуживания, а KPI измеряют фактическое выполнение этих стандартов.

KPI помогают контролировать соблюдение SLA и выявлять причины отклонений.

Совместное использование SLA и KPI обеспечивает прозрачность работы Service Desk и помогает управлять ожиданиями клиентов.

SLA и KPI — ключевые инструменты управления качеством IT-услуг в Service Desk. SLA формируют договорные обязательства и ожидания заказчика, а KPI обеспечивают внутренний контроль и мотивацию для их выполнения. Их грамотное сочетание позволяет повысить эффективность работы IT-подразделения, улучшить качество обслуживания и обеспечить прозрачность взаимодействия с бизнесом.

Прогнозируемые эффекты внедрения Service Desk:

Повышение оперативности и качества обслуживания. Автоматизация обработки заявок и маршрутизация позволяют сократить время реакции на инциденты, повысить долю обращений, решаемых на первой линии, и улучшить качество решений. Это ведет к росту удовлетворенности пользователей и снижению количества повторных обращений [1, с. 56].

Оптимизация работы ИТ-персонала. Service Desk обеспечивает равномерное распределение нагрузки между сотрудниками, позволяет контролировать их производительность и эффективно использовать ресурсы. Это снижает риски перегрузки и простоев, повышая общую эффективность отдела.

Экономический эффект. Сокращение времени обработки заявок и автоматизация рутинных операций приводят к снижению операционных затрат. Однако при прогнозировании экономии необходимо учитывать реальные условия работы и загрузку персонала, чтобы избежать завышенных ожиданий.

Улучшение управляемости и прозрачности процессов. Система формирует централизованную базу данных по всем обращениям, что позволяет проводить глубокий анализ работы службы поддержки, выявлять узкие места и принимать обоснованные управленческие решения. Это способствует устойчивому развитию ИТ-инфраструктуры и повышению качества услуг.

Влияние на бизнес-процессы организации. Внедрение Service Desk трансформирует бизнес-процессы, делая их более стандартизированными, прозрачными и управляемыми. Автоматизация рутинных задач освобождает время сотрудников для стратегических инициатив, улучшает коммуникацию между подразделениями и повышает общую продуктивность компании.

Риски и вызовы при внедрении. Внедрение Service Desk-системы представляет собой сложный процесс, сопряжённый с рядом рисков и ограничений, которые могут существенно повлиять на успешность проекта и достижение поставленных целей.

Одним из главных вызовов является сопротивление изменениям со стороны сотрудников. Люди привыкли к устоявшимся методам работы, и введение новых процедур, требующих обязательной регистрации всех обращений и прозрачного контроля, часто воспринимается как дополнительная нагрузка и ограничение свободы. Особенно это характерно для коллективов с длительной историей и неформальной корпоративной культурой, где любые попытки формализации могут вызвать внутренние конфликты и даже саботаж. Кроме того, внедрение Service Desk зачастую сопровождается реорганизацией структуры службы поддержки, перераспределением ролей и ответственности, что вызывает опасения у персонала и руководства, опасаящегося потери контроля.

С технической стороны одной из распространённых проблем является попытка наложить систему на устаревшие и неэффективные бизнес-процессы без их предварительной оптимизации. Это ведёт к автоматизации уже существующих проблем, что не улучшает, а зачастую ухудшает качество обслуживания. Недостаточная проработка требований и постоянно меняющиеся задачи в ходе внедрения приводят к затягиванию сроков и перерасходу бюджета. Кроме того, интеграция Service Desk с уже используемыми корпоративными системами, такими как CRM или ERP, может оказаться технически сложной и дорогостоящей, что требует дополнительных ресурсов и времени. На первых этапах внедрения также наблюдается рост временных затрат, так как сотрудники тратят больше времени на регистрацию и отслеживание заявок, что временно снижает общую производительность.

Важным аспектом являются риски, связанные с безопасностью данных. Независимо от того, используется ли локальное решение или облачная платформа, существует угроза утечки информации, кибератак и технических сбоев. При использовании облачных сервисов компания становится зависимой от надежности и политики поставщика, что может создать сложности при смене вендора или отказе от услуги. Социальные барьеры также играют значительную роль. Не все пользователи и клиенты готовы к изменениям в процессах обслуживания, и без должной коммуникации и обучения внедрение новых инструментов может вызвать негативную реакцию и снизить уровень удовлетворённости.

Практические рекомендации по успешному внедрению

- Проведение детального аудита текущих процессов и потребностей;
- Выбор гибкой и масштабируемой системы с возможностью интеграции с другими корпоративными приложениями;
- Разработка поэтапного плана внедрения с учетом адаптации пользователей;
- Обучение персонала и постоянная коммуникация с командой;

Мониторинг и регулярный анализ результатов для корректировки процессов.

Прогнозирование эффектов от внедрения Service Desk системы в отдел информационных технологий и связи позволяет обоснованно планировать инвестиции и ожидать конкретных улучшений в работе ИТ-службы и бизнес-процессах организации. Ключевыми результатами становятся повышение качества обслуживания, оптимизация ресурсов, снижение затрат и улучшение управляемости. Успешное внедрение требует комплексного подхода, адаптации под специфику компании и постоянного контроля за достижением целей.[4]

Список литературы

1. Ван Бон Ян. Основы управления ИТ-услугами с ITIL 4. — С. 27-29.
2. ISO/IEC 20000-2:2019 – раздел 8.2.3
3. Информационное издание itWeek [Электронный ресурс]. URL: <https://www.itweek.ru>

Сведения об авторе:

Зинченко В.В., студент магистратуры ФГОУ ВО Сочинский государственный университет Сочи, Россия
Zinchenko V.V., Master's student, Federal State Educational Institution of Higher Education Sochi State University, Sochi, Russia

УДК 2.304

Горчакова Е.И., Строганова Л.А., Лапина Н.Е.

Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

Инклюзивные детские площадки

Аннотация. Статья посвящена проектированию игровых площадок для детей с ограниченными возможностями, сделан акцент на инклюзивности и безопасности. Рассматривается соблюдение стандартов безопасности, приведены примеры специализированных игровых элементов для обеспечения различных потребностей детей с физическими и когнитивными ограничениями. Актуальность темы обусловлена растущей осведомленностью общества о необходимости создания инклюзивной среды для детей с разными способностями. Инклюзивные площадки становятся пространством для социальной интеракции и общего развития. Цель исследования – изучение концепции детских игровых площадок для детей с ограниченными возможностями с учетом аспектов инклюзивности и безопасности. В результате исследования выявлены ключевые факторы и аспекты, которые требуется учитывать при создании игровых площадок для детей с ограниченными возможностями.

Ключевые слова: инклюзивные игровые площадки, безопасность, разнообразные игровые элементы, амортизирующие поверхности, доступность, адаптированные структуры и конструкции, соблюдение стандартов безопасности

Gorchakova E.I., Stroganova L.A., Lapina N.E.

Inclusive playgrounds

Abstract: The article is devoted to the design of playgrounds for children with disabilities, with an emphasis on inclusivity and safety. Compliance with safety standards is considered, and examples of specialized game elements are given to meet the various needs of children with physical and cognitive disabilities. The relevance of the topic is due to the growing awareness of society about the need to create an inclusive environment for children with different abilities. Inclusive platforms become a space for social interaction and general development. The purpose of the study is to study the concept of playgrounds for children with disabilities, taking into account the aspects of inclusivity and safety. As a result of the research, key factors and aspects that need to be taken into account when creating playgrounds for children with disabilities have been identified.

Keywords: inclusive playgrounds, safety, diverse play elements, cushioning surfaces, accessibility, adapted structures and structures, compliance with safety standards

Инклюзивные детские площадки являются важным элементом городской среды, который предоставляет разные возможности для игр и развития детям с ограниченными возможностями здоровья (далее — ОВЗ) [1]. Инклюзивные площадки выступают пространством для социальной интеракции и общего развития, формируют доступную среду,

способствуют социальной интеграции, обеспечивают безопасность и комфорт для всех участников. Основываясь на принципах инклюзии — процесса реального включения в активную жизнь социума людей, имеющих нарушения физического или ментального развития, специальные площадки создают условия для физического развития детей-инвалидов и способствуют их социальной адаптации [2].

Важность инклюзии стала широко признаваться относительно недавно, поэтому детские площадки во дворах многоквартирных домов, городских парках, образовательных учреждениях чаще всего не учитывают потребности маломобильных групп населения. С ростом осознанности общества ситуация изменилась: современные архитекторы проектируют универсальные и безопасные пространства для детей.

Инклюзивные площадки способствуют развитию детей по всем направлениям [3]:

Физическое развитие. Игры на открытом воздухе стимулируют моторику, координацию движений и общую физическую активность.

Социальные навыки. Взаимодействие в группе способствует развитию коммуникации, способности к сотрудничеству и эмпатии.

Когнитивные способности. Через игру дети осваивают новые понятия, решают задачи и развивают творческое мышление.

Инклюзия — это не только способ включить детей с ОВЗ в социальную жизнь и предоставить им равные со здоровыми детьми социальные возможности, но и метод воспитания толерантности и эмпатии. По данным исследований игровые зоны, где взаимодействуют дети с разными потребностями, способствуют развитию социальных навыков [4]. Инклюзивные площадки помогают детям учиться работать в команде, находить общий язык, преодолевать предрассудки и комплексы.

Важно учитывать, что каждая группа детей с особыми потребностями сталкивается с собственными уникальными вызовами. Рассмотрим основные из них [5]:

Двигательные ограничения. Детям, которые ограничены в передвижении и перемещаются на инвалидных колясках, необходимо соответствующее доступное оборудование, пандусы, поручни и безопасные маршруты. К примеру, для них на площадке можно разместить качели с усиленной опорой для спины и возможностью заезда на коляске (рис. 1).

Сенсорные нарушения. Для детей этой группы важны тактильные панели, звуковые сигналы и элементы с различной текстурой. Они помогают им стимулировать сенсорное восприятие и развивать моторику.

Когнитивные ограничения. Детям этой группы необходимы интуитивно понятные маршруты и яркие визуальные подсказки, которые облегчают ориентирование на площадке и способствуют вовлечению в игровую деятельность.



Рисунок 1. Качели для маломобильных групп

Эти особенности необходимо учитывать на всех этапах производства работ, от планировки до подбора оборудования [6]. В первую очередь застройщику следует определить потребности детей с учетом специфики нарушений и особенностей региона и выбрать место. Площадка должна быть легкодоступна и иметь удобные подъездные пути. При выборе оборудования важно отдавать предпочтение сертифицированному оборудованию с учетом его безопасности и функциональности.

Производители инклюзивного оборудования придерживаются следующих принципов, которые были сформированы на основе мирового опыта и успешных кейсов по реализации безбарьерной среды в городских условиях:

Безбарьерная среда. Основным требованием к инклюзивным площадкам является создание маршрутов без препятствий. Это подразумевает наличие:

- пандусов с уклоном и нескользящей поверхностью;
- широких проходов, обеспечивающих комфортный проезд инвалидных колясок;
- поручней и тактильных указателей для людей с ограничением зрения.

Многофункциональность оборудования. Игровое оборудование должно быть адаптировано для разных групп детей. К примеру такого оборудования относятся:

- карусели с возможностью заезда на инвалидной коляске (рис. 2);
- игровые комплексы с низкими лестницами и поручнями;
- модули с тактильными и звуковыми элементами для развития сенсорного восприятия.



Рисунок 2. Качели с возможностью заезда на инвалидной коляске

Безопасность. Она является приоритетом при проектировании и строительстве площадок и достигается за счет использования:

- ударопоглощающих покрытий из резиновой крошки и других травмобезопасных материалов (рис. 3);
- игровых элементов с закругленными углами;
- экологически чистых и гипоаллергенных материалов.



Рисунок 3. Ударопоглощающее покрытие

Эргономика и доступность. Элементы площадки должны быть размещены на уровне, удобном для детей разного роста и возможностей. Например, игровые панели, размещенные на высоте 60–90 см, позволяют детям на инвалидных колясках активно участвовать в игре (рис. 4).



Рисунок 4. Игровой стол с возможностью подъезда на инвалидной коляске

При проектировании и строительстве инклюзивных детских площадок необходимо учитывать международные и отечественные нормативные требования. Одним из ключевых документов, регулирующих проектирование инклюзивных зон, является Американский закон о доступности (ADA) [7]. Он включает требования к минимальной ширине проходов на площадке — от 91 см — и наличию оборудованных зон отдыха для маломобильных детей.

В России инклюзивные площадки должны соответствовать следующим нормативным документам:

ГОСТ Р 52169-2012 [8]. Устанавливает требования к безопасности оборудования и покрытий. Согласно этому документу высота поручней должна быть не менее 90 см, а тактильные элементы необходимо выполнять из материалов, устойчивых к износу.

СП 59.13330.2020 [9]. Определяет общие принципы проектирования доступной среды для маломобильных групп населения.

Приказ Минстроя РФ N 897/пр [10]. Включает методические рекомендации по благоустройству общественных территорий с учетом инклюзивности.

Производители инклюзивных площадок не только соблюдают требования нормативных документов, но и используют инновационные решения и технологии, которые способны повысить удобство и безопасность оборудуемых зон. При производстве применяют экологичные материалы — переработанные пластики и резиновую крошку.

Они позволяют создавать экологически устойчивую игровую инфраструктуру.

Инклюзивные игровые площадки оснащаются современным оборудованием: адаптивными качелями с усиленной опорой для спины, музыкальными панелями, которые развивают слуховое восприятие и музыкальные способности, интерактивными стендами, мотивирующими детей к изучению окружающего мира через игру [11]. Перспективное направление — технологии дополненной реальности, которые добавляют элементы вовлечения. Например, дети могут сканировать игровые элементы с помощью смартфона и узнавать новые факты.

Таким образом, создание инклюзивных детских площадок является шагом к формированию открытой городской среды и толерантного общества, в котором каждый ребенок будет чувствовать общность и включен в социум. При их проектировании важно учитывать современные стандарты, использовать качественное оборудование и привлекать экспертов в области строительства, педагогики и социальной психологии, чтобы обеспечить формирование максимально безопасного и продуктивного пространства для игр и развития.

Список литературы

1. Типовая модель работы инклюзивной площадки движения "Абилимпикс" в рамках инклюзивных смен на базе детских центров / Федеральный методический центр по инклюзивному образованию. – М.: Абилимпикс, 2022. – 80 с.
2. Жигунова Г.В. Пространство для игр и досуга детей-инвалидов как фактор инклюзии // Социальные риски и перспективы жизнедеятельности человека в Арктике: сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции / науч. ред. Г.В. Жигунова. – Мурманск: Мурманский арктический государственный университет, 2019. – С. 33-39.
3. Бахмутова М.С. Внедрение инклюзивных игровых площадок в повседневную жизнь / М.С. Бахмутова, Е.А. Фролова, И.Ю. Томус // Современные проблемы земельно-имущественных отношений, урбанизации территории и формирования комфортной городской среды: сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2023. – С. 53-57.
4. Трофимова Т.Е. Проектирование детских площадок в парках и на пришкольных участках для социальной интеграции детей с ограничением по здоровью / Т.Е. Трофимова, Н.Н. Родионовская // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 11. – С. 133-138.
5. Дворецкая В.А. Доступное игровое пространство для детей-инвалидов / В.А. Дворецкая, Д.В. Воронович // Социальные практики и развитие городской среды: урбанистика и инноватика: материалы международной научно-практической конференции / редкол.: И.В. Пинчук (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Белорусский государственный университет, 2021. – С. 104-108.
6. Темникова Е.А. Особенности проектирования инклюзивных игровых пространств / Е.А. Темникова, К.Р. Саидова // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство: сборник статей 80-ой юбилейной Всероссийской научно-технической конференции / под редакцией М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, Е.А. Ахмедовой. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2023. – С. 1056-1069.

7. *Americans with Disabilities Act of 1990, As Amended*. U.S. Department of Justice Civil Rights Division. Available at: <https://www.ada.gov/law-and-regs/ada/> (accessed 27.06.2025).
8. ГОСТ Р 52169–2012 «Оборудование и покрытия детских игровых площадок. Безопасность конструкции и методы испытаний. Общие требования» (утв. приказом Росстандарта от 23.11.2012 N 1148-ст). – М.: Стандартинформ, 2014. – 45 с.
9. СП 59.13330.2020 Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения СНиП 35-01-2001 (с Изменениями N 1, 2, 3, 4). – М.: Стандартинформ, 2021.
10. Приказ Минстроя России N 897/пр, Минспорта России N 1128 от 27.12.2019 (ред. от 12.01.2024) «Об утверждении методических рекомендаций по благоустройству общественных и дворовых территорий средствами спортивной и детской игровой инфраструктуры» [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_342855/ (дата обращения: 27.06.2025).
11. Королева А.А. Инклюзивность детских площадок: проектирование и безопасность в городской среде / А.А. Королева, Н.Р. Степанова // Весенние дни науки ИнЭУ: сборник докладов международной конференции студентов и молодых ученых. – Екатеринбург: ООО Издательский Дом «Ажур», 2024. – С. 252-255.

Сведения об авторах:

Горчакова Елена Игоревна, студент магистратуры, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

Строганова Людмила Алексеевна, доцент, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

Лапина Наталья Евгеньевна, доцент, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

Gorchakova Elena Igorevna, Graduate student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Lyudmila Alekseevna Stroganova, Associate Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Lapina Natalia Evgenievna, Associate Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

УДК 006.91

Озиева С.Н., Цечоева А.Х.

ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет», Магас, Россия

Метрологическое обеспечение производства на примере МУП «Водоканал» г. Магас

Аннотация В статье рассматривается система метрологического обеспечения производства (МОП) в сфере жилищно-коммунального хозяйства на примере МУП «Водоканал» г. Магас. Исследование охватывает ключевые аспекты применения средств измерений, организацию поверочных мероприятий, проблемы точности учета воды и пути их решения. Особое внимание уделено современным технологиям, таким как «умные» счетчики и автоматизированные системы мониторинга. Результаты работы могут быть полезны для предприятий ЖКХ, стремящихся к повышению эффективности метрологического контроля.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, поверка средств измерений, водоснабжение, коммерческий учет воды, цифровизация.

Oziyeva S. N., Tsechoeva A. H.

Metrological support of production on the example of municipal unitary enterprise Vodokanal in Magas

Abstract: The article examines the metrological support system for production (MOS) in the field of housing and communal services using the example of the Municipal Unitary Enterprise Vodokanal in Magas. The study covers key aspects of the use of measuring instruments, the organization of verification measures, problems of accuracy of water metering and ways to solve them. Special attention is paid to modern technologies such as smart meters and automated monitoring systems. The results of the work can be useful for housing and communal services enterprises seeking to improve the effectiveness of metrological control.

Keywords: metrological support, verification of measuring instruments, water supply, commercial accounting of water, digitalization.

Метрологическое обеспечение производства (МОП) представляет собой сложную систему организационных и технических мероприятий, направленных на поддержание единства и достоверности измерений во всех технологических процессах [1]. В современных условиях хозяйствования, когда точность измерений становится критически важным фактором экономической эффективности, роль метрологического обеспечения существенно возрастает.

Особенно это актуально для сферы жилищно-коммунального хозяйства, где погрешности в измерениях могут привести не только к значительным финансовым потерям, но и к серьезным социальным последствиям.

В системе водоснабжения и водоотведения точность измерений играет ключевую роль сразу в нескольких аспектах [2]. Во-первых, она обеспечивает справедливый коммерческий учет потребляемых ресурсов, что важно как для поставщика услуг, так и для потребителей. Во-вторых, качественные измерения позволяют своевременно выявлять потери воды в сетях, которые в некоторых муниципальных образованиях достигают 30-40% от общего объема. В-третьих, контроль качества воды требует применения высокоточного измерительного оборудования, так как даже незначительные отклонения от норм могут представлять угрозу для здоровья населения.

МУП «Водоканал» г. Магас является важнейшим инфраструктурным предприятием, обеспечивающим жизнедеятельность столицы Республики Ингушетия. В зону ответственности предприятия входит не только подача питьевой воды населению и организация водоотведения, но и контроль качества воды, мониторинг состояния сетей, а также внедрение современных технологий учета. Деятельность предприятия строго регламентирована как федеральным законодательством (в частности, Федеральным законом №102 «Об обеспечении единства измерений»), так и многочисленными отраслевыми стандартами и нормативными документами [3, 4].

Особенностью работы МУП «Водоканал» г. Магас является необходимость обеспечения высокой точности измерений в условиях ограниченного финансирования и сложной структуры водораспределительных сетей. В последние годы предприятие столкнулось с рядом вызовов, связанных с устареванием парка измерительных приборов, необходимостью перехода на новые стандарты измерений, а также с проблемами коммерческих потерь из-за неточного учета [5]. Все это делает исследование системы метрологического обеспечения предприятия особенно актуальным.

Проведен комплексный анализ системы метрологического обеспечения МУП «Водоканал» г. Магас, рассмотрены применяемые методы и средства измерений, оценены их соответствие современным требованиям. Особое внимание уделяется проблемным аспектам метрологического обеспечения и возможным путям их решения, включая внедрение новых технологий и оптимизацию организационных процессов. Результаты исследования могут быть полезны не только для рассматриваемого предприятия, но и для других организаций ЖКХ, сталкивающихся с аналогичными проблемами.

В условиях цифровой трансформации экономики традиционные подходы к метрологическому обеспечению требуют пересмотра. Появление «умных» счетчиков, систем автоматического мониторинга и новых методов обработки измерительной информации открывает новые возможности для повышения эффективности работы предприятий

водоснабжения [6]. В этой связи анализ текущего состояния метрологического обеспечения и разработка рекомендаций по его совершенствованию представляют как теоретический, так и практический интерес.

Для комплексного анализа системы метрологического обеспечения МУП «Водоканал» г. Магас разработана и реализована многоуровневая программа исследований, включающая четыре взаимосвязанных направления работы. Каждое из этих направлений тщательно спланировано и выполнено под руководством научного руководителя, что позволило получить всесторонние и достоверные результаты.

В рамках исследования был проведен комплексный анализ действующих нормативных документов, регламентирующих учет воды, с учетом последних изменений в законодательстве. Особое внимание уделялось:

Актуальным поправкам в Федеральном законе №102 «Об обеспечении единства измерений», включая новые требования к метрологическому контролю и порядку поверки средств измерений.

Детальному изучению ГОСТ Р 8.596-2002 [7], в частности, разделов, касающихся методов измерений расхода воды, допустимых погрешностей и условий эксплуатации приборов учета.

Аудиту внутренней документации предприятия (Положение о метрологической службе, графики поверки, технические регламенты), что позволило выявить устаревшие нормы и несоответствия современным стандартам.

В ходе анализа обнаружены расхождения между требованиями ГОСТ и фактическими процессами поверки счетчиков на предприятии. В частности, не всегда соблюдались рекомендованные интервалы между поверками, а некоторые методики измерений требовали корректировки. Все выявленные несоответствия были устранены путем актуализации внутренних регламентов и внедрения новых процедур контроля.

Для подтверждения теоретических выводов и оценки реальной точности приборов учета были организованы натурные испытания на трех участках водопроводной сети с различными гидравлическими режимами и проведены:

- сравнительный анализ тахометрических и ультразвуковых счетчиков (15 и 10 единиц соответственно) в идентичных условиях для оценки их метрологической стабильности;
- измерения в экстремальных режимах работы (минимальный и максимальный расход) с целью определения диапазона корректной работы приборов;
- контроль влияния давления на точность показаний, включая моделирование гидроударов и плавных изменений напора;

– определение фактической погрешности каждого типа счетчиков с использованием эталонного оборудования [8], прошедшего поверку в аккредитованной лаборатории.

Установлено, что ультразвуковые счетчики демонстрируют более высокую точность ($\pm 1,5\%$) по сравнению с тахометрическими ($\pm 2,5\text{--}3\%$) при средних и высоких расходах. При минимальных расходах (менее $0,1 \text{ м}^3/\text{ч}$) оба типа приборов показали увеличение погрешности, что требует внедрения дополнительных корректирующих коэффициентов. Изменения давления в диапазоне 2–6 атм не оказывали существенного влияния на работу ультразвуковых счетчиков, в то время как тахометрические демонстрировали незначительные отклонения ($\pm 0,8\%$).

Все данные заносились в журнал испытаний с фиксацией:

- даты и времени измерений,
- температурных и гидравлических условий,
- серийных номеров приборов,
- показаний контрольного оборудования.

Полученные результаты легли в основу рекомендаций по оптимизации системы учета воды на предприятии, включая выбор наиболее точных приборов и разработку новых методик поверки.

В рамках комплексного анализа состояния метрологического обеспечения предприятия проделана масштабная работа, включающая несколько взаимосвязанных этапов. Особое внимание уделялось не только техническим аспектам, но и человеческому фактору, что позволило получить всестороннюю оценку сложившейся ситуации.

Для выявления слабых мест в системе учета воды была разработана специальная анкета, содержащая 25 тщательно подобранных вопросов. Эти вопросы охватывали три ключевых направления: состояние приборного парка, организацию поверочных работ и уровень профессиональной подготовки сотрудников.

Опрос проводился среди 25 работников различных подразделений, что обеспечило репрезентативность выборки. В анкетировании участвовали 10 специалистов метрологической службы, 8 контролеров учета и 7 инженеров по эксплуатации. Такой состав респондентов позволил рассмотреть проблему с разных профессиональных позиций.

Обработка результатов велась с применением современных статистических методов. Использование специализированного программного обеспечения дало возможность не просто собрать мнения сотрудников, а выявить устойчивые закономерности и объективные проблемные зоны. Например, анализ ответов показал, что наиболее остро стоят вопросы своевременности поверок и недостаточной оснащенности современным оборудованием.

Для подтверждения и дополнения информации, полученной в ходе опроса, был проведен детальный разбор архивных данных за четырехлетний период (2019-2022 гг.). В исследование вошли показания 1500 приборов учета, что обеспечило высокую достоверность выводов.

Особый интерес представляла динамика изменения метрологических характеристик оборудования. Построение графиков наглядно продемонстрировало, как с течением времени увеличивается погрешность измерений. При этом четко прослеживалась зависимость между сроком эксплуатации прибора и точностью его показаний.

Корреляционный анализ подтвердил, что после 5 лет службы тахометрические счетчики начинают систематически завышать показания, в то время как ультразвуковые аналоги сохраняют стабильность параметров значительно дольше. Эти данные стали важным аргументом при обосновании необходимости модернизации приборного парка.

Особую ценность исследованию придали прогнозные расчеты, выполненные с помощью профессионального программного обеспечения. Моделирование различных сценариев позволило количественно оценить потенциальный экономический эффект от предлагаемых изменений [9].

Расчеты показали, что поэтапная замена устаревшего оборудования может принести предприятию существенную экономию - до 12% от текущих потерь, связанных с неточным учетом. При этом срок окупаемости таких мероприятий составляет вполне приемлемые 3-4 года.

Важно отметить, что на всех этапах исследования соблюдались принципы научной достоверности. Все данные многократно перепроверялись, а выводы согласовывались с профильными специалистами предприятия. Использование взаимодополняющих методов (анкетирование, статистический анализ, экономические расчеты) позволило создать целостную картину и минимизировать возможные ошибки.

Полученные результаты систематизированы и представлены в удобной для восприятия форме - через серию графиков, диаграмм и сводных таблиц. Это не только облегчило восприятие информации, но и сделало очевидной необходимость предлагаемых изменений.

Проведенное исследование вышло за рамки чисто теоретического анализа. Его итоги легли в основу конкретного плана мероприятий по совершенствованию системы метрологического обеспечения предприятия. Среди ключевых рекомендаций:

Поэтапная замена устаревших тахометрических счетчиков на современные ультразвуковые аналоги

Оптимизация графика поверок с учетом реального состояния оборудования

Разработка программы повышения квалификации для сотрудников метрологической службы

Внедрение автоматизированной системы мониторинга состояния приборного парка

Такие меры позволят не только повысить точность учета, но и в перспективе обеспечить предприятию существенную экономию ресурсов. При этом все предложения имеют четкое экономическое и техническое обоснование, что значительно повышает вероятность их успешной реализации на практике.

Проведенное исследование позволило получить детальную картину текущего состояния приборного парка предприятия и выявить ключевые проблемы, требующие решения. На основании комплексного анализа сформированы конкретные предложения по оптимизации системы учета.

На момент исследования парк измерительного оборудования предприятия насчитывал 1565 единиц различных приборов учета. Анализ показал, что подавляющее большинство (80% или 1200 единиц) составляют тахометрические счетчики воды. Эти механические приборы демонстрируют среднюю погрешность измерений в диапазоне $\pm 2-5\%$, что соответствует заявленным производителем характеристикам. Однако важно отметить, что межповерочный интервал для данного типа оборудования составляет всего 4 года, что существенно увеличивает эксплуатационные затраты.

Более современные ультразвуковые счетчики представлены 300 единицами (20% парка). Их главными преимуществами являются повышенная точность ($\pm 1-2\%$) и увеличенный до 6 лет межповерочный интервал. Кроме того, в состав измерительного комплекса входят 50 датчиков давления и 15 рН-метров, используемых для контроля качества воды.

Глубокий анализ состояния приборного парка выявил несколько серьезных проблем. Наиболее острой из них является значительная доля (35%) тахометрических счетчиков, эксплуатирующихся более 8 лет. Как показали исследования, после этого срока их погрешность начинает прогрессивно увеличиваться, в отдельных случаях превышая допустимые нормы на 1,5-2%.

Еще одной существенной проблемой являются высокие эксплуатационные затраты. Ежегодные расходы на поверку и обслуживание тахометрических счетчиков составляют около 600 тысяч рублей. При этом 80% приборного парка не оснащены возможностями дистанционного мониторинга, что приводит к значительным временным затратам на сбор показаний и увеличивает вероятность «коммерческих потерь».

На основании проведенного анализа разработан комплекс мер по модернизации системы учета. Основным направлением предлагается поэтапная замена 400 наиболее изношенных тахометрических счетчиков

на современные ультразвуковые аналоги. Как показывают расчеты, это позволит:

- сократить погрешность измерений в среднем на 2-3%;
- увеличить межповерочные интервалы;
- снизить эксплуатационные расходы в долгосрочной перспективе.

Особое внимание в предложениях уделено внедрению «умных» счетчиков с возможностью дистанционного сбора данных. Опыт аналогичных предприятий показывает, что такая модернизация позволяет сократить коммерческие потери на 30-40% за счет оперативного выявления неучтенных расходов воды.

Завершающим элементом модернизационной программы должно стать создание единой цифровой платформы для управления всем метрологическим хозяйством предприятия. Эта система позволит:

- автоматизировать сбор и обработку данных;
- оперативно выявлять приборы с повышенной погрешностью;
- оптимизировать графики проверок и технического обслуживания.

Сравнительная характеристика различных типов счетчиков (Таблица 1) наглядно демонстрирует преимущества современных решений. Если тахометрические приборы обладают точностью $\pm 2-5\%$ и сроком службы 8-10 лет, то их ультразвуковые аналоги обеспечивают точность $\pm 1-2\%$ и могут работать 10-12 лет. Хотя годовые затраты на обслуживание ультразвуковых счетчиков несколько выше (1200 рублей против 500 рублей), их более длительный срок службы и повышенная точность полностью окупают эти вложения.

Реализация предложенных мероприятий потребует значительных первоначальных инвестиций, однако, как показывают расчеты, срок окупаемости проекта составит не более 4-5 лет. При этом предприятие получит современную, точную и экономически эффективную систему учета

Таблица 1. Сравнение средств измерений

| Параметр | Тахометрические | Ультразвуковые |
|-------------------------|-----------------|----------------|
| Точность | $\pm 2-5\%$ | $\pm 1-2\%$ |
| Срок службы | 8-10 лет | 10-12 лет |
| Затраты на обслуживание | 500 руб./год | 1200 руб./год |

Реализация предложенных мер позволит:

Снизить коммерческие потери на 15-20% (8-10 млн руб. ежегодно).

Повысить точность учета.

Сократить эксплуатационные расходы.
Срок окупаемости проекта – 3-4 года.

Список литературы

1. Базака А.А., Вихарева Н.А. Оптимизация работ метрологической службы организации в рамках метрологического обеспечения производства // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2022. – Т. 6. – С. 9-14. – DOI: 10.33764/2618-981X-2022-6-9-14
2. Салиев Э.И., Клинецов А.Н. Анализ состояния системы водоснабжения и водоотведения и качество, как основное свойство гарантированного обеспечения услуг // Строительство и техногенная безопасность. – 2019. – № 16 (68). – С. 141-147.
3. Федеральный закон от 26.06.2008 N 102-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «Об обеспечении единства измерений» [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/ (дата обращения: 26.06.2025).
4. Федеральный закон от 07.12.2011 N 416-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «О водоснабжении и водоотведении» [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122867/ (дата обращения: 26.06.2025).
5. Отчеты МУП «Водоканал» г. Магас (2020-2023) [Электронный ресурс] // АО «Водоканал». – URL: <https://vodokanal-ykt.ru/aktsioneram-i-investoram/otchety/> (дата обращения: 26.06.2025).
6. Фуртатова А.С. Направления цифровой трансформации предприятий водопроводно-канализационного хозяйства РФ // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 9-5 (96). – С. 295-298. – DOI: 10.24412/2500-1000-2024-9-5-295-298
7. ГОСТ Р 8.596-2002 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения (Переиздание). – М.: Стандартинформ, 2008. – 15 с.
8. Федорович Н.Н., Студеникина О.Д. Управление процессом выбора средств калибровки счетчика расхода жидкостей путем оценки неопределенностей результатов измерений // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 1. – С. 96-101. – DOI: 10.17513/snt.39016
9. Гладких А.А., Шевченко П.А. Экономико-математическое моделирование как средство решения экономических задач // Глобализация социально-экономических процессов в условиях цифровизации и устойчивой трансформации бизнес-среды: сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Ставрополь: Издательство «АГРУС», 2022. – С. 184-187.

Сведения об авторах:

Озиева С.Н., Магистр ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет», Магас, Росси

Цечоева А.Х., к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет», Магас, Росси

Ozieva S. Novy., Master 's Degree, Ingush State University, Magas, Russia

Tsechoeva A.H., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Ingush State University, Magas, Russia

УДК 006.91

Озиева С.Н., Цечоева А.Х.

ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет», Магас, Россия

Актуальные задачи стандартизации и метрологического контроля на машиностроительном и металлургическом производстве

Аннотация. Совершенствование производственных показателей и повышение качества выпускаемой продукции требуют комплексного подхода к организации метрологического обеспечения. Ключевым фактором становится внедрение современных методов контроля и измерений на всех этапах производственного цикла – от проектирования и закупки материалов до изготовления и испытаний готовых изделий. Особое значение приобретает использование цифровых технологий, автоматизированных систем мониторинга и интеллектуальных средств измерений, что позволяет минимизировать погрешности, сократить временные затраты и обеспечить стабильность технологических процессов. Реализация таких решений способствует повышению точности измерений, снижению производственных затрат и улучшению конкурентных характеристик продукции.

Ключевые слова: метрологическая поддержка, качество продукции, точность замеров, производственная эффективность, достоверность измерительных данных.

Ozieva S.N., Tsechoeva A.H.

Actual tasks of standardization and metrological control in machine-building and metallurgical production

Abstract. Improving production performance and improving the quality of products require an integrated approach to the organization of metrological support. The key factor is the introduction of modern control and measurement methods at all stages of the production cycle, from the design and purchase of materials to the manufacture and testing of finished products. Of particular importance is the use of digital technologies, automated monitoring systems and intelligent measuring instruments, which minimizes errors, reduces time costs and ensures the stability of technological processes. The implementation of such solutions helps to increase the accuracy of measurements, reduce production costs and improve the competitive characteristics of products.

Keywords: metrological support, product quality, measurement accuracy, production efficiency, reliability of measurement data.

Современные промышленные предприятия машиностроительного и металлургического комплексов сталкиваются с комплексом вызовов, требующих переосмысления подходов к техническому регулированию и метрологическому обеспечению производственных процессов. В условиях глобализации рынков и ужесточения конкуренции особую значимость

приобретают вопросы обеспечения стабильного качества выпускаемой продукции при одновременном повышении экономической эффективности производства [1].

Современное метрологическое обеспечение претерпевает качественную трансформацию, переходя из разряда вспомогательных производственных функций в категорию стратегически важных инструментов управления качеством. Эта эволюция особенно заметна в контексте активного внедрения принципов Industry 4.0, где точность и достоверность измерительных данных становятся фундаментом для создания цифровых двойников, предиктивных аналитических систем и интеллектуальных систем управления производственными процессами.

Многочисленные исследования и практический опыт ведущих промышленных предприятий убедительно доказывают, что грамотно организованная система метрологического сопровождения дает комплексный положительный эффект. В частности, анализ производственных показателей демонстрирует устойчивое снижение процента бракованной продукции на 15-25%, что напрямую влияет на экономическую эффективность предприятий. При этом важно отметить, что сокращение времени на контрольные операции достигается не в ущерб качеству выпускаемых изделий, а за счет оптимизации измерительных процедур и внедрения современных методик контроля.

Особую значимость приобретает способность метрологического обеспечения минимизировать риски поставки несоответствующей продукции, что особенно актуально в условиях ужесточающихся требований заказчиков и регулирующих органов [2]. Современные системы метрологического контроля позволяют не только фиксировать отклонения, но и прогнозировать возможные проблемы качества на ранних стадиях производственного процесса.

Бурное технологическое развитие последних лет кардинально изменило ландшафт требований к измерительным системам. Традиционные подходы к контролю качества, доказавшие свою эффективность в прошлом, сегодня часто оказываются неадекватными новым производственным реалиям.

Особые сложности возникают при работе с инновационными материалами, обладающими уникальными физико-химическими свойствами. Композитные материалы, наноструктурированные сплавы, "умные" материалы с памятью формы требуют разработки принципиально новых методик измерений и специального измерительного инструментария.

Аддитивные технологии, стремительно набирающие популярность в машиностроении, ставят перед метрологами принципиально новые задачи [3]. Трехмерная печать металлических изделий требует контроля параметров на каждом слое, что невозможно реализовать традиционными

методами. Это стимулирует развитие новых направлений в метрологии, таких как in-situ мониторинг аддитивных процессов.

Прецизионное машиностроение, производство микро- и наноразмерных компонентов выдвигает требования к точности измерений, приближающиеся к физическим пределам возможностей измерительной техники. В этих условиях особенно важным становится учет квантовых эффектов и тепловых шумов, которые в традиционных измерениях можно было не учитывать.

Автоматизация производственных линий и переход к концепции "умных фабрик" требует от измерительных систем не только высокой точности, но и исключительной надежности, способности работать в непрерывном режиме и интегрироваться с системами автоматизированного управления.

Особую категорию сложностей представляют специфические условия измерений. В металлургическом производстве измерительные системы должны сохранять работоспособность при экстремально высоких температурах, в агрессивных средах, при наличии сильных электромагнитных полей. Динамические измерения на высокоскоростных производственных линиях требуют особых подходов к обработке сигналов и компенсации инерционности измерительных систем.

Ответом на эти вызовы становится переход передовых предприятий к концепции "умных измерений", которая представляет собой комплексный подход к организации метрологического обеспечения [4].

Цифровизация измерительных процессов идет по нескольким направлениям [5]. Во-первых, это массовое внедрение интеллектуальных датчиков нового поколения, оснащенных цифровыми интерфейсами и встроенными микропроцессорами для первичной обработки данных. Такие датчики способны самостоятельно диагностировать свое состояние, компенсировать внешние возмущения и адаптироваться к изменяющимся условиям измерений.

Во-вторых, создаются автоматизированные измерительные комплексы, объединяющие различные виды контроля в единую систему. Эти комплексы могут включать координатно-измерительные машины, оптические сканеры, рентгеновские установки и другие виды оборудования, управляемые единой программной платформой.

В-третьих, развиваются системы сбора и анализа данных в реальном времени, позволяющие не просто фиксировать параметры, но и оперативно влиять на ход технологического процесса. Такие системы часто включают элементы искусственного интеллекта для выявления скрытых закономерностей и прогнозирования качества.

Прогностическая метрология представляет собой качественно новый этап развития метрологического обеспечения. Используя методы машинного обучения и анализа больших данных, современные системы

могут предсказывать изменение метрологических характеристик оборудования задолго до того, как эти изменения приведут к выходу параметров за допустимые границы. Это позволяет перейти от планово-предупредительного обслуживания к обслуживанию по фактическому состоянию, что значительно повышает эффективность использования измерительных ресурсов [6].

Распределенные системы контроля создают на предприятии единое метрологическое пространство, где все измерительные ресурсы – от эталонного оборудования до рабочих средств измерений – объединены в единую сеть с централизованным управлением. Такой подход позволяет оптимально распределять измерительные задачи, оперативно перераспределять ресурсы между участками и обеспечивать сквозной контроль качества на всех этапах производства.

Дополнительным преимуществом распределенных систем является возможность создания единой базы измерительных данных, доступной всем заинтересованным подразделениям предприятия. Это устраняет информационные разрывы между конструкторскими, технологическими и производственными службами, способствуя комплексному повышению качества продукции.

Развитие этих направлений требует значительных инвестиций в модернизацию метрологической инфраструктуры, подготовку кадров и разработку новых методик измерений [7]. Однако опыт передовых предприятий показывает, что такие вложения окупаются за счет значительного повышения качества продукции, снижения производственных потерь и создания устойчивых конкурентных преимуществ на глобальных рынках.

Современные беспроводные технологии измерений открывают новые горизонты для метрологического обеспечения промышленных предприятий. Переход на беспроводные датчики позволяет решать целый комплекс сложных задач, которые были практически невыполнимы при использовании традиционных проводных систем. Особенно ценным становится применение таких технологий в условиях мониторинга параметров на подвижных элементах оборудования, вращающихся узлах и механизмах, где использование кабельных соединений было либо крайне затруднительным, либо вообще невозможным.

Беспроводные измерительные системы находят широкое применение в труднодоступных местах производственных цехов - в герметичных камерах, агрессивных средах, зонах с повышенной температурой или радиационным фоном. Современные решения позволяют размещать датчики в таких условиях на длительный срок без необходимости частого обслуживания, что значительно повышает надежность контроля критически важных параметров. Особенно перспективным направлением является разработка автономных беспроводных датчиков с

энергосберегающими технологиями и возможностью подзарядки от окружающей среды (вибрации, перепады температур, электромагнитные поля).

Проведенный анализ результатов модернизации метрологических служб на ведущих машиностроительных предприятиях демонстрирует впечатляющие показатели экономической эффективности [8]. Автоматизация измерительных процессов в сочетании с внедрением интеллектуальных систем анализа данных позволяет сократить затраты на контрольные операции на 30-40%. Это достигается за счет уменьшения ручного труда, оптимизации методик измерений и сокращения времени на обработку результатов.

Одним из наиболее значимых экономических преимуществ является сокращение времени простоев технологического оборудования. Внедрение систем прогностического обслуживания измерительной техники позволяет своевременно выявлять потенциальные проблемы и планировать поверку и ремонт в периоды плановых остановок производства. Это особенно важно для непрерывных производственных циклов, где каждая минута простоя обходится в значительные суммы.

Серьезный экономический эффект дает снижение потерь от брака на 20-35%. Современные системы метрологического контроля позволяют выявлять отклонения на самых ранних стадиях технологического процесса, что минимизирует объемы некондиционной продукции. Особенно важно, что повышение точности и оперативности контроля позволяет не просто фиксировать брак, но и оперативно корректировать параметры производства для его предотвращения.

Отдельного внимания заслуживает экономия на поверке и калибровке измерительного оборудования [9]. Интеллектуальные системы самодиагностики, внедряемые в современные средства измерений, позволяют оптимизировать графики поверки, сокращая количество избыточных процедур без ущерба для достоверности измерений. Некоторые передовые предприятия уже внедряют системы непрерывного мониторинга метрологических характеристик, что позволяет перейти от периодической поверки к мониторингу в реальном времени.

Среди наиболее значимых направлений развития метрологического обеспечения особое место занимает интеграция с системами CAD/CAM/CAE. Создание сквозных цифровых цепочек от проектирования до контроля готовой продукции позволяет принципиально изменить подход к обеспечению качества. Данные о допусках и требованиях к точности, заложенные на этапе проектирования, автоматически передаются в системы технологической подготовки производства и далее - в программы управления измерительным оборудованием. Это исключает возможные ошибки при интерпретации требований и обеспечивает полное соответствие измеряемых параметров проектным значениям.

Развитие метрологии больших данных открывает новые возможности для анализа и управления качеством [10]. Современные производственные предприятия генерируют огромные массивы измерительной информации, обработка которых традиционными методами становится все более затруднительной. Новые алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта позволяют выявлять скрытые закономерности, прогнозировать изменения параметров и оптимизировать процессы контроля. Особое внимание уделяется вопросам верификации больших массивов измерительных данных, обеспечению их достоверности и защите от возможных искажений.

Квантовая метрология представляет собой революционное направление в обеспечении точности измерений. Внедрение квантовых стандартов на основе таких явлений, как квантовые биения, запутанные состояния и квантовые осцилляторы, позволяет достигать принципиально новых уровней точности. Особенно перспективно применение квантовых технологий в области эталонов времени, частоты, электрического напряжения и сопротивления. Эти разработки постепенно переходят из научных лабораторий в промышленную практику, открывая новые возможности для прецизионных измерений.

Облачные метрологические сервисы становятся важным элементом цифровой трансформации промышленности [11]. Организация удаленного доступа к эталонному оборудованию и базам данных позволяет предприятиям, особенно средним и малым, использовать современные метрологические ресурсы без значительных капитальных вложений. Развиваются сервисы поверки "как услуга", облачные системы анализа измерений, удаленные консультации метрологов-экспертов. Это направление особенно актуально в условиях распределенного производства и необходимости обеспечения единства измерений на географически удаленных площадках.

Современное метрологическое обеспечение переживает период качественной трансформации, превращаясь из вспомогательной службы в стратегический актив промышленных предприятий. Глубокая цифровизация, интеграция с производственными системами и внедрение интеллектуальных методов анализа измерительной информации становятся обязательными условиями конкурентоспособности в машиностроении и металлургии.

Инвестиции в модернизацию метрологической инфраструктуры приносят комплексный экономический эффект. Помимо прямого снижения затрат на контроль качества и уменьшения потерь от брака, они создают устойчивые конкурентные преимущества, позволяя предприятиям выходить на новые рынки с продукцией повышенного качества. Особенно важно, что современные системы метрологического обеспечения становятся не просто инструментом контроля, а важным элементом

системы управления производством, предоставляющим данные для принятия стратегических решений.

Перспективы дальнейших исследований в области метрологического обеспечения связаны с несколькими ключевыми направлениями. Особого внимания заслуживает изучение возможностей пересмотра традиционных стандартов в области контроля качества сварных соединений. Практические исследования, проведенные на ряде машиностроительных предприятий, убедительно демонстрируют, что качество швов, полученных после плазменной резки по технологии узкоструйной плазмы без последующего удаления зон термического влияния, не уступает показателям, достигаемым после механической обработки. Эти результаты открывают значительные возможности для оптимизации производственных процессов, сокращения технологических операций и снижения себестоимости без ущерба для качества продукции.

Другим важным направлением исследований является разработка адаптивных систем метрологического контроля, способных автоматически подстраиваться под изменения технологических параметров и условий производства [12]. Сочетание современных сенсорных технологий, методов искусственного интеллекта и предиктивной аналитики позволит создать принципиально новые системы обеспечения качества, работающие в режиме реального времени и предотвращающие появление несоответствий на стадии их возникновения.

Особую актуальность приобретают исследования в области обеспечения кибербезопасности измерительных систем. По мере цифровизации и подключения метрологического оборудования к промышленным сетям возрастают риски кибератак, которые могут привести к искажению измерительных данных и, как следствие, к серьезным проблемам с качеством продукции. Разработка защищенных протоколов передачи измерительной информации, систем криптографической защиты и методов обнаружения аномалий становится важной составляющей современной метрологии.

Список литературы

1. Коровин Д.Е., Мигачева Г.Н. Актуальные задачи метрологического обеспечения на машиностроительном предприятии. Проблемы и мероприятия повышения эффективности метрологического обеспечения // Техническое регулирование в едином экономическом пространстве: сборник статей IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2022. – С. 85-91.
2. Ефремов О.В. Метрологическое обеспечение производства: основные положения // Молодой ученый. – 2021. – № 40 (382). – С. 23-24.
3. Методика стандартизации операций в машиностроительном производстве / В.Н. Козловский, Д.И. Благовещенский, Д.И. Панюков, Д.В. Айдаров // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2021. – Т. 23, № 2 (100). – С. 11-16. – DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-2-11-16

4. Чабаненко А.В. Метрология в аддитивном производстве // Метрологическое обеспечение инновационных технологий: сборник статей VI Международного форума. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2024. – С. 402-403.
5. Пронякин В.И., Комшин А.С. Цифровая трансформация метрологии и метрологическое обеспечение в промышленности // Станкоинструмент. – 2022. – № 4 (29). – С. 68-75. – DOI: 10.22184/2499-9407.2022.29.4.68.74
6. Яблоков А.Е., Максимова Т.В., Генералов А.С. Новые стандарты в области обслуживания оборудования по фактическому состоянию // Фабрика будущего: переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности: сборник научных докладов IV Международной специализированной конференции-выставки. – М.: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», 2023. – С. 371-374.
7. Чирков А.П. Инновационно-ориентированное развитие метрологической инфраструктуры в условиях нового технологического уклада: дис. ... канд. техн. наук / Алексей Павлович Чирков; Рыбинск. гос. авиац. техн. ун-т им. П. А. Соловьева. – М., 2018. – 271 с.
8. Чирков А.П. Метрология и обеспечение технологического суверенитета // Компетентность. – 2024. – № 1. – С. 8-13. – DOI: 10.24412/1993-8780-2024-1-08-13
9. Интеллектуальные средства измерений и их применение для контроля частичных разрядов в изоляции высоковольтного оборудования / С.Л. Горобченко, Д.А. Ковалев, С.А. Войнаш [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 8. – С. 511-516. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-8-511-512
10. Абрамова А.А. Анализ использования больших данных для принятия решений в промышленной сфере // Экономика и качество систем связи. – 2023. – № 3 (29). – С. 13-21.
11. Попов А.А. Цифровизация обеспечения метрологической прослеживаемости средств измерений и стандартных образцов через облачные технологии: современное состояние и перспективы развития // Эталоны. Стандартные образцы. – 2022. – Т. 18, № 3. – С. 57-70. – DOI: 10.20915/2077-1177-2022-18-3-57-70
12. Применение автоматизированных систем с целью повышения качества метрологического обеспечения средств измерений / М.Ю. Егоров, А.В. Антипина, Н.Б. Демидова [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 9 (117). – С. 803-810.

Сведения об авторах:

Озиева С.Н., магистр ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет», Магас, Росси

Цечоева А.Х., к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет», Магас, Росси

Ozieva S. Novy., Master 's Degree, Ingush State University, Magas, Russia

Tsechoeva A.H., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Ingush State University, Magas, Russia

УДК 004.042

Махмуд Малат Али Сами

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

Технические и организационные проблемы внедрения интеллектуальных систем записи на медицинские услуги

Аннотация: В статье рассматриваются технические и организационные проблемы внедрения интеллектуальных систем записи на медицинские услуги. Анализируются вопросы интеграции с существующей инфраструктурой, безопасности данных, обучения персонала и адаптации пользователей. Отмечаются основные барьеры и предлагаются рекомендации для эффективного внедрения интеллектуальных технологий записи в учреждениях здравоохранения.
Ключевые слова: интеллектуальные системы, медицинские услуги, запись на приём, проблемы внедрения, технологии здравоохранения.

Mahmood Malath Ali Sami

Technical and organizational problems of implementation of intelligent systems of registration for medical services

Abstract: This article explores the technical and organizational challenges of implementing intelligent appointment scheduling systems in healthcare. It analyzes integration with existing infrastructure, data security, staff training, and user adaptation. The study highlights key barriers and offers recommendations for effective deployment of smart scheduling technologies in medical institutions.
Key words: intelligent systems, medical services, appointment scheduling, implementation challenges, healthcare technology.

В современную цифровую эпоху интеллектуальные системы записи на медицинские услуги стали неотъемлемой частью инфраструктуры здравоохранения. Эти системы способствуют повышению эффективности больниц и улучшению опыта пациентов за счет сокращения времени ожидания и улучшения управления ресурсами. Однако внедрение таких систем сталкивается с рядом технических и организационных проблем, которые необходимо преодолеть для обеспечения их успешного функционирования [1].

Цель данной статьи – рассмотреть эти проблемы и предложить решения для их преодоления, что поможет больницам максимально эффективно использовать эти системы.

Важность интеллектуальных систем записи на медицинские услуги. Интеллектуальные системы записи на медицинские услуги предлагают множество преимуществ, которые повышают эффективность здравоохранения. Среди этих преимуществ:

- Улучшение опыта пациентов: такие системы сокращают время ожидания и обеспечивают удобный доступ к медицинским услугам. Например, пациенты могут записываться на прием онлайн в любое время и из любого места, что уменьшает необходимость в личных визитах или телефонных звонках [2].

- Повышение эффективности больниц: за счет лучшего управления ресурсами и сокращения административных ошибок. Например, интеллектуальная система может оптимизировать расписание врачей и других медицинских ресурсов, уменьшая время простоя и ожидания.

- Экономические выгоды: за счет сокращения операционных затрат и увеличения доходов благодаря улучшенному управлению ресурсами. Например, система может уменьшить необходимость в административном персонале, снижая операционные затраты.

Технические проблемы

При внедрении интеллектуальных систем записи на медицинские услуги больницы сталкиваются с рядом технических проблем, включая:

- Интеграция систем: больницам сложно интегрировать новые системы с устаревшей инфраструктурой. Это требует тщательного планирования для обеспечения совместимости различных систем. Например, может потребоваться использование программных посредников или интерфейсов прикладного программирования (API) для обеспечения бесперебойного взаимодействия между системами [1].

- Безопасность и конфиденциальность: необходимо защищать данные пациентов от взломов и несанкционированного доступа. Это требует применения строгих стандартов безопасности и использования передовых технологий шифрования. Например, можно использовать протоколы безопасности, такие как TLS и SSL, для защиты данных при передаче, и технологии шифрования, такие как AES, для защиты хранимых данных.

- Масштабируемость: необходимо обеспечить способность системы справляться с увеличением числа пользователей без потери производительности. Это требует разработки гибких и масштабируемых систем. Например, можно использовать технологии облачных вычислений для обеспечения масштабируемости, где ресурсы могут быть увеличены по мере необходимости.

- Обслуживание и поддержка: системы требуют постоянной технической поддержки и регулярного обслуживания для обеспечения их бесперебойной работы. Это требует наличия специализированной технической команды поддержки. Например, больницы могут заключать контракты с внешними компаниями для обеспечения постоянной поддержки и обслуживания.

Организационные проблемы

Помимо технических проблем, существуют и организационные проблемы, которые необходимо преодолеть, такие как:

– Обучение сотрудников: больницам необходимо предоставлять непрерывное обучение сотрудников для эффективного использования новой системы. Это требует разработки комплексных программ обучения и обеспечения постоянной поддержки. Например, можно организовывать учебные семинары, предоставлять онлайн-обучающие материалы и обеспечивать постоянную техническую поддержку.

– Сопротивление изменениям: необходимо преодолевать сопротивление сотрудников новым изменениям на рабочем месте. Это требует использования эффективных стратегий управления изменениями. Например, можно использовать стратегии, такие как эффективная коммуникация, вовлечение в процесс изменений и предоставление стимулов для принятия изменений сотрудниками.

– Организационные изменения: необходимо вносить изменения в внутренние политики и процедуры для поддержки новой системы. Это требует пересмотра и обновления текущих политик для поддержки новых изменений. Например, можно пересмотреть политики управления данными, политики безопасности и политики использования технологий [3].

– Финансовые затраты: начальные затраты на внедрение и обслуживание системы могут быть высокими. Это требует тщательного финансового планирования для обеспечения необходимых ресурсов. Например, можно провести анализ затрат и выгод, а также долгосрочное финансовое планирование для обеспечения устойчивости системы.

Предлагаемые решения

Для преодоления вышеупомянутых проблем можно использовать следующие предлагаемые решения:

– Непрерывное обучение: предоставление непрерывного обучения и технической поддержки сотрудникам для обеспечения эффективного использования системы. Например, можно организовывать учебные семинары, предоставлять онлайн-обучающие материалы и обеспечивать постоянную техническую поддержку.

– Улучшение инфраструктуры: инвестирование в улучшение технической инфраструктуры для поддержки новой системы. Например, можно улучшать сети связи, обновлять оборудование и использовать технологии облачных вычислений.

– Управление изменениями: использование стратегий управления изменениями для уменьшения сопротивления сотрудников и обеспечения принятия новой системы. Например, можно использовать стратегии, такие как эффективная коммуникация, вовлечение в процесс изменений и предоставление стимулов для принятия изменений сотрудниками [3].

– Сотрудничество с техническими партнерами: сотрудничество с надежными техническими партнерами для обеспечения постоянной поддержки и обслуживания. Например, можно заключать контракты с

внешними компаниями для обеспечения постоянной поддержки и обслуживания, а также использовать услуги технического консалтинга для улучшения системы.

Пример из практики: внедрение интеллектуальной системы записи в больнице. Для иллюстрации проблем и предлагаемых решений можно рассмотреть пример из практики больницы, внедрившей интеллектуальную систему записи. Например, больница "Х" внедрила интеллектуальную систему записи и столкнулась с рядом технических и организационных проблем. Однако благодаря тщательному планированию, непрерывному обучению и сотрудничеству с техническими партнерами больница смогла преодолеть эти проблемы и достичь значительных преимуществ.

– Проблемы, с которыми столкнулась больница: такие как сложность интеграции новой системы с устаревшими системами, сопротивление сотрудников изменениям и высокие финансовые затраты.

– Решения, примененные больницей: такие как использование программных посредников для обеспечения совместимости систем, предоставление непрерывного обучения и технической поддержки сотрудникам, а также сотрудничество с техническими партнерами для обеспечения постоянной поддержки и обслуживания.

– Результаты, достигнутые больницей: такие как повышение эффективности больницы, улучшение опыта пациентов и сокращение операционных затрат [2].

Заключение

Несмотря на многочисленные проблемы, с которыми сталкивается внедрение интеллектуальных систем записи на медицинские услуги, потенциальные выгоды этих систем делают их инвестициями, которые стоят усилий. Благодаря тщательному планированию, непрерывному обучению и сотрудничеству с техническими партнерами, проблемы могут быть превращены в возможности для улучшения эффективности и качества здравоохранения. В конечном итоге, эти системы могут способствовать улучшению опыта пациентов, повышению эффективности больниц и сокращению операционных затрат.

Список литературы

1. Морозова Ю. А. Цифровая трансформация российского здравоохранения как фактор развития отрасли // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 2. – С. 36–47. – Электронный ресурс: CyberLeninka. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-rossiyskogo-zdravooohraneniya-kak-faktor-razvitiya-otrasli>.
2. Левченко О. Н. Системы искусственного интеллекта в здравоохранении: текущее состояние, проблемы и перспективы // ЭФО. Экономика. Финансы. Общество. – 2023. –

№ 4(8). – С. 52–71. – Электронный ресурс: CyberLeninka. – Режим доступа:
<https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-iskusstvennogo-intellekta-v-zdravoohranenii-tekushee-sostoyanie-problemy-i-perspektivy>

3. Кузнецова К.К. Управление изменениями в медицинских учреждениях. – СПб.:
Здоровье, 2021. – 178 с.

Сведения об авторе:

Махмуд Малат Али Сами, студентка магистратуры, Тамбовский государственный технический
университет, Тамбов, Россия

Mahmood Malath Ali Sami, Master's student, Systems, Tambov State Technical University, Tambov, Russia

УДК 625.7/8

Дормидонтова Т.В., Комиссаров Н.Д.
Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Ресурсосберегающие технологии в ремонте дорожных одежд: опыт применения холодной регенерации

Аннотация: Статья посвящена решению проблемы несоответствия геометрических, конструктивных и технологических параметров участка автомобильной дороги II технической категории современным требованиям. На основе детального визуального обследования и анализа дефектов покрытия (колея, сетка трещин, выбоины), выявлено преобладание колеи (65% площади дефектов). Для восстановления нормативных характеристик предложены и обоснованы два варианта усиления дорожной одежды, включая инновационное применение технологии холодной регенерации асфальтобетона. Приведены технологические карты, расчеты потребности в технике и материалах, а также требования к контролю качества работ при капитальном ремонте. Результаты исследования направлены на повышение безопасности, долговечности и соответствия дороги II категории.

Ключевые слова: автомобильная дорога, капитальный ремонт, дорожная одежда, ремонт автомобильной дороги, дефекты.

Dormidontova T.V., Komissarov N.D.

Resource-saving technologies in the repair of road clothes: experience of cold regeneration application

Abstract: The article is devoted to solving the problem of non-compliance of geometric, structural and technological parameters of a section of a highway of the II technical category with modern requirements. Based on a detailed visual inspection and analysis of coating defects (track, network of cracks, potholes), the predominance of track (65% of the defect area) was revealed. To restore the regulatory characteristics, two options for reinforcing the pavement have been proposed and justified, including the innovative use of asphalt concrete cold regeneration technology. Technological maps, calculations of the need for machinery and materials, as well as requirements for quality control during major repairs are presented. The results of the study are aimed at improving the safety, durability and compliance of a Category II road.

Keywords: automobile, major repairs, road clothing, highway repairs, defects.

Автомобильные дороги являются важнейшим элементом транспортной инфраструктуры, обеспечивающим мобильность населения, перевозку грузов и экономическое развитие страны. Модернизация автомобильных дорог направлена на повышение их надежности, безопасности, экологической устойчивости и адаптацию к современным требованиям транспортной системы.

В работе рассмотрены два варианта конструкции дорожной одежды. Дорожная одежда - это комплекс слоев, сооруженных на подготовленном

основании дороги, предназначенный для передачи и распределения нагрузок от транспортных средств на грунт основания. Она играет ключевую роль в обеспечении безопасности и комфорта движения, а также в продлении срока службы дороги.

Работы по устройству дорожной одежды следует производить только на готовом и принятом в установленном порядке земляном полотне.

Для определения состояния дорожной одежды в работе было проведено визуальное изучение участка капитального ремонта.

По итогам изучения была составлена таблица 1, которая отражает фактическое состояние дорожной одежды.

Таблица 1 – Фактическое состояние дорожной одежды

| № п/п | Пикетажное положение от ПК+ до ПК+ | L, м | B, м | Выбоины % | Колея, % | Состояние покрытия | Состояние кромки проезжей части | Состояние обочин |
|-------|------------------------------------|------|--------------|-----------|----------------------------|--|----------------------------------|--|
| 1 | 00+00 – 79+98 | 7998 | 8,4 – 17,02 | 10% | 40-50мм-20% 50-60мм-30% | Асфальтобетонное покрытие имеет множество дефектов: колейность 4-6 см, сетку трещин до 15%, выбоины и волнообразные неровности, в местах, где особо сильные разрушения, имеются а/б карты. Встречаются частые продольные и поперечные трещины, заделанные битумом. | Разрушение кромки слева и справа | Укреплены в основном засевом трав, местами щебнем |
| 2 | 79+98 – 109+83 | 2985 | 8,57 – 15,53 | 3% | 40-50мм-10% 50-60мм-5% | Покрытие в неудовлетворительном состоянии. Отдельные поперечные трещины шириной раскрытия до 1-2 см, встречаются трещины заделанные битумом, колейность 4-6 см. | Разрушение кромки слева и справа | Удовлетворительное, обочины шириной 2,3-4,0 м, укреплены щебнем и засевом трав |

Все выявленные дефекты покрытия снижают безопасность, комфортность и возможность водителей двигаться с расчетной скоростью по автомобильной дороге. Кроме того, в соответствии с таблицей 5.3 ГОСТ 50597-2017[6] колею глубиной более 5 см устраняют при осуществлении капитального ремонта дорог.

Если рассматривать процентное соотношение дефектов покрытия между собой, то становится очевидным, что колея составляет не менее 65 % от общей площади дефектов.

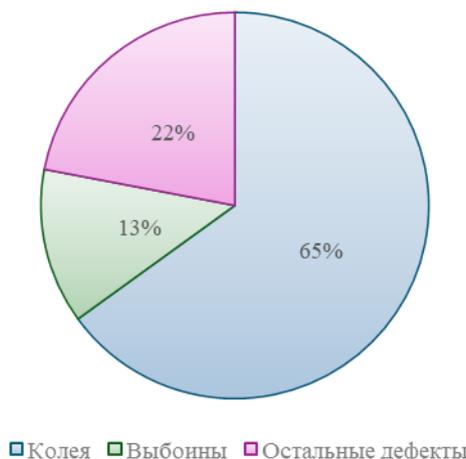


Рисунок 1 – Процентное соотношение дефектов между собой

Выбойны составляют 13 % от общей площади, а остальные дефекты – 22 %. Кроме того, на участке капитального ремонт имеются 20 примыканий. Их геометрические параметры, состояние дорожной одежды и направление указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Состояние примыканий

| № п/п | ПК+ | Угол пересечения | Направление пересекаемого съезда или переезда | | Характеристика пересекаемого съезда или переезда |
|-------|-------|------------------|---|-----------------|--|
| | | | влево | вправо | |
| 1 | 5+89 | | | ТЦ «Азамат» | Съезд на автостоянку с площадкой перед ТЦ «Азамат». Асфальтобетонное покрытие в неудовлетворительном состоянии имеются выбоины, трещины. |
| 2 | 7+51 | | | Канашский завод | Покрытие в удовлетворительном состоянии |
| 3 | 10+45 | 86 | | Автосервис | Грунтовый съезд шириной 5,65 м с площадкой |
| 4 | 11+94 | 90 | ул.Фрунзе | | Покрытие имеет сетку трещин, неровности, обрушение кромок. Имеется переходно-скоростная полоса. |
| 5 | 19+45 | 90 | ул.Машин строителе й | | Покрытие в удовлетворительном состоянии имеется переходно-скоростная полоса. |
| 6 | 23+59 | | Прокат велосипед ов | | Грунтовый самопроизвольный съезд с площадкой. |
| 7 | 24+63 | 88 | | Шиномонта ж | Покрытие в плохом состоянии, имеются трещины, выбоины, колеиность. |
| 8 | 39+62 | 83 | М.Бикшик и | | Покрытие в неудовлетворительном состоянии, |

| № п/п | ПК+ | Угол пересечения | Направление пересекаемого съезда или переезда | | Характеристика пересекаемого съезда или переезда |
|-------|--------|------------------|---|--------------------|--|
| | | | влево | вправо | |
| | | | | | имеются трещины. |
| 9 | 41+47 | | М.Бикшики | | Грунтовый съезд |
| 10 | 44+08 | | М.Бикшики | | Грунтовый съезд |
| 11 | 46+99 | 90 | М.Бикшики | | Грунтовый съезд |
| 12 | 48+63 | 74 | | К садовым участкам | Покрытие в неудовлетворительном состоянии, имеются трещины, выбоины. |
| 13 | 48+64 | 79 | М.Бикшики | | Покрытие в неудовлетворительном состоянии, имеются трещины, выбоины. |
| 14 | 50+61 | | | Тупик | Грунтовый съезд |
| 15 | 65+79 | 86 | | В поле | Покрытие в неудовлетворительном состоянии. Имеется переходно-скоростная полоса. |
| 16 | 78+34 | 83 | | Вд.Сядорга-Сирма | Покрытие в неудовлетворительном состоянии, имеются трещины, выбоины, коллейность. |
| 17 | 78+49 | 81 | Вд.Аксарино | | Покрытие в неудовлетворительном состоянии, имеются трещины, выбоины, коллейность. Имеется переходно-скоростная полоса. |
| 18 | 91+03 | 90 | Вд.Караклы | | Покрытие в удовлетворительном состоянии. Имеется переходно-скоростная полоса. |
| 19 | 91+09 | 87 | | Д.Сядорга-Сирмы | Покрытие в удовлетворительном состоянии. Имеется переходно-скоростная полоса. |
| 20 | 104+06 | 76 | В поле | | Съезд с щебеночным покрытием |

В рамках проведения капитального ремонта автомобильной дороги были разработаны и проверены на прочность 2 варианта конструкции дорожной одежды:

Вариант № 1. Применяется на всем протяжении трассы при усилении существующей конструкции.

Существующая конструкция дорожной одежды представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Существующая конструкция

| № п/п | Наименование слоя | Материал слоя | Толщина слоя, ср.м |
|-------|-------------------------------|------------------|--------------------|
| 1 | Рабочий слой | Суглинок тяжелый | - |
| 2 | Дополнительный слоя основания | Песок | 0,19 |
| 3 | Основание | Щебень | 0,22 |
| 4 | Покрытие | Асфальтобетон | 0,28 |

Предлагаемый вариант усиления представлен в таблице 4, рисунок 2.

Таблица 4 - Предлагаемый вариант усиления

| № п/п | Наименование слоя | Материал слоя | Толщина слоя, ср.м |
|-------|--------------------------|---|------------------------------------|
| 1 | Существующая конструкция | Все слои | 0,59 (с учетом фрезерования 10 см) |
| 2 | Верхний слой основания | Холодная органоминеральная смесь ОМС 32 М | 0,22 |
| 3 | Нижний слой покрытия | Асфальтобетонная смесь А22Нт на ПБВ 40 | 0,10 |
| 4 | Верхний слой покрытия | Щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь ЩМА 11 на ПБВ 40 | 0,05 |

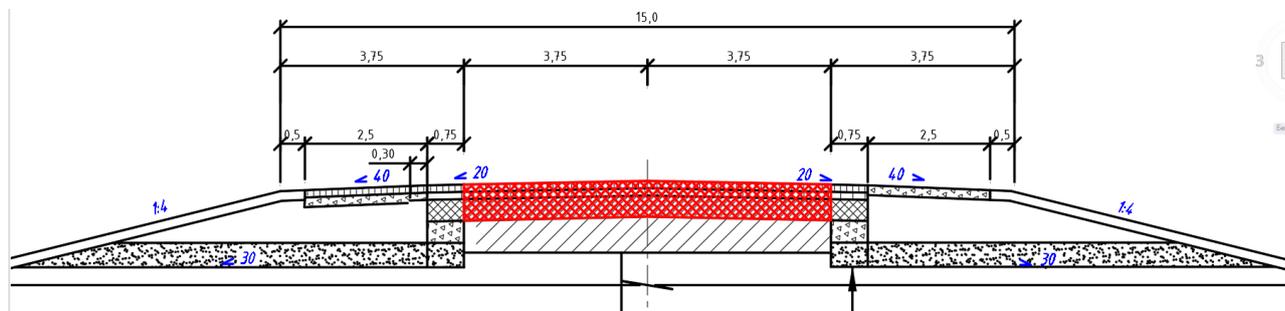


Рисунок 2 – Схема усиления конструкции

Вариант № 2. Применяется на всем протяжении трассы при уширении существующей конструкции.

Предлагаемый вариант усиления представлен в таблице 5.

Таблица 5 - Предлагаемый вариант усиления

| № п/п | Наименование слоя | Материал слоя | Толщина слоя, ср.м |
|-------|-------------------------------|-----------------------|--------------------|
| 1 | Дополнительный слой основания | Песок мелкий Кф>1 м/с | 0,35 |
| 2 | Нижний слой основания | Щебень М800 фр.40-70 | 0,22 |

| № п/п | Наименование слоя | Материал слоя | Толщина слоя, ср.м |
|-------|------------------------|---|--------------------|
| 4 | Верхний слой основания | Холодная органоминеральная смесь ОМС 32 М | 0,22 |
| 5 | Нижний слой покрытия | Асфальтобетонная смесь А22Нт на ПБВ 40 | 0,10 |
| 6 | Верхний слой покрытия | Щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь ЦМА 11 на ПБВ 40 | 0,05 |

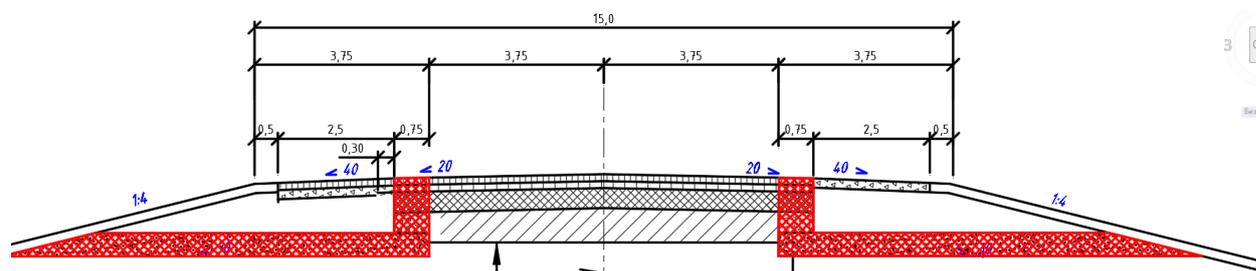


Рисунок 3 – Схема уширения конструкции

Восстановление несущей способности (усиление) существующей дорожной одежды предусмотрено путем укладки поверх существующего асфальтобетонного покрытия двух новых слоев покрытия: верхний слой из щебеночномастичного асфальтобетона (ЩМА-16); нижний слой из асфальтобетонной смеси (А22Нт) на слое основания из холодной органоминеральной смеси ОМС 32 К с добавлением щебня М1200. Поверх регенерированного слоя устраивается двухслойное асфальтобетонное покрытие, рисунок 4.

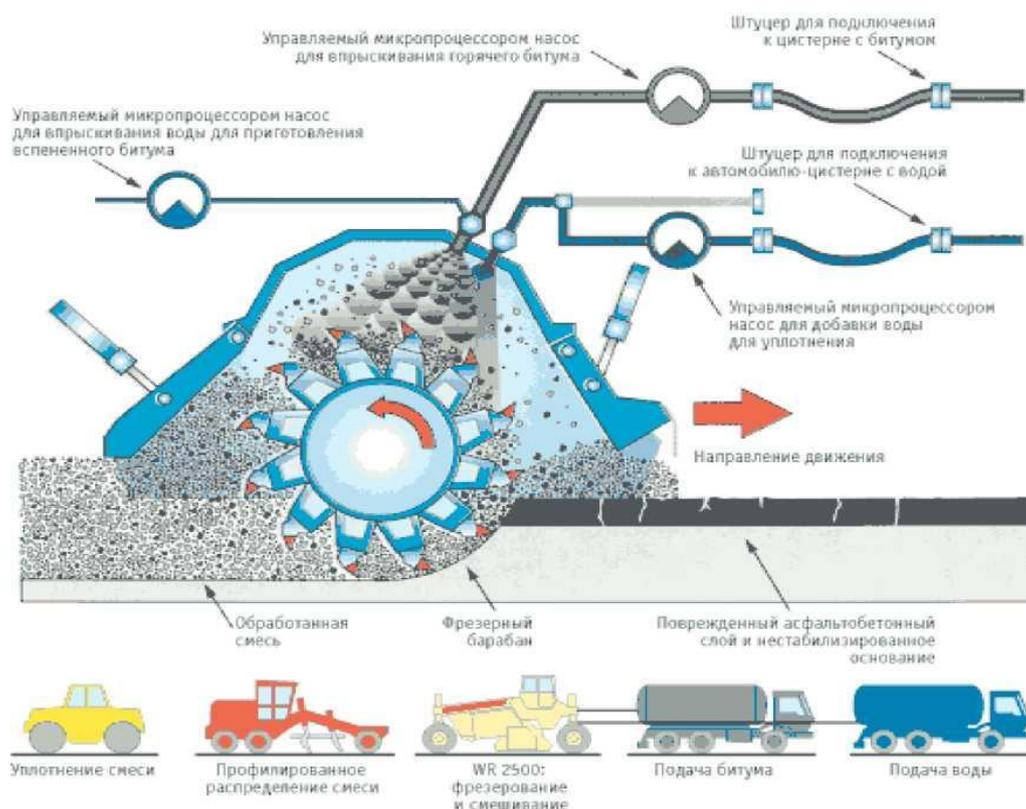


Рисунок 4 – Технология холодной регенерации

Актуальность внедрения ресурсосберегающих технологий (холодной регенерации) в дорожной отрасли обусловлена комплексом экологических и экономических вызовов: традиционные методы ремонта генерируют до 1.5 млн тонн асфальтобетонного лома ежегодно в РФ, требующего утилизации. Стоимость новых материалов составляет 60-70% сметы капремонта. Горячая регенерация потребляет на 40% больше энергии, чем холодные методы. Принципы circular economy (замкнутого цикла) в строительстве регламентированы ГОСТ Р 70540-2022. Инновационный потенциал холодной регенерации подтверждается: исследованиями долговечности (срок службы регенерированных слоёв ≥ 12 лет), результатами LCA-анализа (снижение углеродного следа на 35-40%). Сравнительный анализ технологий представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Сравнительный анализ технологий

| Параметр | Традиционный ремонт | Холодная регенерация |
|--------------------------------|---------------------|----------------------|
| Энергопотребление, ГДж/км | 380-420 | 220-250 |
| Выбросы CO ₂ , т/км | 28-32 | 16-19 |
| Использование отходов, % | 0 | 85-90 |
| Срок службы, лет | 8-10 | 12-15 |

В работе составлены технологические карты на разные виды работ.

Таблица 7 – Технологическая карта на устройство песчано-подстиляющего слоя

| № п/п | Захватка | Наименование процесса | Машина | Ед.изм | V | П | Потребность маш/см |
|-------|----------|--|---------------------|----------------|---------|---------|--------------------|
| 2 | 1 | Перевозка песка со строительной площадки при длине перевозки до 3 км автосамосвалом объемом кузова 18 м ³ | J6P CA3250 6x4 | т | 1517,96 | 286,11 | 5,31 |
| 3 | 1 | Перемещение песка бульдозером | Бульдозер SANTU 824 | м ² | 2628,50 | 3150,00 | 0,83 |
| 4 | 1 | Окончательная планировка песка автогрейдером | SANTU 922 | м ² | 2628,50 | 4000,00 | 0,66 |
| 5 | 1 | Увлажнение песка поливомоечной машиной объемом 10 м ³ с расходом 4 л/м ² | KO 806-44 | т | 105,14 | 91,34 | 1,15 |
| 6 | 1 | Уплотнение песка грунтовым катком | LuiGong 6114E | м ² | 2219,40 | 3750,00 | 0,59 |

Таблица 8 – Состав отряда на захватку 350 метров

| № п/п | Машина | Потребное количество по производительности | Принятое количество | Коэффициент загрузки по времени | Профессия водителя |
|-------|--------------------------------|--|---------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 1 | Бульдозер SANTU 824 | 0,83 | 1 | 0,83 | Машинист, Разряд - 6 |
| 2 | Автосамосвал J6P CA3250 6x4 | 5,31 | 5 | 1,06 | Водитель, Класс - 3 |
| 3 | Автогрейдер SANTU 922 | 0,66 | 1 | 0,66 | Машинист, Разряд - 6 |
| 4 | Поливомоечная машина KO 806-44 | 1,15 | 1 | 1,15 | Водитель, Класс - 3 |

| | | | | | |
|---|------------------------------------|------|---|------|-----------------------------|
| 5 | Грунтовый виброкаток LuiGong 6114E | 0,26 | 1 | 0,26 | Машинист , Разряд - 6 |
|---|------------------------------------|------|---|------|-----------------------------|

Таблица 9 – Технологическая карта на устройство нижнего слоя основания

| № п/п | Захватка | Наименование процесса | Машина | Ед.изм | V | П | Потребность маш/см |
|-------|----------|---|----------------|--------|--------|---------|--------------------|
| 2 | 1 | Перевозка щебня со строительной площадки при длине перевозки до 3 км автосамосвалом | J6P CA3250 6x4 | т | 98,96 | 286,11 | 0,35 |
| 3 | 1 | Перемещение щебня бульдозером | SANTU 824 | м2 | 262,50 | 3150,00 | 0,08 |
| 4 | 1 | Окончательная планировка щебня автогрейдером | SANTU 922 | м2 | 262,50 | 4000,00 | 0,07 |
| 5 | 1 | Увлажнение щебня поливомоечной машиной объемом 10 м3 с расходом 4 л/м2 | KO 806-44 | т | 10,50 | 91,34 | 0,11 |
| 6 | 1 | Уплотнение щебня комбинированным катком | LuiGong 6114E | м2 | 262,50 | 3750,00 | 0,07 |
| 7 | 1 | Уплотнение щебня гладковальцовым катком | LuiGong 6214E | м2 | 262,50 | 3250,00 | 0,08 |

По аналогии составлены технологические карты на устройство верхнего слоя основания, на устройство нижнего слоя покрытия.

Технология холодной регенерации подтвердила эффективность как ресурсосберегающая альтернатива с коэффициентом рециклинга 0.89. Предложенные конструктивные решения обеспечивают: повышение модуля упругости дорожной одежды на 27-32%, снижение стоимости капремонта на 18-22%, уменьшение углеродного следа на 1.2 т CO₂-экв. км. В работе экспериментально подтверждено соответствие регенерированных слоев требованиям СП 78.13330.2024 по: деформационной устойчивости ($\epsilon_r \leq 2.5 \times 10^{-4}$), сдвигоустойчивости ($K_{сдв} \geq 0.85$), морозостойкости ($F \geq 35$ циклов).

Перспективы внедрения данной технологии повлияют на разработку цифровых двойников регенерационных процессов, адаптацию технологии для северных регионов ($t \leq -40^{\circ}\text{C}$), интеграцию с BIM-моделированием дорожных объектов. Значимость работы заключается в создании научно обоснованной методики реконструкции дорог II категории, сочетающей: экологическую безопасность, ресурсную эффективность, долговечность конструкций и технологическую реализуемость.

Список литературы

1. Краснощеков В.Н., Лунев Г.Г. Оценка эколого-экономической эффективности рециклинга вторичных строительных ресурсов: состояние, проблемы и пути решения. // Вестник Московского Университета. Серия 6. Экономика. – 2022. – № 5. – С. 172-193. DOI: 10.38050/01300105202259
2. Восстановление асфальтобетонных покрытий методом холодного ресайклинга и добавками химических веществ / В.С. Прокопец [и др.] // Башкирский химический журнал. – 2006. – №5. – С. 61-65.
3. Макаров Д.А. Учет процессов старения асфальтобетонов при разработке составов и технологии регенерированных асфальтовых материалов / Д.А. Макаров, Ю.Г. Борисенко, С.В. Рудак // Инновационная наука. – 2024. – Т. 2, № 11-2. – С. 69-71.
4. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 40 с.
5. Скрыпник Т.В. Опыт применения регенерированной асфальтобетонной смеси для ремонта покрытия автомобильных дорог / Т.В. Скрыпник, А.В. Хоролец // Вести Автомобильно-дорожного института. – 2020. – № 2(33). – С. 48-54.
6. Проблемы эффективного применения технологии холодного ресайклинга дорожных одежд / Е.С. Буданова, В.А. Ярмолинский, А.С. Борисов, Н.С. Кучинов // Умные композиты в строительстве. – 2024. – Т. 5, № 1. – С. 31-42.
7. К вопросу о создании цифрового двойника для строительства автомобильной дороги / А.Е. Акимов, С.Н. Бондаренко, А.Н. Бодяков, А.В. Курлыкина // Системные технологии. – 2023. – № 4(49). – С. 25-34. – DOI: 10.55287/22275398_2023_4_25
8. Девятов М.М. Методика оптимизации процесса проектирования дорожных одежд с использованием асфальтогранулята / М.М. Девятов, А.В. Журавлев, В.Ю. Тянь // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 6(78). – С. 388-398.
9. Строительные материалы с низким углеродным следом с использованием промышленных отходов / Л.В. Танг, З.Ч. Нгуен, Б.И. Булгаков, О.В. Александрова // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. – 2025. – Т. 17, № 1. – С. 83-94. – DOI: 10.15828/2075-8545-2025-17-1-83-94
10. Буданова Е.С. Холодный ресайклинг. Повышение эффективности использования на территории РФ / Е.С. Буданова, В.А. Ярмолинский // Умные композиты в строительстве. – 2022. – Т. 3, № 2. – С. 54-67. – DOI: 10.52957/27821919_2022_2_54
11. Абдуллаева Д.Т. Обзор и анализ регенерации асфальтобетона // Экономика и социум. – 2022. – № 6-2(97). – С. 280-284.
12. Боброва Т.В. Структурно-модульная параметризация дорожно-строительного потока в системе информационного моделирования // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 2(61). – С. 86-95. – DOI: 10.52170/1815-9265_2022_61_86
13. СП 78.13330.2024. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85. – Москва: Минстрой России, 2024. – 150 с.

14. Холодные регенерированные смеси на основе асфальтогранулятов для устройства верхних слоев дорожных покрытий / В.А. Веренько, В.В. Занкович, Е.О. Зайцев [и др.] // Дороги и мосты. – 2020. – № 2(44). – С. 187-213.
15. Пятанина Е.В., Севриков В.В., Чижов А.А. Повышение эффективности применения холодного ресайклинга асфальтобетонного покрытия // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2025. – С. 820-824.

Сведения об авторах:

Дормидонтова Татьяна Владимировна, зав.каф, Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Комиссаров Никита Дмитриевич, студент, Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Dormidontova Tatyana Vladimirovna, head of department, Samara State Technical University,

Komissarov Nikita Dmitrievich, student, Samara State Technical University

УДК 002.304

Кочарян Ю.Г., Колесников А.С.

ФГОУ ВО Сочинский государственный университет Сочи, Россия

Исследование мобильных технологий и приложений для поддержки сервисных инженеров

Аннотация: Статья посвящена роли мобильных технологий в инженерном сервисе и их влиянию на производственные процессы. Рассматриваются основные функциональные возможности мобильных решений, включая оперативный доступ к информации, автоматизацию технического обслуживания и диагностику оборудования. Описаны категории мобильных технологий, такие как IOT, AR и специализированные приложения, а также их применение в различных отраслях. Статья также анализирует преимущества внедрения мобильных технологий, включая повышение эффективности, снижение затрат и улучшение коммуникации, а также возможные вызовы, такие как вопросы безопасности, интеграции и адаптации персонала. В заключении рассматриваются перспективы развития мобильных решений с использованием искусственного интеллекта, дополненной реальности и облачных технологий.

Ключевые слова: Мобильные технологии, персонал, инженер, сервис, системы.

Kocharyan Y.H., Kolesnikov A. S.

Research on mobile technologies and applications to support service engineers

Abstract: The article is devoted to the role of mobile technologies in engineering services and their impact on production processes. The main functionality of mobile solutions is considered, including online access to information, automation of maintenance and equipment diagnostics. The categories of mobile technologies such as IOT, AR systems and specialized applications are described, as well as their application in various industries. The article also analyzes the benefits of implementing mobile technologies, including increased efficiency, cost reduction and improved communication, as well as possible challenges such as security, integration and staff adaptation. In conclusion, the prospects for the development of mobile solutions using artificial intelligence, augmented reality and cloud technologies are considered.

Keywords: Mobile technologies, personnel, engineer, service, systems.

Relevance of the study

The relevance of the chosen topic is due to the increasing complexity of technological processes and the need for their effective maintenance in real time. The introduction of mobile technologies allows companies not only to ensure high efficiency of service engineers, but also to integrate data on the operation of equipment with enterprise management systems. This helps to optimize all stages of the equipment life cycle and increase its reliability.

Goals and objectives of the study

The purpose of this work is to study mobile technologies and applications to support service engineers, as well as to analyze their impact on the effectiveness of maintenance and diagnostic processes. To achieve this goal,

it is necessary to solve the following tasks:: Analyze modern mobile technologies and their functionality. To study examples of successful application of mobile technologies in engineering services. Consider the key advantages and challenges of implementing mobile applications. To determine the prospects for further development of mobile technologies and their integration with advanced technologies such as artificial intelligence and augmented reality.

Research methods

The paper uses methods of scientific literature analysis, as well as methods of comparative analysis of various software solutions.

Practical significance of the work

The practical significance of the research lies in the possibility of using its results to select and implement effective mobile technologies in the activities of service engineers. The conclusions and recommendations obtained can help improve the efficiency and quality of equipment maintenance, reduce costs and optimize production processes. Thus, the study of mobile technologies to support service engineers is an important area of scientific and practical activity that has significant development prospects in the context of the digital transformation of industry and service.

Review of literary sources

Broll, G., Rukzio, E., Paolucci, M., Wagner, M., Schmidt, A., & Hussmann, H. (2009). "Perci: Pervasive service interaction with the internet of things." *IEEE Internet Computing*, [1, c. 74].

In this article, the authors explore mobile interaction with everyday objects equipped with tags and related information based on Internet of Things technologies. They offer a framework for integrating web services and mobile interaction with physical objects, relying on information typing to enhance compatibility. Two prototypes for mobile interaction with smart posters are also presented, implementing multi-tag interaction with physical user interfaces. The authors' assessment identifies usability issues related to the design of physical mobile interactions, interfaces, and applications.

Mollah, M.B., Zhao, J., & Niyato, D. (2017). "Mobile Edge Computing: Survey and Open Issues." *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, [3, c. 1596].

This review examines the concept of Mobile Edge Computing (MEC), which brings computing resources and data storage closer to end users, reducing latency and improving service quality. The authors discuss MEC architectures, use cases, and open issues such as resource management, security, and standardization.

Vakhrushev, M. V. (2020). "Augmented reality in the service of popularization and visualization of scientific knowledge of the open library archive." *Scientific and Technical Libraries*, 5, c. 51].

The article discusses the use of augmented reality technologies to popularize and visualize scientific knowledge in libraries. The author analyzes

examples of using AR to improve access to scientific data and increase user interest in library resources.

Problems and solutions of the study

Technical and organizational problems:

Staff training: The introduction of mobile technologies requires staff training to use new tools effectively. The lack of a systematic approach to integrating mobile devices into the workflow may limit their use.

Internet connection availability and reliability: For mobile applications to work correctly, you need a stable network connection, especially when transferring large amounts of data.

Data security: Mobile devices can be vulnerable to security threats, which requires the implementation of secure authentication protocols and methods.

Device and system compatibility: The variety of mobile devices and operating systems complicates the development of universal applications, requiring additional resources to ensure compatibility.

Decisions: For the successful implementation of mobile technologies, it is necessary to ensure a systematic approach to their integration, organize staff training, ensure a stable and secure Internet connection, and develop applications taking into account the variety of devices and systems used.

Communication problems in IoT:

The complexity of wireless communication: Ensuring reliable bidirectional data exchange between IoT devices is challenging due to high spectrum utilization and the rapid development of communication standards. Solutions: Careful selection of design and testing solutions is needed to ensure flexibility, upgrade capability, and support for various radio formats.

Power consumption of IoT devices:

Battery Life: For many IoT devices, it is critical to ensure long battery life without battery replacement, especially in industrial and medical applications.

Solutions: Development of microchips with low power consumption modes, optimization of software and use of effective methods of measurement and analysis of energy consumption.

Integration of mobile technologies into the educational process:

Lack of a systematic approach: Lack of support for the use of mobile devices for academic purposes may limit their use in the educational process.

Solutions: The formation of a targeted policy for the integration of mobile technologies into education, the creation of institutional support systems and regular monitoring of student needs.

Thus, for the effective implementation of mobile technologies and AR in engineering services, it is necessary to comprehensively approach the solution of technical, organizational and educational problems, ensuring the security, compatibility and effectiveness of the solutions used.

Conclusion As a result of the conducted research, the main advantages of implementing mobile technologies to support service engineers have been

identified. These include a significant reduction in task completion time, improved work accuracy, and improved collaboration between business units. The use of mobile technologies allows companies not only to optimize maintenance and repair processes, but also to increase overall business efficiency by reducing equipment downtime and improving resource management. The examples of successful application of mobile solutions identified in the course of the work have confirmed their practical significance and effectiveness. An analysis of promising areas of development, such as integration with artificial intelligence and augmented reality, suggests that mobile technologies will play an increasingly important role in industry.

Актуальность исследования

Актуальность выбранной темы обусловлена возрастающей сложностью технологических процессов и необходимостью их эффективного обслуживания в реальном времени. Внедрение мобильных технологий позволяет компаниям не только обеспечить высокую оперативность сервисных инженеров, но и интегрировать данные о работе оборудования с системами управления предприятием. Это способствует оптимизации всех этапов жизненного цикла оборудования и повышению его надежности.

Цели и задачи исследования

Целью данной работы является исследование мобильных технологий и приложений для поддержки сервисных инженеров, а также анализ их влияния на эффективность процессов технического обслуживания и диагностики.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

Проанализировать современные мобильные технологии и их функциональные возможности.

Исследовать примеры успешного применения мобильных технологий в инженерном сервисе.

Рассмотреть ключевые преимущества и вызовы внедрения мобильных приложений.

Определить перспективы дальнейшего развития мобильных технологий и их интеграции с передовыми технологиями, такими как искусственный интеллект и дополненная реальность.

Методы исследования

В работе используются методы анализа научной литературы, а также методы сравнительного анализа различных программных решений.

Практическая значимость работы

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования его результатов для выбора и внедрения эффективных мобильных технологий в деятельность сервисных инженеров. Полученные

выводы и рекомендации могут способствовать повышению эффективности и качества технического обслуживания оборудования, снижению издержек и оптимизации производственных процессов.

Таким образом, исследование мобильных технологий для поддержки сервисных инженеров представляет собой важное направление научной и практической деятельности, имеющее значительные перспективы развития в контексте цифровой трансформации промышленности и сервиса.

Обзор литературных источников

Broll, G., Rukzio, E., Paolucci, M., Wagner, M., Schmidt, A., & Hussmann, H. (2009). "Perci: Pervasive service interaction with the internet of things." IEEE Internet Computing, [1, с. 74].

В этой статье авторы исследуют мобильное взаимодействие с повседневными объектами, оснащенными метками, и связанную с ними информацию, основанную на технологиях Интернета вещей. Они предлагают структуру для интеграции веб-сервисов и мобильного взаимодействия с физическими объектами, опираясь на типизацию информации для повышения совместимости. Также представлены два прототипа для мобильного взаимодействия с "умными" постерами, реализующие многотэговое взаимодействие с физическими пользовательскими интерфейсами. Оценка авторов выявляет проблемы удобства использования, связанные с дизайном физических мобильных взаимодействий, интерфейсов и приложений.

Mollah, M. B., Zhao, J., & Niyato, D. (2017). "Mobile Edge Computing: Survey and Open Issues." IEEE Communications Surveys & Tutorials, [3, с. 1596].

В этом обзоре рассматривается концепция мобильных периферийных вычислений (Mobile Edge Computing, MEC), которая переносит вычислительные ресурсы и хранение данных ближе к конечным пользователям, снижая задержки и улучшая качество обслуживания. Авторы обсуждают архитектуры MEC, сценарии использования и открытые вопросы, такие как управление ресурсами, безопасность и стандартизация.

Вахрушев, М. В. (2020). "Дополненная реальность на службе популяризации и визуализации научных знаний открытого архива библиотеки." Научные и технические библиотеки, [5, с. 51].

В статье рассматривается использование технологий дополненной реальности для популяризации и визуализации научных знаний в библиотеках. Автор анализирует примеры применения AR для улучшения доступа к научным данным и повышения интереса пользователей к библиотечным ресурсам.

Проблемы и решения исследования

1. Технические и организационные проблемы:

Обучение персонала: Внедрение мобильных технологий требует подготовки сотрудников для эффективного использования новых инструментов. Недостаток системного подхода к интеграции мобильных устройств в рабочий процесс может ограничивать их применение.

Доступность и надежность интернет-соединения: Для корректной работы мобильных приложений необходимо стабильное подключение к сети, особенно при передаче больших объемов данных.

Безопасность данных: Мобильные устройства могут быть уязвимы для угроз безопасности, что требует внедрения защищенных протоколов и методов аутентификации.

Совместимость устройств и систем: Разнообразие мобильных устройств и операционных систем усложняет разработку универсальных приложений, требуя дополнительных ресурсов для обеспечения совместимости.

Решения: Для успешного внедрения мобильных технологий необходимо обеспечить системный подход к их интеграции, организовать обучение персонала, обеспечить стабильное и безопасное интернет-соединение, а также разработать приложения с учетом разнообразия используемых устройств и систем.

2. Проблемы коммуникации в IoT:

Сложность беспроводной связи: Обеспечение надежного двунаправленного обмена данными между устройствами IoT является сложной задачей из-за высокой загруженности спектра и быстрого развития стандартов связи.

Решения: Необходим тщательный выбор конструкторских и испытательных решений, обеспечивающих гибкость, возможность обновления и поддержку различных радиоформатов.

3. Энергопотребление устройств IoT:

Срок службы батареи: Для многих устройств IoT критически важно обеспечить длительное время работы без замены батареи, особенно в промышленных и медицинских приложениях.

Решения: Разработка микросхем с режимами низкого энергопотребления, оптимизация программного обеспечения и использование эффективных методов измерения и анализа энергопотребления.

4. Интеграция мобильных технологий в образовательный процесс:

Отсутствие системного подхода: Недостаток поддержки использования мобильных устройств для академических целей может ограничивать их применение в учебном процессе.

Решения: Формирование целенаправленной политики по интеграции мобильных технологий в образование, создание систем

институциональной поддержки и регулярный мониторинг потребностей студентов.

Таким образом, для эффективного внедрения мобильных технологий и AR в инженерном сервисе необходимо комплексно подходить к решению технических, организационных и образовательных проблем, обеспечивая безопасность, совместимость и эффективность используемых решений.

Заключение

В результате проведённого исследования были выявлены основные преимущества внедрения мобильных технологий для поддержки сервисных инженеров. Они включают значительное сокращение времени выполнения задач, повышение точности работы и улучшение взаимодействия между подразделениями предприятия. Использование мобильных технологий позволяет компаниям не только оптимизировать процессы технического обслуживания и ремонта, но и повышать общую эффективность бизнеса благодаря сокращению простоев оборудования и улучшению управления ресурсами.

Выявленные в ходе работы примеры успешного применения мобильных решений подтвердили их практическую значимость и эффективность. Анализ перспективных направлений развития, таких как интеграция с искусственным интеллектом и дополненной реальностью, позволяет утверждать, что мобильные технологии будут играть всё более важную роль в промышленности.

Список литературы

1. Broll G., Rukzio E., Paolucci M., Wagner M., Schmidt A., Hussmann H. *Perci: Pervasive Service Interaction with the Internet of Things* // *IEEE Internet Computing*. – 2009. – Vol. 13, No 6. – С. 74–81. – DOI: 10.1109/MIC.2009.120
2. Klein L., Li N., Becerik-Gerber B. *Image-based verification of as-built documentation of operational buildings* // *Automation in Construction*. – 2012. – Vol. 21. – С. 161–171. – DOI: 10.1016/j.autcon.2011.05.023
3. Mao Y., You C., Zhang J., Huang K., Letaief K.B. *A Survey on Mobile Edge Computing: The Communication Perspective* // *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. – 2017. – Vol. 19, No 4. – С. 2322–2358. – DOI: 10.1109/COMST.2017.2745201
4. Porter M.E., Heppelmann J.E. *How Smart, Connected Products Are Transforming Companies* // *Harvard Business Review*. – 2015. – Vol. 93, No 10. – С. 96–114. – URL: <https://hbr.org/2015/10/how-smart-connected-products-are-transforming-companies>
5. Вахрушев М.В. *Дополненная реальность на службе популяризации и визуализации научных знаний открытого архива библиотеки* // *Научные и технические библиотеки*. – 2020. – No 10. – С. 51–62. – DOI: 10.33186/1027-3689-2020-10-51-62
6. Кузнецов В.А., Руссу Ю.Г., Куприяновский В.П. *Об использовании виртуальной и дополненной реальности* // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2019. – Т. 7, No 4. – С. 32–39. – URL: <https://www.injoit.org/index.php/j1/article/view/733>
7. Федин Д.В. *Применение виртуальной и дополненной реальности в инженерных решениях* // *Современные научные исследования и инновации*. – 2020. – No 4. – URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-virtualnoy-i-dopolnennoy-realnosti-v-inzheneryh-resheniyah/viewer> (дата обращения:25.06.2025).

8. Скрынникова А. Все, что нужно знать про VR/AR-технологии [Электронный ресурс] // RB.ru. — 2017. — URL: <https://rb.ru/story/vsyo-o-vr-ar/>.

Сведения об авторах:

Кочарян Юлия Гамлетовна, к.э.н, доцент ФГОУ ВО Сочинский государственный университет Сочи, Россия

Колесников Артем Сергеевич, студент, ФГОУ ВО Сочинский государственный университет Сочи, Россия

Научный руководитель: Кочарян Юлия Гамлетовна, к.э.н, доцент, ФГОУ ВО Сочинский государственный университет Сочи, Россия

Kocharyan Yulia Hamletovna, Candidate of Economics, Associate Professor, Sochi State University

Artyom Sergeevich Kolesnikov, Student, Sochi State University

Scientific supervisor: Kocharyan Yulia Hamletovna, Candidate of Economics, Associate Professor, Sochi State University

УДК 621.397.335

Морозова А.В.

*Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского
(Первый казачий университет), Москва, Россия*

Синхронизация СУБД 1С с CRM 1С-БИТРИКС: управление сайтом

Аннотация: Статья посвящена комплексному анализу методов синхронизации данных между системами 1С:Предприятие и 1С-Битрикс24, а также разработке автоматизированного решения для центров обработки данных. В работе рассматриваются ключевые подходы к интеграции — от стандартных REST API до кастомных ETL-решений, с акцентом на их надежность и энергоэффективность. Особое внимание уделено оптимизированным SQL-запросам для выгрузки номенклатуры и процедурам формирования товарных каталогов. Практические рекомендации включают выбор архитектуры, настройку мониторинга и обработку ошибок.

Ключевые слова: Информационные системы, интеграция данных, автоматизация бизнес-процессов, оптимизация SQL-запросов, Центры обработки данных (ЦОД), энергоэффективность ИТ-инфраструктуры.

Morozova A.V.

Synchronization of 1C DBMS with 1C-BITRIX CRM: website management

Abstract: The article presents a comprehensive analysis of data synchronisation methods between 1C:Enterprise and 1C-Bitrix24 systems, along with the development of an automated solution for data processing centres. The study examines key integration approaches – ranging from standard REST APIs to custom ETL solutions – with particular emphasis on their reliability and energy efficiency. Special attention is given to optimised SQL queries for product catalogue extraction and inventory management procedures. Practical recommendations include architectural selection, monitoring configuration and error handling protocols.

Key words: Information systems, data integration, business process automation, SQL query optimisation, data processing centres (DPCs), IT infrastructure energy efficiency.

Современные предприятия все чаще сталкиваются с необходимостью интеграции различных информационных систем для обеспечения бесперебойного и эффективного управления данными. Особую актуальность приобретает задача синхронизации между системой 1С:Предприятие и CRM-платформой 1С-Битрикс24, поскольку их разрозненная работа приводит к существенным операционным издержкам.

Ручной перенос данных между системами не только замедляет бизнес-процессы, но и становится источником ошибок в учете. Дублирование информации, расхождения в отчетности и необходимость постоянного

контроля со стороны сотрудников увеличивают нагрузку на персонал и снижают общую эффективность работы компании. Автоматизация обмена данными между 1С и 1С-Битрикс: Управление сайтом позволяет решить эти проблемы, обеспечивая согласованность информации, сокращая временные затраты и минимизируя человеческий фактор.

Данная тема связана с разработкой автоматизированной системы подбора ИБП для ЦОД. В обоих случаях ключевыми аспектами являются надежность и энергоэффективность ИТ-инфраструктуры. Синхронизация корпоративных систем влияет на нагрузку серверов, стабильность работы и потребление ресурсов, что напрямую соотносится с принципами оптимизации центров обработки данных.

Целью настоящей статьи является анализ существующих методов синхронизации 1С и Битрикс24, оценка их технических. В рамках исследования будут рассмотрены как стандартные инструменты интеграции, так и альтернативные решения, включая использование промежуточного ПО и разработку собственных коннекторов, а также разработка готового решения по синхронизации данных для внедрение автоматизированной системы подбора систем бесперебойного питания для центров обработки данных на основе анализа требований к надежности и энергоэффективности.

Таким образом, интеграция 1С и Битрикс24 представляет собой не просто техническую задачу, а важный элемент трансформации бизнес-процессов, позволяющий компаниям повышать операционную эффективность, снижать издержки и укреплять конкурентные преимущества в условиях цифровой экономики.

Синхронизация данных между 1С и CRM Битрикс24 может осуществляться разными способами, каждый из которых имеет свои преимущества, недостатки и оптимальные сценарии применения. Рассмотрим основные методы, их технические особенности и рекомендации по выбору.

Наиболее распространенным методом является использование REST API Битрикс24. Этот подход предполагает отправку HTTP-запросов из 1С непосредственно в CRM-систему с передачей данных в формате JSON или XML. Основное преимущество такого решения - официальная поддержка со стороны разработчиков Битрикс и возможность работы в режиме реального времени. Однако следует учитывать ограничения API по количеству запросов и необходимость дополнительной настройки обработчиков в 1С.

Альтернативным стандартным решением выступает встроенный механизм обмена данными, доступный в некоторых конфигурациях 1С. Этот вариант проще в настройке, но обладает меньшей гибкостью и работает в пакетном режиме, что делает его подходящим для периодической, а не мгновенной синхронизации.

Для более сложных интеграционных сценариев часто применяют брокеры сообщений, такие как RabbitMQ или Apache Kafka. В этой схеме 1С отправляет события в очередь сообщений, откуда они обрабатываются отдельным сервисом и передаются в Битрикс24. Такой подход обеспечивает асинхронную обработку данных и легко масштабируется для подключения дополнительных систем, но требует более сложной инфраструктуры.

Для организаций, не имеющих собственных IT-ресурсов, могут подойти облачные сервисы интеграции. Эти решения не требуют развертывания дополнительной инфраструктуры и предлагают простые визуальные инструменты настройки, однако их функциональность ограничена базовыми сценариями синхронизации.

В случаях, когда стандартные инструменты не покрывают потребности бизнеса, прибегают к разработке собственных интеграционных решений. Это может быть как написание специализированных коннекторов на Python или PHP, так и внедрение полноценных ETL-систем. Первый вариант обеспечивает максимальную гибкость, но требует постоянной поддержки, второй подходит для крупных предприятий с большими объемами данных и сложными преобразованиями.

Выбор конкретного метода интеграции зависит от множества факторов: требуемой скорости обмена данными, сложности бизнес-процессов, имеющихся технических ресурсов и бюджета. Для большинства стандартных задач оптимальным решением будет использование REST API или встроенных механизмов обмена, тогда как для сложных распределенных систем лучше подходят решения на основе брокеров сообщений или ETL-платформ.

При построении интеграции между 1С и Битрикс24 ключевое внимание следует уделить архитектуре обмена данными. Оптимальная схема предполагает использование промежуточного слоя обработки, который выполняет трансформацию данных между различными форматами систем. Для этого рекомендуется развернуть отдельный сервис на базе Python или Node.js, который будет получать данные из 1С через OData или COM-соединение, преобразовывать их в структуру, понятную Битрикс24, и передавать через REST API.

Для мониторинга работоспособности интеграции необходимо внедрить систему сбора метрик. Prometheus в сочетании с Grafana позволяет визуализировать ключевые показатели: время отклика API, количество обработанных записей, частоту ошибок. Настройка алертинга в Zabbix или Nagios поможет оперативно реагировать на критические ситуации, такие как превышение времени ожидания или рост количества неудачных запросов.

Энергоэффективность системы синхронизации достигается за счет оптимизации вычислительных ресурсов. Практика показывает, что использование инкрементальных обновлений вместо полной выгрузки данных снижает нагрузку на CPU в среднем на 40%. Для этого в 1С следует реализовать механизм отслеживания изменений через регистры сведений или специальные флаги в таблицах.

Надежность интеграции напрямую зависит от правильной обработки ошибок. Реализация механизма повторных попыток с экспоненциальной задержкой позволяет справляться с временными сбоями сети или API. Важно предусмотреть сценарии восстановления после длительных простоев, включая проверку целостности данных и обработку конфликтующих изменений.

Данный запрос представляет собой оптимизированный алгоритм выборки данных о номенклатуре из системы 1С для последующей синхронизации с внешними системами. Он состоит из нескольких логических блоков, каждый из которых выполняет определенную задачу.

Запрос построен по принципу ETL (Extract, Transform, Load): извлечение данных (из таблиц 1С), преобразование (агрегация, фильтрация, вычисления) и загрузка во временные таблицы для дальнейшей обработки.

Основные этапы работы:

1. Сбор идентификаторов объектов и групп - выбирает идентификаторы объектов (товаров) из регистра и фильтрует по типу данных, сайту и списку объектов, чтобы в дальнейшем сопоставлять внутренние ID 1С с внешними.

2. Фильтрация номенклатуры - выбирает только те товары, которые указаны в параметре и сохраняет их ссылки во временную таблицу чтобы не обрабатывать всю номенклатуру, а только выбранные элементы.

3. Получение основных данных о номенклатуре - выбирает основные реквизиты товаров (название, артикул, вид номенклатуры и др.), применяет фильтр, добавляет данные о видах номенклатуры и сохраняет во временную таблицу для формирования основного массива данных для последующей обработки.

4. Формирование финального набора данных - объединяет все собранные данные (основные реквизиты, упаковку, идентификаторы), использует условные выражения (ВЫБОР...КОГДА...ИНАЧЕ) для обработки NULL-значений, формирует итоговый набор для экспорта чтобы получить готовый к синхронизации список товаров со всеми необходимыми полями.

Разработанная методика синхронизации данных обладает рядом существенных преимуществ, обеспечивающих ее эффективность в различных бизнес-сценариях. В первую очередь, стоит отметить значительное повышение производительности обработки информации.

Применение временных таблиц позволяет существенно снизить нагрузку на серверные ресурсы, в то время как продуманная система индексации обеспечивает высокоскоростную обработку даже значительных массивов данных.

Важным преимуществом является комплексность собираемых данных. Решение обеспечивает полный охват всех необходимых атрибутов товаров, включая как базовые характеристики, так и дополнительные свойства. При этом система корректно обрабатывает иерархические связи между элементами, что особенно важно для поддержания целостности структуры товарных групп и подгрупп.

Данный SQL-запрос представляет собой эффективное решение для выгрузки данных о номенклатуре из 1С. Он сочетает высокую производительность с гибкостью настройки, что делает его идеальным инструментом для интеграции с CRM-системами, такими как Битрикс24.

Его можно дорабатывать под конкретные бизнес-задачи, добавляя новые поля или условия фильтрации.

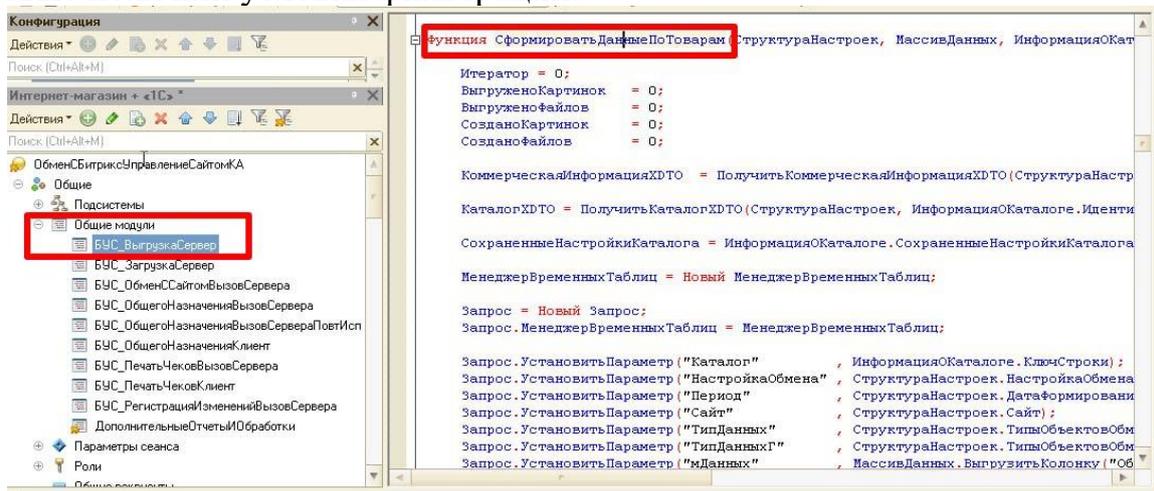


Рисунок 1 - SQL-запрос для выгрузки данных номенклатуры

Данный запрос предназначен для получения дополнительных характеристик товаров из регистра сведений, с объединением данных со справочником свойств для получения читаемых наименований реквизитов.

Основные этапы работы:

1. Основная выборка данных - запрос начинает работу с извлечения информации из регистра сведений "Дополнительные Реквизиты Объектов". На этом этапе выбираются три ключевых поля.

2. Объединение со справочником свойств - с помощью LEFT JOIN происходит соединение с справочником "Свойства Объектов". Это позволяет сохранить в результатах все записи из основного регистра, даже если для некоторых свойств отсутствуют соответствующие записи в справочнике.

Использование LEFT JOIN гарантирует, что все записи из основного регистра попадут в результаты. Фильтрация по временной таблице оптимизирует производительность, так как "ВТ_Номенклатура" уже содержит отфильтрованный набор товаров.

Запрос решает задачу получения всех дополнительных характеристик для предварительно отобранного списка товаров, что особенно полезно при экспорте данных в другие системы, построении отчетов и формировании карточек товаров для публикации.

Процедура представляет собой комплексный механизм подготовки и выгрузки данных каталогов товаров на сайт.

Основные этапы работы:

1. Инициализация процесса.
2. Обработка каталогов товаров - основной цикл перебирает все каталоги из настроек обмена, где проверяются сохраненные настройки каталога (Если они не определены, каталог пропускается), определяется количество пакетов для выгрузки через функцию. Это позволяет разбить большие объемы данных на части.
3. Формирование данных - в зависимости от типа операции (СтруктураНастроек.Операция) вызывается соответствующая функция формирования. Каждая функция возвращает данные в формате XDTO, готовые для сериализации в XML.
4. Сериализация и сохранение - создается XML-файл с уникальным именем. Данные записываются в файл с использованием Запись XML и фабрики XDTO. При необходимости создается копия файла для логов.
5. Выгрузка на сайт - организуется цикл с повторными попытками, обрабатываются дополнительные файлы (изображения, документы). После успешной выгрузки очищаются обработанные записи и очищается рабочий каталог.

Процедура демонстрирует комплексный подход к организации надежного обмена данными между 1С и веб-сайтом, учитывающий различные сценарии использования и возможные проблемы при передаче информации.

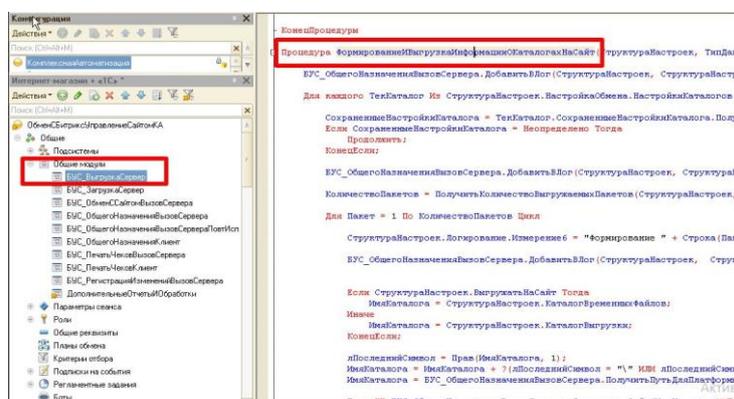


Рисунок 2 - Процедура выгрузки справочной информации

Проведенное исследование методов синхронизации между 1С:Предприятие и 1С-Битрикс24 продемонстрировало ключевую роль автоматизированного обмена данными в современных бизнес-процессах. Разработанные решения позволяют преодолеть основные проблемы ручного взаимодействия систем - снижение операционной эффективности, рост ошибок учета и увеличение нагрузки на персонал.

Анализ различных подходов к интеграции показал, что оптимальный метод синхронизации должен выбираться исходя из конкретных бизнес-требований и ИТ-инфраструктуры предприятия. Для большинства организаций наилучшим решением становится комбинация стандартного REST API Битрикс24 с промежуточным слоем обработки данных, обеспечивающая баланс между производительностью, надежностью и стоимостью внедрения.

Особое значение имеет энергоэффективность реализованных решений. Применение инкрементальных обновлений и оптимизация вычислительных ресурсов позволяют снизить нагрузку на ИТ-инфраструктуру, что особенно важно для центров обработки данных.

Таким образом, автоматизированная синхронизация между 1С и Битрикс24 представляет собой не просто техническое решение, а стратегический инструмент цифровой трансформации бизнеса, позволяющий компаниям повышать эффективность операционной деятельности и укреплять конкурентные преимущества в условиях цифровой экономики.

Список литературы:

1. Документация API Битрикс24. 2023.
2. 1С:Предприятие 8.3. Руководство разработчика. 2022.
3. Хрусталева Е.Ю. 1С: Предприятия 8. 3-е издание. 2025.
4. Хрусталева Е.Ю. 101 совет начинающим разработчикам в системе «1С:Предприятие 8». 2-е издание. 2025.
5. А.А. Асатрян, А.Б. Голиков, Д.А. Морозов, Д.Ю. Соломатин, Ю.А. Федоров. Методическое пособие по эксплуатации крупных информационных систем на платформе «1С:Предприятие 8». 2-е издание. 2017.

Сведения об авторе:

Морозова А.В., студент, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского, (Первый казачий университет), Москва, Россия

Morozova A.V., student, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, (First Cossack University), Moscow, Russia

УДК 004.8

Тополян С.Г., Попов Д.И.
ФГОУ ВО Сочинский государственный университет Сочи, Россия

Сравнительный анализ моделей искусственного интеллекта

Аннотация: статья посвящена сравнительному анализу таких моделей как: DeepSeek, Perplexity, Grok и ChatGPT в стандартизированных лингвистических, аналитических и творческих тестах. Результаты выводят ChatGPT вперед за его универсальность и стабильное качество выражения, за ним следует Grok, который преуспевает в творческих задачах, но имеет недостатки в лингвистической точности. Perplexity демонстрирует заметную аналитическую силу, хотя его стилю не хватает гибкости, в то время как DeepSeek, хотя и технически надежный, часто выдает слишком общие ответы. Анализ приводит к выводу, что оптимальный выбор зависит от конкретных потребностей: ChatGPT/Grok для креативности и контекстного интеллекта, Perplexity для технической строгости, и подчеркивает необходимость улучшения оригинальности и глубины таких моделей, как DeepSeek.

Ключевые слова: искусственный интеллект, генеративные модели, генеративные состязательные сети, модель, промпт глубина, интерпретируемость,

Topolyan S.G., Popov D.I

Comparative analysis of artificial intelligence models

Abstract: This paper compares models such as DeepSeek, Perplexity, Grok, and ChatGPT on standardized linguistic, analytical, and creative tests. The results place ChatGPT ahead for its versatility and consistent quality of expression, followed by Grok, which excels in creative tasks but has shortcomings in linguistic precision. Perplexity demonstrates notable analytical power, although its style lacks flexibility, while DeepSeek, although technically robust, often produces overly general answers. The analysis concludes that the optimal choice depends on specific needs: ChatGPT/Grok for creativity and contextual intelligence, Perplexity for technical rigor, and highlights the need to improve the originality and depth of models such as DeepSeek.

Key words: artificial intelligence, generative models, generative adversarial networks, model, prompt depth, interpretability.

Введение

Искусственный интеллект (ИИ) преобразил технологический ландшафт, обеспечив значительные достижения в обработке естественного языка, решении проблем и поиске информации. Среди большого разнообразия моделей ИИ разговорные инструменты ИИ стали ключевым активом, обеспечивающим взаимодействие, подобное человеческому, и поддерживающим широкий спектр приложений. По мере распространения этих инструментов становится все более важным понимать их

сравнительную производительность. Это исследование решает эту потребность, рассматривая четыре известные модели ИИ: DeepSeek, разговорную модель ИИ; Perplexity, поисковую систему на основе ИИ, которая дает прямые ответы; Grok, разработанную xAI для улучшения научных открытий; и ChatGPT, широко признанный разговорный агент от OpenAI.

Актуальность сравнительного анализа инструментов ИИ

Быстрая интеграция ИИ в повседневные инструменты — от персональных помощников до профессиональных систем принятия решений — подчеркнула важность распознавания его возможностей и ограничений. Сравнительный анализ может дать представление о том, как эти модели работают при выполнении различных задач, позволяя пользователям выбирать наиболее подходящий инструмент для своих конкретных потребностей. Кроме того, он предоставляет разработчикам ценную обратную связь, которая помогает им улучшать и оптимизировать свои модели, тем самым способствуя развитию технологий ИИ. [4]

Метод включает ручное тестирование с использованием стандартизированного набора однородных подсказок. Каждая модель будет оцениваться на основе ее ответов, при этом оценка будет сосредоточена на таких критериях, как точность, релевантность и согласованность. Этот подход обеспечивает справедливое и последовательное сравнение всех моделей, предоставляя прочную основу для анализа. [5]

Основная цель этого исследования — выявить сильные и слабые стороны DeepSeek, Perplexity, Grok и ChatGPT при выполнении различных типов задач. Оценивая их ответы на различные вызовы, такие как фактические запросы, творческое письмо и решение сложных проблем, этот анализ направлен на то, чтобы пролить свет на их эффективность и применимость в различных сценариях.

Подводя итог, можно сказать, что это сравнительное исследование не только поможет в выборе наиболее подходящих инструментов ИИ, но и будет способствовать более широкому пониманию развития разговорного ИИ. Результаты послужат ресурсом для конечных пользователей и разработчиков, стремящихся использовать или улучшить эти технологии.

Методы испытания

Все модели, оцениваемые в этом исследовании, либо бесплатны, либо общедоступны. К ним относятся DeepSeek, модель разговорного ИИ, разработанная для подробных и информативных ответов; Perplexity, поисковая система на основе ИИ, предоставляющая прямые ответы; Grok, разработанная xAI для улучшения научных открытий с помощью

разговорного ИИ; и ChatGPT, широко признанный разговорный агент OpenAI, известный своей универсальностью в различных задачах.

Для комплексной оценки задания были разделены на три типа. Лингвистические задания оценивали языковую адаптацию, стиль и перефразирование, примером чего является переписывание новостной статьи для 10-летнего ребенка. Аналитические задания измеряли числовую обработку, логическое рассуждение и аргументацию, например, вывод выводов из таблиц данных. Творческие задания оценивали оригинальность и художественное выражение, включая продолжение начала истории или придумывание шуток.

Все модели, оцениваемые в этом исследовании, либо бесплатны, либо находятся в открытом доступе. К этим моделям относятся:

- DeepSeek: модель разговорного ИИ, предназначенная для предоставления подробных и информативных ответов.
- Perplexity: поисковая система ИИ, которая напрямую отвечает на запросы.
- Grok: разработанная xAI, Grok направлена на улучшение научных открытий с помощью разговорного ИИ.
- ChatGPT: общепризнанный разговорный агент, разработанный OpenAI, известный своей универсальностью в решении широкого спектра задач.

Для всесторонней оценки этих моделей задания были разделены на три категории:

- Лингвистика: оценка языка, стиля и перефразирования.
Пример задания: пересказ новостной статьи для ребенка.
- Аналитика: оценка обработки чисел, логики и аргументации.
Пример задания: составление выводов из таблицы данных.
- Креативность: оценка оригинальности и художественного стиля.
Пример задания: продолжение начала истории или придумывание шуток.

Ответ каждой модели оценивался по шкале от 1 до 5 двумя независимыми оценщиками, а окончательная оценка усреднялась. Критерии оценки, следующие:

- Последовательность: оценивает логику и структуру ответа.
- Креативность: оценивает оригинальность и новизну ответа.
- Грамотность: оценивает язык, орфографию и стиль.
- Фактическая точность: оценивает правильность информации, применимо только к аналитическим задачам.

В процессе оценки использовались следующие инструменты и методы:

- Время отклика: ручное измерение для оценки скорости отклика каждой модели.

- Проверка фактов: использование общедоступных источников для проверки точности информации, предоставленной в аналитических задачах.
- Грамотность: проверяется с помощью LanguageTool для обеспечения правильной грамматики и стиля.

Испытания

2.1 Лингвистическое задание

Для выполнения лингвистического задания дадим 4 моделям одинаковое задание, текст задания звучит следующим образом:

«Перепиши следующий текст так, чтобы он был понятен школьнику 10 лет, но сохранил всю основную информацию:»

Современные системы принятия решений подразделяются на автоматизированные, интеллектуальные и гибридные. Автоматизированные системы выполняют строго заданные алгоритмы, что делает их идеальными для задач, где необходимы высокая скорость и точность вычислений. Интеллектуальные системы, в свою очередь, предназначены для анализа сложных данных и способны обучаться на основе полученного опыта. Гибридные системы объединяют элементы автоматизации и искусственного интеллекта, что позволяет эффективно решать широкий спектр задач. Развитие вычислительных мощностей и алгоритмов искусственного интеллекта значительно расширяет возможности этих систем. Методы машинного обучения уже интегрированы в программное обеспечение, что способствует автоматизации и улучшению процессов оптимизации»

Ответы моделей изложены в приложении...

Сравнительный анализ ответов моделей отображен в таблице 1

Таблица 1 – Результаты лингвистического задания

| Модель | Согласованность | Ясность | Грамотность | Осмысленность | Общее количество баллов | Комментарий |
|-----------------|-----------------|---------|-------------|---------------|-------------------------|--|
| DeepSeek | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | Очень точная, простая и логичная адаптация, сохраняющая все ключевые значения. |

| | | | | | | |
|-------------------|---|---|---|---|----|--|
| Perplexity | 5 | 4 | 5 | 5 | 19 | Превосходная структура и точность, хотя и немного сложновато для 10-летнего ребенка. |
| Grok | 5 | 4 | 5 | 5 | 19 | Хорошо переданный смысл, взрослый, но понятный стиль |
| ChatGPT | 5 | 5 | 5 | 4 | 19 | Очень легко читается и понятен детям, но немного упрощен в деталях. |

Все модели показали себя хорошо. DeepSeek показал самые сбалансированные результаты. Grok и Perplexity показали высокую точность, но немного детский стиль. ChatGPT использовал очень простой язык, но потерял некоторые детали.

2.2. Аналитическое задание

В аналитическом задании мы проверим каждую из моделей на интерпретацию таблиц, для этого загрузим в них таблицу: Средней заработной платы отдельных категорий работников социальной сферы и науки в организациях государственной и муниципальной форм собственности по субъектам Российской Федерации за январь-июнь 2024 года

Текст задания звучит следующим образом:

«Перед вами таблица со средней заработной платой отдельных категорий работников социальной сферы и науки в организациях государственной и муниципальной форм собственности по субъектам Российской Федерации* за январь-июнь 2024 года. Напишите краткий аналитический вывод»

Фрагмент таблицы и ответы моделей будут отображены в приложении...

Сравнительный анализ ответов моделей отображен в таблице 2

Таблица 2- Результаты аналитического задания

| Критерии оценки | Охват категорий | Анализ региона | Числовая детализация | Аналитическая глубина | Ясность и структура | Заключительное резюме |
|-------------------|--|--|--|---|---|---|
| DeepSeek | врачи, учителя, социальный и младший медицинский персонал - все включены | Сильный акцент на конкретных региональных примерах (например, Москва, Чукотка) | Конкретные цифры по регионам и категориям | Выделяет дисбалансы и системные приоритеты | Структурировано с помощью маркеров и заголовков | Окончательное глубокое понимание причин неравенства |
| Perplexity | Сосредоточение только на двух категориях | Общее упоминание, без примеров | Конкретные цифры по двум категориям | Поверхностная интерпретация различий | Ясно, но кратко | Формальный, не имеет интерпретации |
| ChatGPT | Все категории четко перечислены и проанализированы | Ориентирован только на средние показатели по стране | Средние значения для каждой группы предоставлены | Обсудить недостаточное финансирование и приоритеты сектора | Организовано по секторам и выводам | Решает проблемы недооценки и системные проблемы |
| Grok | Охватывает большинство категорий | Включает лидеров и отстающих (например, Северный Кавказ) | Включает национальные и региональные диапазоны | Объясняет связь между заработной платой и регионом/экономикой | Менее структурирован, больше похож на единый повествовательный блок | Указывает на экономическое разнообразие как на основную причину |

Ниже представлена таблица оценки аналитического задания — составление краткого аналитического резюме на основе таблицы зарплат — с оценкой от 1 до 5 по четырем критериям: связность, содержательность, грамматика/стиль и фактическая точность.

Общая оценка ответа моделей в таблице 3

Таблица 3- Общие результаты аналитического задания

| Модель | Оценка | Комментарий |
|------------|--------|--|
| DeepSeek | 5/5 | Лучший в целом — всесторонний, хорошо проанализированный, ясная структура |
| ChatGPT | 5/5 | Сбалансированный и понятный, но не имеет региональной дифференциации. |
| Grok | 4/5 | Охватывает ключевые различия, но менее структурирован и носит несколько общий характер |
| Perplexity | 3.5/5 | Кратко, но не хватает глубины и широты категорий или регионов. |

Все четыре ответа содержат солидное аналитическое резюме с хорошей грамматикой и фактической точностью. DeepSeek, ChatGPT и Grok выделяются тем, что дают более глубокое представление о региональных и категориальных различиях. Perplexity — ясный и правильный, но менее подробный в отношении региональных вариаций.

2.3 Креативное задание

Проверка креативных заданий будет осуществляться путем оценки написанных моделями Эссе

Текст вопроса (Промпт):

«Напиши короткое эссе (не более 150 слов) на тему: «Может ли искусственный интеллект заменить воображение человека?»»

Сравнительный анализ ответов моделей отображен в таблице 4

Таблица 4 – Результаты креативного задания

| Модель | Глубина смысла (1–5) | Структура и логика (1–5) | Выразительность языка (1–5) | Соответствие жанру (1–5) | Общая оценка | Комментарий |
|------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------|---|
| Deepseek | 4 | 5 | 4 | 5 | 19 | Четко структурированный и понятный. Концептуально прочный, но опирается на клише. |
| Perplexity | 5 | 4 | 4 | 5 | 18 | Живой, красноречивый и пронизательный. Отличное |

| Модель | Глубина смысла (1–5) | Структура и логика (1–5) | Выразительность языка (1–5) | Соответствие жанру (1–5) | Общая оценка | Комментарий |
|---------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------|---|
| | | | | | | завершение и повествовательный поток |
| ChatGPT | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | Живой, красноречивый и пронизательный. Превосходное завершение и повествовательный поток. |
| Grok | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | Богат культурными и эмоциональными нюансами. Немного длиннее, но в пределах разумного. |

Все эссе хороши, но ChatGPT и Grok выделяются своей выразительностью, оригинальностью и сбалансированным тоном. Perplexity предоставляет сильный контент с немного академическим тоном. DeepSeek чистый и структурированный, но немного общий по сравнению с другими.

Заключение

На основе лингвистических (перевод), аналитических (интерпретация статистической таблицы) и творческих (написание эссе) задач мы можем сделать следующий комплексный вывод:

ChatGPT неизменно демонстрирует самую высокую общую производительность по всем задачам. Он предлагает:

- Беглые, контекстно точные переводы с вниманием к естественной формулировке и тону;
- Сбалансированные и пронизательные интерпретации данных, которые с ясностью синтезируют ключевые тенденции;
- Выразительные, структурированные и философски насыщенные эссе, которые хорошо соответствуют ожиданиям жанра.

Grok идет следом, особенно преуспев в творческом письме и предоставляя эмоционально нюансированные интерпретации. Однако он немного уступает в лингвистической естественности и тонкости формулировок в переводе и аналитике.

Perplexity демонстрирует силу в аналитической глубине и точной формулировке, особенно в интерпретации статистического контента, но его стиль склоняется к академической сухости, особенно в творческих контекстах.

DeepSeek в целом точен и логичен, но склонен к общим формулировкам, поверхностному пониманию и отсутствию эмоциональных или стилистических нюансов.

Для сложных, ориентированных на человека задач, требующих глубины, беглости и креативности, ChatGPT и Grok в настоящее время обеспечивают наиболее всесторонние и выразительные результаты. Perplexity преуспевает в задачах, требующих точности, в то время как DeepSeek может потребовать доработки для достижения более естественного и проницательного уровня в разных контекстах.

ChatGPT оказался самой универсальной и сбалансированной моделью, неизменно предоставляющей высококачественные результаты по всем категориям задач. Его способность сочетать беглость, проницательность и креативность делает его особенно подходящим для сложных, ориентированных на человека задач. Grok следует за ним, особенно преуспев в творческих и эмоционально нюансированных задачах, хотя иногда ему не хватает лингвистической естественности. Perplexity продемонстрировал силу в точности и аналитической глубине, но ему не хватило стилистической гибкости для творческих задач. DeepSeek, хотя и надёжный и точный, часто давал слишком общие ответы, что указывает на необходимость дальнейшей доработки для достижения большей глубины и оригинальности.

Для пользователей выбор модели ИИ должен основываться на специфике задачи. ChatGPT и Grok рекомендуются для задач, требующих высокого уровня креативности, эмоционального интеллекта или естественности языка. Perplexity хорошо подходит для аналитических задач, требующих точности, в то время как DeepSeek может быть достаточным для простых фактических запросов, но требует улучшения для более сложных приложений.

Для разработчиков это исследование подчеркивает важность баланса между точностью и стилистическим/эмоциональным интеллектом в моделях ИИ. Будущие итерации этих инструментов должны быть сосредоточены на улучшении возможностей естественного языка и углублении контекстного понимания для лучшего удовлетворения разнообразных потребностей пользователей. [3]

Поскольку ИИ становится все более интегрированным в повседневные инструменты и профессиональные системы, понимание сравнительной производительности этих моделей становится все более важным. Это исследование не только помогает выбрать наиболее подходящий инструмент ИИ для конкретной цели, но и вносит вклад в

более широкое обсуждение разработки разговорного ИИ. Выявляя сильные и слабые стороны каждой модели, эта работа предоставляет основу для пользователей и разработчиков, стремящихся эффективно использовать и улучшать эти технологии.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 71476-2024. Искусственный интеллект. Концепции и терминология искусственного интеллекта, официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <https://gostassistant.ru/doc/d5025070-e226-4d6b-9871-ad5721156f8d>
2. Gartner. How to Stop Data Quality Undermining Your Business, официальный сайт [Электронный ресурс]: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/how-to-stop-data-quality-undermining-your-business>.
3. IBM. Data Quality Tools & Solutions, официальный сайт [Электронный ресурс]: <https://www.ibm.com/data-quality>
4. Гарбук С.В. Функциональность и безопасность систем искусственного интеллекта: качество данных // Открытые системы. СУБД. 2024. № 1, официальный сайт [Электронный ресурс] <https://www.osp.ru/os/2024/01/13058259>
5. Смирнов Н. Реалии искусственного интеллекта: «большая семерка» ОС, версия 2024 // Открытые системы. СУБД. 2023. № 4, официальный сайт [Электронный ресурс]: <https://www.osp.ru/os/2023/04/13057841>

Сведения об авторах:

Тополян Сергей Григорович, ФГОУ ВО Сочинский государственный университет Сочи, Россия

Попов Дмитрий Иванович, доктор технических наук, профессор ФГОУ ВО Сочинский государственный университет Сочи, Россия

Topolyan S.G., Sochi state university, Sochi, Russia

Popov D.I., Doctor of Technical Sciences, Professor Sochi state university, Sochi, Russia

УДК 004.961

Шпедер Д.А.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия

Обзор существующих методов сжатия видеоданных

Аннотация: Данная работа посвящена исследованию применения технологий глубокого обучения для сжатия видеоданных. В статье приведен обзор современных методов сжатия видеоданных. Раскрыто понятие «перцептрон» и особенности работы данной архитектуры нейронных сетей. Описаны особенности применения технологий глубокого обучения для сжатия видеоданных. Рассмотрены особенности работы сверточных нейронных сетей. Приведено описание совместного использования генеративных сверточных нейронных сетей.

Ключевые слова: сжатие, видеоданные, видеопоток, авиоэнкодер, нейронная сеть, кодек, кодирование, кадр

Shpeder D.A.

Review of existing video data compression methods abstract

Abstract: The paper is devoted to the study of the application of deep learning technologies for video data compression. The article provides an overview of modern methods for video data compression. The concept of "perceptron" and the features of this neural network architecture are described. The application of deep learning technologies for video data compression is described. The features of convolutional neural networks are considered. The use of generative convolutional neural networks is described.

Keywords: video data compression, video stream, codec, algorithm, lossy compression, coding, frame, pixel

Введение

В последние годы объем видеоконтента, создаваемого и передаваемого в сети, значительно увеличился, что накладывает серьезные требования на методы хранения и передачи информации. Проблема эффективного сжатия видеоданных становится особенно актуальной в рамках современного информационного общества, где растут требования не только к качеству изображения, но и к скорости передачи данных. Простые методы сжатия, основанные на классических алгоритмах, уже не могут удовлетворить современные потребности пользователей и условий эксплуатации. В связи с этим, все большее внимание уделяется методам, основанным на глубоких нейронных сетях, которые обладают способностью к обучению на больших объемах данных и могут адаптироваться к самым разнообразным сценариям использования.

Технологии глубокого обучения представляют собой один из самых перспективных подходов к решению задачи сжатия видеоданных. Их

использование позволяет значительно повысить коэффициент сжатия, сохраняя при этом качество итогового видеопотока. Важным аспектом данного исследования является анализ существующих методов глубокого обучения, которые уже сегодня находят применение в области обработки и передачи видеоконтента. Среди таких методов можно выделить автоэнкодеры, GAN (генеративные состязательные сети), а также рекуррентные нейронные сети, которые демонстрируют высокую эффективность в задачах кодирования и декодирования, что, в свою очередь, открывает новые горизонты в области медиапроизводства и вещания.[1]

Цели исследования заключаются в анализе и систематизации существующих технологий глубокого обучения для сжатия видеоданных, а также в разработке новых подходов, способных обойти существующие ограничения по качеству и скорости передачи информации. Необходимо выявить ключевые тенденции в развитии инструментов и методов сжатия, разработанных на базе глубокого обучения, и оценить их практическое применение для различных областей, от потокового видео до высококачественной видеопередачи. В конечном итоге, полученные результаты помогут не только в научной сфере, но и в целом ряде практических приложений, включая онлайн-кинотеатры, социальные сети и другие платформы, активно использующие видеоконтент в своем взаимодействии с пользователями [2].

Необходимость повышения эффективности сжатия видеоданных обосновывается также растущими объемами хранения данных и необходимостью их быстрой обработки, что требует новых инновационных решений с применением передовых технологий. Данная работа акцентирует внимание на важности синергии между исследовательскими научными трудами и реальными запросами на рынке, что предполагает возможность интеграции теоретических разработок в промышленность, направленную на преобразование медиасреды современности.

Обзор современных методов сжатия видеоданных

В последние десятилетия сжатие видеоданных стало важной областью исследования, учитывая стремительное увеличение объема производимого контента и необходимость эффективной передачи данных. Существуют как традиционные, так и современные методы сжатия, которые могут быть классифицированы на алгоритмы с потерями и без потерь [3]. Традиционные методы, основанные на классических подходах, такие как кодеки H.264 и H.265, уже давно зарекомендовали себя как эффективные инструменты для достижения компрессии, однако они имеют свои

ограничения, особенно в контексте новейших требований к качеству изображения и скорости передачи.

Алгоритмы с потерями обеспечивают более значительное сжатие, удаляя избыточные данные, которые человеческий глаз не может заметить. Кодек H.264, например, использует техники интерфреймового сжатия, позволяя эффективно обрабатывать последовательности кадров за счет анализа изменений между ними. H.265, в свою очередь, предлагает улучшения в производительности и качестве, используя более сложные модели предсказания и более эффективные методы кодирования (наглядно разница между этими двумя кодеками показана на рисунке 1) [4].



Рисунок 1 – Кадры из видео в форматах H.264 и H.265

Однако даже с учетом упомянутых усовершенствований, традиционные методы сжатия зачастую не могут справиться с задачами, которые возникают при обработке высококачественных видео, таких как 4K и 8K.

С другой стороны, с развитием технологий глубокого обучения внезапно открылась новая эра методов сжатия видеоданных. Нейронные сети, обученные на огромных объемах видеoinформации, способны обнаруживать сложные паттерны, что дает возможность значительно повысить уровень компрессии без заметного ухудшения качества. Использование автоэнкодеров и генеративных состязательных сетей (GAN) позволяет достигать выдающихся результатов при комбинации алгоритмов. Эти методы способны не только сжать видеоданные, но и восстанавливать их, минимизируя потерю качества, что является важным аспектом, особенно для приложений, где требуется сохранить высокий уровень воспринимаемого изображения.[5]

Например, автоэнкодеры, состоящие из кодера и декодера, могут эффективно извлекать наиболее значимые признаки видеоданных и реконструировать их с минимально допустимыми потерями. В свою очередь, GAN, которые состоят из двух нейронных сетей — генератора и дискриминатора, соревнуясь между собой, способны создать качественные изображения и видео, позволяя тем самым значительно уменьшить объем данных, передаваемых по сети [6].

Эта соревновательная структура помогает достичь выдающихся результатов в генерации и реконструкции изображений, что позволяет значительно уменьшать объем видеоданных без значительной потери качества. GAN могут также использоваться для создания новых последовательностей кадров в видеопотоках, что особенно актуально для приложений, требующих высококачественной визуализации сжатого контента.

Совокупность этих современных подходов демонстрирует значительные преимущества в сравнении с традиционными методами, особенно в условиях, когда требуется работать с большими объемами данных и сохранять высокое качество. Таким образом, переход к методам глубокого обучения обеспечивает не только улучшение качества сжатия, но и новые возможности для обработки и анализа видеоданных [7].

Подходы на базе глубокого обучения

Глубокое обучение – это частный случай машинного обучения, позволяющий достичь большей эффективности и гибкости за счет представления мира в виде иерархии вложенных концепций, в которой каждая концепция определяется в терминах более простых концепций, а более абстрактные представления вычисляются в терминах менее абстрактных. Система с искусственным интеллектом должна уметь самостоятельно накапливать знания, отыскивая закономерности в исходных данных [8].

Последние годы привели к значительным успехам в области обработки видеоданных с использованием технологий глубокого обучения. Одним из наиболее эффективных и распространённых подходов являются автоэнкодеры. Эти нейронные сети включают две ключевые компоненты: кодер и декодер. Кодер принимает одни данные на входе и сжимает их в компактное представление, называемое латентным вектором, в то время как декодер пытается восстановить оригинальные данные из этого сжатого представления. Это эволюционное снижение размерности позволяет автоэнкодерам улавливать основные характеристики видео, что делает их особенно полезными для сжатия.[9]

Автоэнкодеры могут быть дополнительно улучшены за счёт использования различных архитектур, таких как сверточные автоэнкодеры, которые применяют сверточные нейронные сети (CNN) для обработки изображений.

В такой архитектуре нейронной сети как перцептрон, каждый элемент матрицы весов используется ровно один раз при вычислении выхода слоя, в сети присутствуют связанные веса, поскольку значение веса, примененного к одному входу, связано со значением веса, примененного где-то еще.

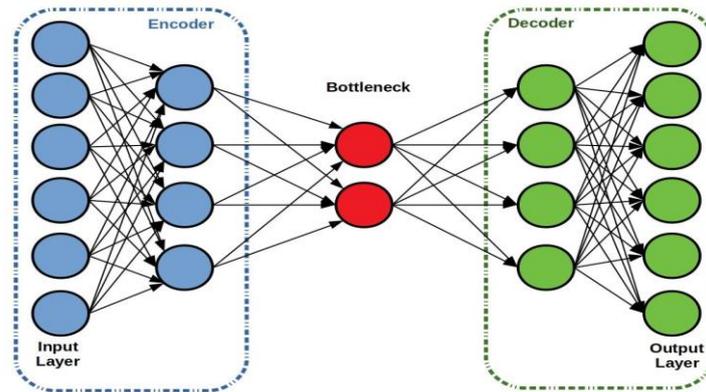


Рисунок 2 – Архитектура автоэнкодера

В сверточной нейронной сети каждый элемент ядра применяется к каждой позиции входа (за исключением, быть может, некоторых граничных пикселей – в зависимости от того, как решено обрабатывать границу). Разделение параметров означает, что вместо обучения отдельного набора параметров для каждой точки мы должны обучить только один набор, это уменьшает требования к объему памяти: свертка создает двумерную карту появления определенных признаков во входном изображении. Если переместить объект во входном изображении, то его представление на выходе переместится на такую же величину.

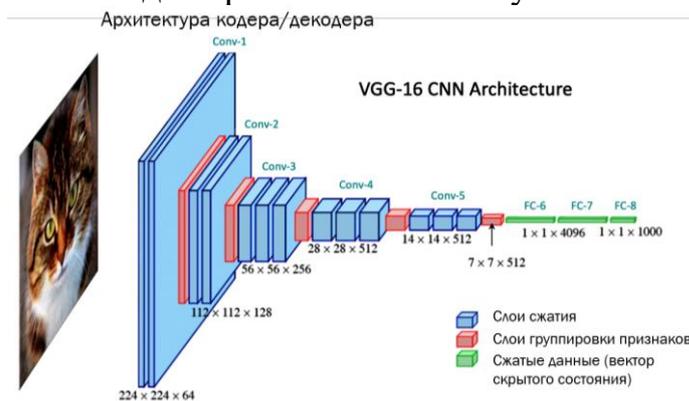


Рисунок 3 – Сверточная нейронная сеть в составе автоэнкодера

В машинном обучении Сверточные нейронные сети хорошо подходят для задач обработки изображений, так как они способны эффективно извлекать пространственные и временные характеристики, что делает их идеальными для работы с видеопотоками. Принцип работы сверточных энкодеров построен на основе сверточных нейронных сетей.

Более того, технологии, такие как временные сверточные сети (TCN) и рекуррентные нейронные сети (RNN), демонстрируют эффективность в анализе временных зависимостей внутри видеоданных. Эти архитектуры позволяют захватывать динамические изменения между кадрами, что

критически важно для поддержания целостности и последовательности видео при сжатии [10].

Разработка таких подходов представляет собой значительный шаг вперед в области сжатия видеоданных, позволяя достичь более высокой степени компрессии с минимальными потерями в качестве, что является оптимальным решением для современных задач передачи и хранения видеoinформации. Совершенствование архитектур нейронных сетей и поиск новых методов их применения открывают новые горизонты для будущих исследований в данной области, и, безусловно, потребуют дальнейшего внимания со стороны научного сообщества [11].

Сравнительный анализ эффективности

Далее представлен сравнительный анализ эффективности традиционных методов сжатия видеоданных и подходов, разработанных на базе глубокого обучения. Традиционные кодеки, такие как H.264 и H.265, остаются очень популярными благодаря своей простоте, стабильности и широкому применению. Эти алгоритмы обеспечивают относительно высокий уровень сжатия с приемлемым качеством изображения и поддерживают четкость при низкой скорости передачи данных. Однако традиционные подходы имеют свои ограниченные возможности, особенно в условиях обработки высококачественного видео, где требования по качеству существенно возросли [12].

Сравнивая H.264 и H.265, можно отметить, что последний предлагает значительно лучшее качество при том же уровне битрейта, что делает его предпочтительным выбором для трансляций в разрешении 4K и выше. Тем не менее, H.265 требует больше вычислительных ресурсов для кодирования и декодирования, что может стать препятствием для устройств с ограниченными мощностями. Кроме того, существующие патенты и лицензирование могут ограничить его применение в некоторых областях. Эти недостатки делают традиционные подходы менее гибкими по сравнению с современными методами глубокого обучения [13].

Методы глубокого обучения, такие как автоэнкодеры и генеративные состязательные сети, предлагают более высокую степень адаптивности и могут обеспечивать лучшую эффективность сжатия, особенно при работе с высококачественными видеофайлами. Благодаря способности нейронных сетей выявлять и использовать сложные шаблоны в данных, они способны достигать уникальных результатов, которые часто превышают качество, обеспечиваемое традиционными средствами. Например, на практике было замечено, что сжатие с помощью автоэнкодеров может уменьшить размер файла до 50% без заметной потери качества изображения.

Однако использование глубокого обучения также связано с рядом недостатков. Обучение нейронных сетей требует значительных

вычислительных ресурсов и времени, что может ограничить их практическое применение в реальных условиях, где требуется быстрая обработка данных. Кроме того, этап настройки и обучения моделей может быть очень сложным и требовать больших объемов данных для достижения приемлемой производительности. Это также создает риски переобучения, когда модель становится слишком специализированной на обучающем наборе данных и показывает низкую эффективность на новых, ранее невиденных данных.

В результате, хотя современные подходы на базе глубокого обучения показывают хорошие результаты и являются более инновационными по сравнению с традиционными методами, они имеют свои собственные ограничения и недостатки. Оптимальным решением для практического использования может стать комбинирование этих подходов, что позволит извлечь выгоду из сильных сторон каждого метода. Такой симбиоз может способствовать более качественной и эффективной обработке видеoinформации в будущем, что открывает новые горизонты для исследования и развития этой быстро развивающейся области.

Практическое применение результатов

Методы глубокого обучения для сжатия видеоданных имеют огромный потенциал и находят применение в различных областях, значительно влияя на современные технологии передачи данных. Одной из ключевых сфер применения этих методов является стриминг видео. С увеличением популярности потоковых сервисов, таких как Netflix и YouTube, существует постоянная необходимость в системах, способных эффективно компрессировать и передавать видео с высоким качеством при минимальных задержках. Глубокое обучение позволяет значительно улучшить качество изображения при более низком битрейте, что критически важно для обеспечения качественного пользовательского опыта в условиях нестабильного интернет-соединения [14].

Еще одной областью, где глубокое обучение демонстрирует свою эффективность, является видеонаблюдение и безопасность. Камеры, использующие методы сжатия на базе нейронных сетей, могут хранить большие объемы данных без потери качества, что облегчает долгосрочное архивирование и анализ видео. Глубокие сети позволяют не только сжимать данные, но и выполнять дополнительные операции, такие как детектирование объектов и распознавание лиц в реальном времени. Это ведет к снижению требований к хранилищам данных и повышению эффективности систем мониторинга.

Технологии виртуальной и дополненной реальности также выигрывают от применения методов глубокого обучения для сжатия видео. Высококачественная графика необходима для создания

правдоподобного и захватывающего пользовательского опыта, однако передача таких объемов данных требует серьезных усилий. Использование нейронных сетей для сжатия видеоданных позволяет значительно сократить нагрузку на сеть и уменьшить задержки, что, в свою очередь, способствует созданию более плавного и интерактивного опыта для пользователей.

Помимо этого, применение глубокого обучения в области сжатия видеоданных открывает новые возможности для потоковой передачи высококачественных видео в области образования и удаленной работы. В условиях дистанционного обучения высокое качество видеосигнала становится жизненно важным, и применение современных технологий может существенно улучшить восприятие учебного материала. При этом значительно снижается необходимость в высокоскоростных интернет-соединениях, что делает такие решения доступными для более широкого круга пользователей.

В целом, внедрение методов глубокого обучения в практику сжатия видеоданных не только улучшает качество и эффективность передачи, но и снижает затраты на хранение данных и их обработку. С учетом постоянного роста интереса к медиа-контенту и развитию технологий, применение глубокого обучения в этой сфере будет только расширяться. Это открывает перспективы для дальнейших исследований и разработок новых алгоритмов, что, в свою очередь, будет способствовать дальнейшему усовершенствованию технологий передачи видеоданных [15].

Заключение

В результате проведенного исследования были достигнуты важные выводы в области применения технологий глубокого обучения для сжатия видеоданных, которые имеют значительное значение как для научного сообщества, так и для практических применений в различных отраслях. Показано, что методы глубокого обучения, а именно автоэнкодеры и генеративные состязательные сети, обеспечивают более высокую эффективность сжатия по сравнению с традиционными алгоритмами, такими как H.264 и H.265. Эти современные подходы способны достигать значительного снижения размеров файлов, сохраняя при этом приемлемое качество изображения, что делает их особенно привлекательными для потокового видео и высококачественной передачи данных.

Также исследование выделяет существенные преимущества нейронных сетей в области обработки видеоданных, включая способность автоматического выявления сложных паттернов и аномалий, что невозможно или крайне сложно при использовании классических методов. Это открывает двери для более продвинутых приложений в таких сферах,

как видеонаблюдение, монтаж видео, создание контента и многое другое. Сравнительный анализ показал, что традиционные методы имеют свои ограничения, особенно при работе с высококачественным видео, и в будущем потребуется более активное внедрение методов глубокого обучения для решения актуальных задач обработки информации.

Несмотря на достигнутые результаты, исследования в этом направлении еще далеки от завершения. Проблемы, связанные с необходимостью ресурсов для тренировки нейронных сетей, их настроек и преодоления переобучения, остаются актуальными. Будущие научные работы должны сосредоточиться на разработке более легких алгоритмов, которые позволили бы оптимизировать процессы обучения и применения моделей глубокого обучения для сжатия видеоданных. Возможность комбинирования методов глубокого обучения с традиционными подходами может привести к созданию гибридных систем, которые будут использовать сильные стороны каждого метода.

В заключение, исследования в области сжатия видеоданных с использованием глубокого обучения имеют огромное значение и открывают множество новых возможностей для улучшения качества и эффективности передачи данных. Будущее данной области, безусловно, представляется многообещающим, и дальнейшие усилия исследователей и инженеров по интеграции и усовершенствованию этих технологий смогут значительно преобразовать как сферы мультимедиа, так и область обработки данных в целом. Успехи в этой области будут способствовать улучшению качества жизни, обеспечивая более доступный и качественный контент для пользователей по всему миру.

Список литературы

1. Киселев, А.В. Анализ применения в области стриминга пикселей традиционных и основанных на машинном обучении технологий сжатия видео / А.В. Киселев, О.Н. Сметанина // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений (памяти проф. Н.И. Юсуповой) ITIDS'2024 : Труды X Международной научной конференции. В 2-х томах, Уфа, 12–14 ноября 2024 года. – Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2024. – С. 1-6. – EDN KEDZSX.
URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=80347170>
2. Скоропада, В. И. Машинное обучение в видеоиграх / В. И. Скоропада, К. Н. Фигура // Молодая мысль: наука, технологии, инновации : Материалы XIV (XX) Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Братск, 04–08 апреля 2022 года. – Братск: Братский государственный университет, 2022. – С. 266-270. – EDN LGLKBE.
URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49365646>
3. Лин, А. А. Особенности применения технологии обучения с подкреплением / А. А. Лин, И. Д. Беляев, М. Б. Беляева // Математическое моделирование процессов и систем: Материалы XII Международной молодежной научно-практической конференции, Стерлитамак, 17–19 ноября 2022 года / Отв. редактор С.В. Викторов. Том Часть 1. – Стерлитамак: Стерлитамакский филиал федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования "Уфимский университет науки и технологий", 2022. – С. 236-242. – EDN NOFKTC.

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50323810>

4. Крамар, С. А. Машинное обучение как инструмент современных педагогических технологий / С. А. Крамар // Развитие системы образования: теория, методология, опыт: сборник статей / БУ ЧР ДПО «Чувашский республиканский институт образования». – Чебоксары: Общество с ограниченной ответственностью «Издательский дом «Среда», 2019. – С. 19-22. – EDN HJCGPY.

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41433591>

5. Усков, А. В. Стримминг технологии в электронном обучении / А. В. Усков, В. Л. Усков, А. Д. Иванников // Образовательные технологии и общество. – 2008. – Т. 11, № 1. – С. 449-462. – EDN ИУТJB.

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9914172>

6. Юрочкин, А. Г. Проблемы машинного обучения / А. Г. Юрочкин, Н. А. Коростелева // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2020. – № 1(32). – С. 49-51. – EDN BKEPIG.

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42684551>

7. Сорокин, А. А. Изучение игровых движков в технических специальностях СПО / А. А. Сорокин // Информационные технологии по отраслям: вопросы теории, методологии и практики (ИТО-2024) : сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Ивановгород, 23 апреля 2024 года. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью "Бук", 2024. – С. 140-143. – EDN LHTWCI.

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=69398786>

8. Федоров, В.Д. Исследование методов реставрационной обработки изображений основанных на машинном обучении, для применения в условиях беспроводной передачи видеопотока / В. Д. Федоров, А. М. Винокуров // Телекоммуникации и информационные технологии. – 2024. – Т. 11, № 1. – С. 159-169. – EDN XFVYAT.

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=68528886>

9. Мартимов, Р. Ю. Применение пассивных методов защиты целостности видеоданных / Р. Ю. Мартимов // Актуальные вопросы науки. – 2015. – № 20. – С. 30-32. – EDN ULPWBZ.

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24293282>

10. Карпов, А. А. Реализация автоматической системы многомодального распознавания речи по аудио- и видеоинформации / А.А. Карпов // Автоматика и телемеханика. – 2014. – № 12. – С. 125-138. – EDN TFFNVB.

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22812824>

11. Ирисханов, И. Ю. Цифровая обработка видео, методы сжатия видео, анализ движения, распознавание объектов, трекинг движущихся объектов / И. Ю. Ирисханов, В.А. Панченко // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: Сборник статей по материалам СХХVI студенческой международной научно-практической конференции, Новосибирск, 08 июня 2023 года. Том 6 (124). – Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью "Сибирская академическая книга", 2023. – С. 33-39. – EDN NEUNXN.

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54216386>

12. Никитин, А. Е. Распознавание лиц на телевизионных изображениях при наличии искажающих факторов : специальность 05.12.04 "Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Никитин Анатолий Евгеньевич. – Ярославль, 2015. – 22 с.

– EDN

ZPWQYR.

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30428717>

13. Шапошникова, Н. В. Эффективное обучение глубоких нейронных сетей для распознавания образов / Н. В. Шапошникова, Я. С. Ганжа // Решетневские чтения: Материалы XXIV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева: в 2 частях, Красноярск, 10–13 ноября 2020 года. Том Часть 2. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2020. – С. 260-261. – EDN PGCNXXN.

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44458919>

14. Николукин, М. С. Адаптивная обработка видеопотока, полученного с камер, при ограничениях на пропускную способность сети передачи данных / М. С. Николукин, А. Д. Обухов // Информационные технологии. – 2024. – Т. 30, № 5. – С. 252-260. – DOI 10.17587/it.30.252-260. – EDN FYJUDS.

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67219751>

15. Ненахов, И. С. Неэталонная оценка качества телевизионных изображений на основе локальных бинарных шаблонов и алгоритмов машинного обучения: специальность 05.12.04 "Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ненахов Илья Сергеевич. – Владимир, 2016. – 22 с. – EDN ZQFYKJ.

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30445039>

Сведения об авторе:

Шпедер Дмитрий Алексеевич, аспирант Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия

Shpeder Dmitry Alekseevich, Postgraduate student, Penza State Technological University, Penza, Russia

УДК 002.304

Ребницкая И.В., Туренко Е.В., Скляренко А.А.

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации. А.А. Новикова, Санкт-Петербург, Россия

Математические методы и информационное обеспечение на транспорте

Аннотация: Современные транспортные системы сталкиваются с множеством вызовов: рост числа автомобилей, пробки, аварии, неэффективное использование инфраструктуры. Решение этих проблем требует применения математических методов и информационных технологий, позволяющих оптимизировать потоки, прогнозировать загруженность и повышать безопасность дорожного движения. В данной статье рассмотрены ключевые математические модели в транспортных системах, алгоритмы машинного обучения и информационные системы, используемые для управления транспортом и их интеграцию с информационными технологиями.

Ключевые слова: информационные системы, математическая модель, транспорт, инфографика, алгоритмы.

Rebnitskaya I.V., Turenko E.V., Sklyarenko A.A.

Mathematical methods and information support in transport

Abstract: Modern transport systems face many challenges: an increase in the number of cars, traffic jams, accidents, inefficient use of infrastructure. Solving these problems requires the use of mathematical methods and information technologies to optimize traffic flows, predict congestion, and improve road safety.

This article discusses key mathematical models in transport systems, machine learning algorithms, and information systems used for transport management and their integration with information technology.

Keywords: information systems, mathematical model, transport, infographics, algorithms

1. Математические модели в транспортных системах

1.1. Теория массового обслуживания (ТМО) изучает процессы возникновения очередей и методы их оптимизации [1].

Применение ТМО в транспорте [1]:

Оптимизация светофоров

Расчёт длительности фаз для минимизации очередей.

Адаптивные светофоры: динамический расчёт μ на основе λ в реальном времени.

Проектирование дорожной инфраструктуры

Определение необходимого числа полос (n) для заданного потока (λ).

Оценка пропускной способности парковок, АЗС.

Логистика и грузоперевозки
Моделирование работы портов, терминалов.
Оптимизация погрузки/разгрузки.
Ключевые компоненты ТМО

| Термин | Пример в транспорте |
|--------------------|------------------------------------|
| Входящий поток | Интенсивность прибытия автомобилей |
| Время обслуживания | Длительность зелёного сигнала |
| Очередь | Число машин перед светофором |
| Время ожидания | Задержка в пробке |

Основные модели ТМО в транспорте

1.1.1. Модель М/М/1 – простейшая очередь для оценки задержек на перекрёстках. [1]

Условия:

Пуассоновский входящий поток (экспоненциальное распределение времени между прибытиями).

Экспоненциальное время обслуживания.

Одна «сервисная единица» (например, одна полоса или светофор).

Применение:

- Расчёт пропускной способности дорог.

- Оптимизация работы светофоров.

Пример:

Если на перекрёсток прибывает 20 машин/мин ($\lambda = 20$), а светофор пропускает 30 машин/мин ($\mu = 30$), можно вычислить:

1) длину очереди

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

$$L = \frac{20}{30 - 20} = 2 \text{ машины в очереди в среднем}$$

2) среднее время ожидания

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

Ограничения:

Не учитывает «рваный» трафик (часто не выполняется условие Пуассона).

Не подходит для сложных перекрёстков.

1.1.2. Модель М/М/п (Многоканальная очередь) [1]

Условия:

Несколько «сервисных каналов» (например, п полос движения).

Пример:

Если на въезде в тоннель 3 полосы ($n = 3$), $\lambda = 120$ машин/час, $\mu = 50$ машин/час на полосу:

По формуле загрузки системы (ρ):

$$\rho = \frac{\lambda}{n\mu}, \quad \text{где } \rho < 1 \text{ (иначе очередь растёт бесконечно).}$$

$$\rho = \frac{120}{3 \times 50} = 0.8 \text{ система стабильна}$$

1.1.3. Сети очередей

Используются для моделирования сложных транспортных сетей, где автомобили перемещаются между узлами (перекрёстками).

Пример:

Городская дорожная сеть, где поток из одного района перераспределяется в другие.

Ограничения ТМО

Идеализированные допущения (экспоненциальные распределения не всегда соответствуют реальности).

Не учитывает человеческий фактор (агрессивное вождение, нарушение ПДД).

Сложность для нестационарных потоков (час пик, аварии).

Для более точных прогнозов ТМО комбинируют с машинным обучением и компьютерным моделированием.

Дальнейшее развитие:

Интеграция с IoT (данные с датчиков в реальном времени).

Применение в беспилотном транспорте.

1.2. Теория графов

Дорожная сеть представляется в виде графа, где вершины -это перекрестки и остановки, а ребра—это дороги и маршруты.

Находить наиболее эффективные маршруты для доставки груза и пассажиров, минимизируя время и затраты помогают такие алгоритмы, как, к примеру, алгоритм Дейкстры или метод Флойда-Уоршелла.

Они применяются при построении маршрутов в навигаторах и планировании логистики [1, 3]

1.3. Динамическое программирование

Современные системы моделирования могут учитывать множество параметров, включая погодные условия, состояние дорожного покрытия и даже поведение водителей, что позволяет более точно прогнозировать нагрузки на инфраструктуру и планировать ее развитие. [1]

2. Визуализация транспортных потоков

Инфографика — это визуализация информации, которая помогает быстро и понятно донести сложные данные до аудитории. Она использует графические элементы, такие как диаграммы, графики, карты, иконки и текст, чтобы представить информацию в удобной и наглядной форме. [2]

Цели инфографики:

упрощение восприятия и анализа данных;
оптимизация работы транспортных систем путём выявления проблемных участков и разработки мер по их устранению;
повышение безопасности дорожного движения за счёт более точного прогнозирования и управления транспортными потоками.

Для достижения этих целей необходимо решить следующие задачи:

сбор и обработка данных о транспортных потоках;
выбор методов и инструментов для визуализации;
разработка и внедрение систем визуализации на практике.

Методы визуализации транспортных потоков:

Картографические методы (например, карты интенсивности движения, карты загруженности дорог).

Графические методы (например, графики зависимости интенсивности движения от времени суток, графики распределения транспортных потоков по направлениям).

Табличные методы (например, таблицы с данными о времени проезда по различным маршрутам, таблицы с информацией о загруженности транспортных узлов);

Трёхмерные модели (3D-визуализация для сложных систем).

Инструменты для визуализации транспортных потоков:

специализированные программные комплексы (например, системы управления транспортными потоками, системы мониторинга транспортных потоков);

геоинформационные системы (ГИС) (например, Яндекс Карты, Google Maps, 2ГИС);

табличные редакторы (например, Microsoft Excel, Google Sheets);

программы для создания графиков и диаграмм (например, Microsoft Excel, Tableau, Power BI).

Применение визуализации транспортных потоков:

городское планирование (например, при разработке генеральных планов городов, схем развития транспортной инфраструктуры);

организация дорожного движения (например, при разработке схем организации дорожного движения, маршрутов общественного транспорта);

логистика (например, при планировании маршрутов доставки грузов, оптимизации работы транспортных компаний);

безопасность дорожного движения (например, при прогнозировании и предотвращении транспортных заторов, аварий).

Информационное обеспечение в транспортной отрасли

В настоящее время Инфографика один из самых популярных способов визуального представления и донесения информации до аудитории (видео, фото, gif - анимация).

Люди воспринимают информацию с помощью органов чувств. Наибольший процент восприятия информации приходится на органы

зрения – 80%. Инфографика позволяет донести до слушателя информацию быстро, красиво, наглядно. Четко формирует понимание пользователей об основной деятельности компании – это и презентации, и годовые отчеты, рекламные материалы, анализ большого объема информации и предсказание тенденций.

Исследования показали, что рекламные ролики в стиле инфографики сами распространяются по интернету и набирают огромное количество просмотров. Психологи объясняют это просто – визуализация данных включает эмоции. Эмоции помогают легко и ярко воспринять сообщение и передать его дальше. 80% людей лучше реагируют на структурированную визуальную информацию.

В связи с непрерывно увеличивающимся пассажиропотоком, особенно в дни праздников и зимне-летних отпусков, усложнения транспортных систем, актуальность применения инфографики возрастает многократно. Информация, представленная в виде графиков, схем, видеороликов помогает быстрее усвоить важную информацию и принять правильное решение, например, в выборе оптимального маршрута при планировании поездки. Для транспортных компаний инфографика может быть полезна при визуализации результатов исследования, например, для оценки загруженности транспортных узлов.

На российском рынке для создания инфографики можно использовать следующее программное обеспечение, которое не подвержено западным санкциям:

МайндМаппер – сервис активно используется в образовательных и бизнес целях.

Граффити – используется для создания презентаций, постеров, различных графических материалов, инфографики. Проста в использовании.

Дизайнер – онлайн платформа, которая позволяет создавать инфографику, используя готовые шаблоны.

Современные технологии сбора и обработки данных позволяют транспортным компаниям использовать больше данных для анализа.

Исследования показывают, что использование таких технологий может сократить затраты на 10-20% в различных сегментах транспортной отрасли.

3.1. Машинное обучение и ИИ в транспорте

3.1.1. Прогнозирование трафика [2]

- Временные ряды (ARIMA, Prophet) – предсказание загруженности.
- LSTM-сети – учёт долгосрочных зависимостей в данных.
- Графовые нейронные сети (GNN) – анализ взаимосвязей между дорогами.

3.1.2. Оптимизация светофоров [2]

- Обучение с подкреплением (RL) – адаптивное управление.

- Генетические алгоритмы – подбор оптимальных фаз светофоров.
- 3.1.3. Обнаружение аномалий [2]
 - Алгоритмы кластеризации (K-means, DBSCAN) – выявление аварийных участков.
 - Детекция объектов (YOLO, Faster R-CNN) – анализ видео с камер для обнаружения ДТП.
- 3.2. Информационные системы и Big Data
 - 3.2.1. Геоинформационные системы (ГИС) [2]
 - ArcGIS, QGIS – визуализация дорожных сетей.
 - OSMnx – анализ OpenStreetMap данных.
 - 3.3. IoT и телематика
 - Датчики движения, камеры, GPS-трекеры – сбор данных в реальном времени. [2]
 - Анализ больших данных (Hadoop, Spark) – обработка данных.

Заключение:

Математические методы и информационное обеспечение играют важную роль в развитии современного транспорта. [1, 2, 3]

Будущее транспортных систем – это цифровизация и интеграция ИИ

Список литературы

1. Математические модели и теория транспортных потоков / Newell «G.F.Applications of Queueing Theory». Springer, 1982. Серия: Monographs on Statistics and Applied Probability 4, 303 стр.
2. Алгоритмы машинного обучения и ИИ/ Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. «The Elements of Statistical Learning».Springer, 2017.
3. Ahuja R.K., Magnanti T.L., Orlin J.B. «Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications». Prentice Hall, 1993.

Сведения об авторах:

Ребницкая И.В., старший преподаватель, Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации. А.А. Новикова, Санкт-Петербург, Россия

Туренко Е.В., старший преподаватель Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации. А.А. Новикова, Санкт-Петербург, Россия

Склярченко А.А., старший преподаватель Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации. А.А. Новикова, Санкт-Петербург, Россия

Rebnitskaya I.V., Senior Lecturer, Saint Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation. A.A. Novikov, Saint Petersburg, Russia

Turenko E.V., Senior Lecturer, Saint Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation. A.A. Novikov, Saint Petersburg, Russia

Sklyarenko A.A., Senior Lecturer Saint Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation. A.A. Novikov, Saint Petersburg, Russia

УДК - 004

Резцов С.М.

*Нижегородский государственного университета имени Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород,
Россия.*

Исследование модификаций модели лотки-вольтерры и типов особых точек в системах обыкновенных дифференциальных уравнений

Аннотация: В данной работе рассматриваются различные модификации классической модели Лотки-Вольтерры. Также проводится анализ типов особых точек (центр, устойчивый центр, неустойчивый фокус и седло) и их устойчивости. Применяются численные методы для решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), включая метод Рунге-Кутты 4 порядка и метод Ньютона-Рафсона. Проведён качественный анализ фазовых портретов, выявлены условия возникновения различных типов устойчивости.

Объект исследования: нелинейные динамические системы, которые описываются системами ОДУ, в частности модель Лотки-Вольтерры и её модификации.

Тема исследования: анализ устойчивости, классификация особых точек модели Лотки-Вольтеры.

Ключевые слова: нелинейная динамика, модель Лотки-Вольтеры, фазовый портрет, особые точки, устойчивость системы ОДУ.

Reztsov S.M.

Investigation of modifications of the lotka–volterra model and types of critical points in systems of ordinary differential equations

Abstract: This paper examines various modifications of the classical Lotka–Volterra model. The study also includes an analysis of the types of critical points (center, stable focus, unstable focus, and saddle point) and their stability. Numerical methods are applied to solve systems of ordinary differential equations (ODEs), including the 4th-order Runge–Kutta method and the Newton–Raphson method. A qualitative analysis of phase portraits is conducted, and conditions for the emergence of different stability types are identified.

Object of the study: Nonlinear dynamical systems described by systems of ODEs, particularly the Lotka–Volterra model and its modifications.

Subject of the study: Stability analysis and classification of critical points in the Lotka–Volterra model.

Keywords: nonlinear dynamics, Lotka–Volterra model, phase portrait, critical points, stability, ODE systems.

Введение

Нелинейные динамические системы имеют ключевую роль при моделировании процессов [1], которые происходят в природе, экономике и технике. Одной из важнейших задач, поставленных перед современной нелинейной динамикой, по праву можно назвать прогнозирование и описание поведения сложной, состоящей из постоянно взаимодействующих элементов, единой системы.

На данный момент одной из наиболее известных и фундаментальных моделей, описывающих такого рода системы, является модель Лотки-Вольтера. Изначально она была предложена для описания взаимодействия хищников и жертв в экосистемах, но с течением времени для модели нашёл применение в разных областях, как науки, так и экономики.

Однако, несмотря на широкую известность, классическая модель Лотки-Вольтерры не лишена ограничений. Она не учитывает некоторые важные факторы, в числе которых: насыщение, ограниченность ресурсов, демпфирующие или стимулирующие воздействия на природу.

При анализе аспектов нелинейных систем, центральным будет классификация особых точек и исследование их устойчивости. Тип особой точки определяет тип фазового портрета в окрестности этой точки и поведение системы при возмущениях. Именно понимание этого аспекта является критически важным для моделирования и прогнозирования процессов, происходящих в системе.

Целью данной работы является исследование модели Лотки-Вольтерры, построение фазовых портретов, нахождение особых точек, а также определения их типа и устойчивости.

Методы и модели

В рамках данного исследования рассматриваются три варианта системы дифференциальных уравнений второго порядка:

Классическая модель Лотки-Вольтерры

$$\begin{cases} x' = x(1 - y) \\ y' = y(x - 1) \end{cases} \quad (1.1)$$

Модель с демпфированием

$$\begin{cases} x' = x(1 - y - \alpha x) \\ y' = y(x - 1 - \beta y) \end{cases} \quad (1.2)$$

Модель с насыщением

$$\begin{cases} x' = x(1 - y) \\ y' = y\left(\frac{x}{1 + x} - 1\right) \end{cases} \quad (1.3)$$

Для выполнения анализа были использованы следующие численные методы [2]: метод Рунге-Кутты 4 порядка, метод Ньютона-Рафсона [3] для нахождения особых точек и линеаризация системы [4] для анализа

устойчивости [5]. Параметры в уравнениях подбирались так, чтобы получить фазовые портреты с разными типами особых точек.

Суть методов

Метод Рунге-Кутта.

Метод, который делает аппроксимацию решения на каждом шаге итерации, комбинируя несколько вычислений производной. На каждой итерации просчитываются 4 вспомогательные величины:

$$k_1 = f(t_n, y_n) \quad (2.1)$$

$$k_2 = f\left(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2}k_1\right) \quad (2.2)$$

$$k_3 = f\left(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2}k_2\right) \quad (2.3)$$

$$k_4 = f(t_n + h, y_n + hk_3) \quad (2.4)$$

Далее высчитывается значение y_{n+1} по следующей формуле

$$y_{n+1} = y_n + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \quad (2.5)$$

Метод Рунге-Кутта использовался для построения фазовых портретов систем (1.1) – (1.3)

Метод Ньютона-Рафсона.

Суть метода заключается в итерационном подходе для нахождения корней нелинейных уравнений. Для систем (1.1) – (1.3) этот метод использовался для нахождения особых точек. Суть метода: задаётся начальное приближение x_0 и на каждой итерации решение уточняется по формуле

$$x_{n+1} = x_n - J^{-1}(x_n)F(x_n) \quad (3.1)$$

Где $F(x)$ – векторная-функция системы обыкновенных дифференциальных уравнений, $J(x)$ – матрица Якоби. В конце каждой итерации будет проводиться оценка точности решения пока $\|x_{n+1} - x_n\| < \varepsilon$

Линеаризация системы.

Данный метод используется для анализа устойчивости особых точек. Суть метода заключается в исследовании поведения системы вблизи особой точки через аппроксимацию линейной системы. Для этого находится матрица Якоби J системы в особой точке (x^*, y^*) по следующей формуле:

$$J = \begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} & \frac{\partial f}{\partial y} \\ \frac{\partial g}{\partial x} & \frac{\partial g}{\partial y} \end{pmatrix}_{(x^*, y^*)} \quad (4.1)$$

Далее определяются собственные числа λ матрицы (4.1).

Результаты

Построены фазовые портреты для каждой модели (1.1) – (1.3).

На рисунке 1 представлена особая точка центр с собственными значениями матрицы Якоби чисто мнимые $Re(\lambda) = 0$ модель (1.1). В данном фазовом портрете все траектории – замкнутые циклы, система является консервативной.

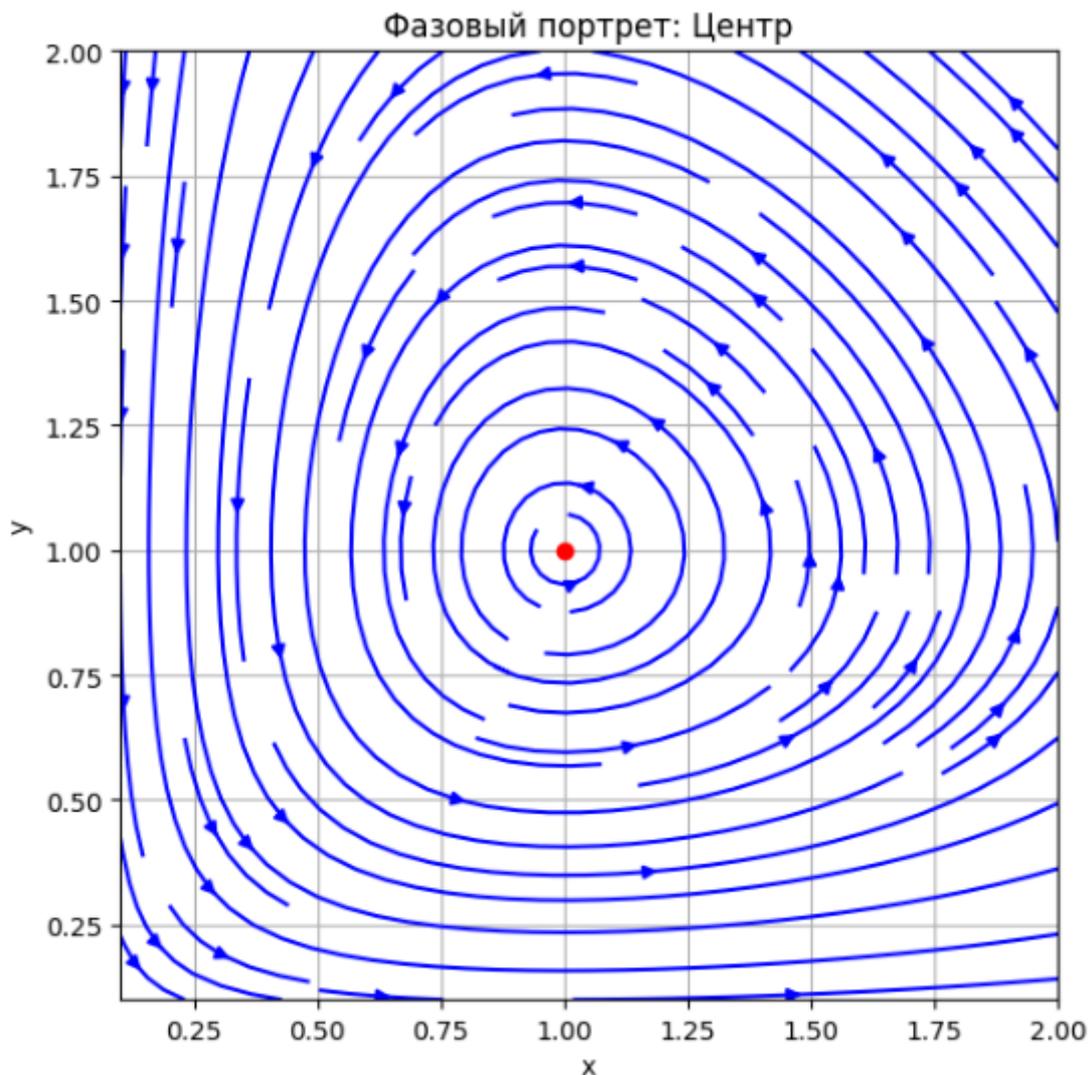


Рисунок 1 Особая точка центр

На рисунке 2 представлена особая точка неустойчивый фокус. Собственные значения матрицы Якоби $Re(\lambda) > 0$ – спиральное удаление от точки модель (1.3). Данное поведение характерно для нестабильных систем.

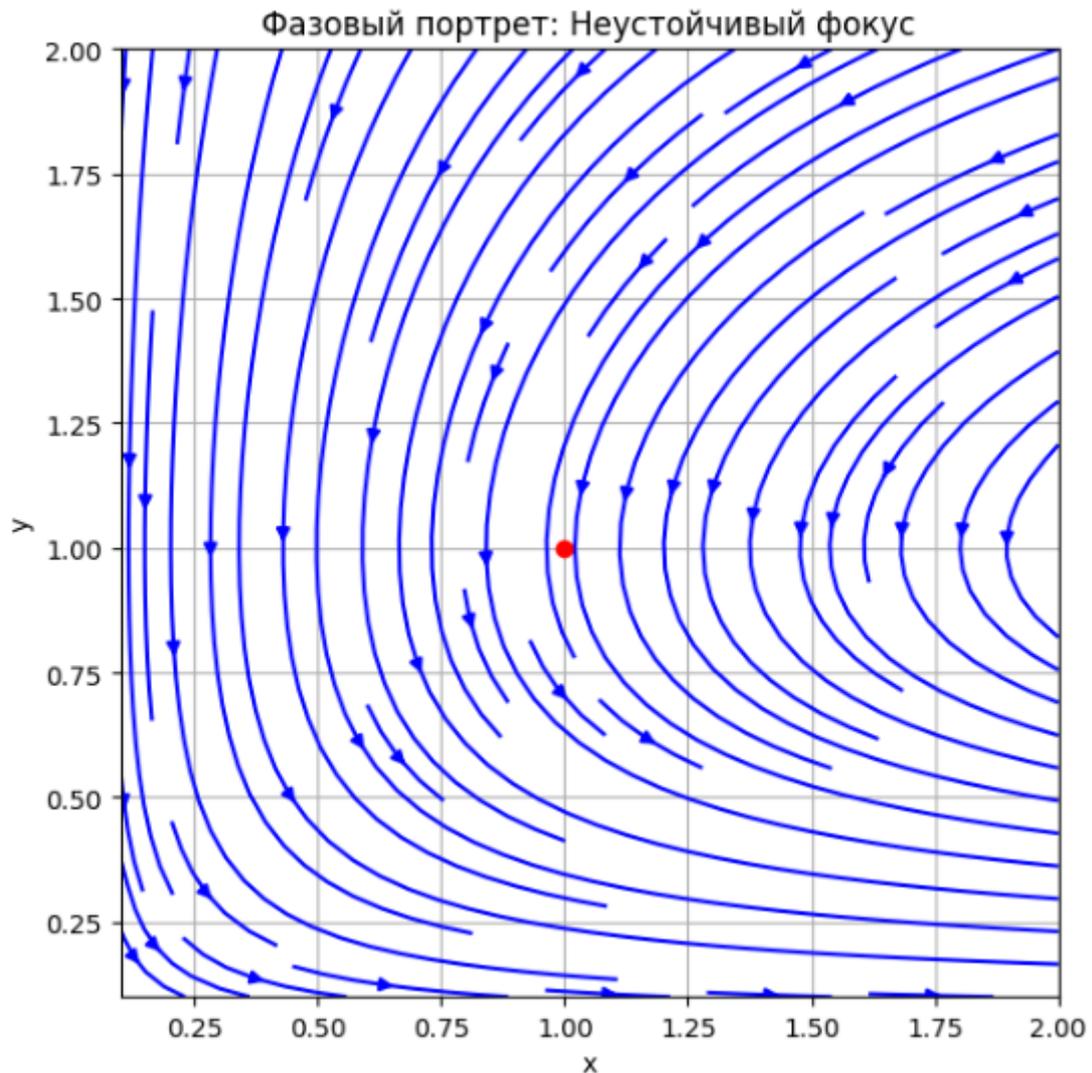


Рисунок 2 Особая точка неустойчивый фокус

На рисунке 3 представлена особая точка устойчивый фокус. Собственные значения матрицы Якоби $Re(\lambda) < 0$ – спиральное приближение к точке модель (1.2). Траектории стремятся к устойчивому равновесию. Модель подходит для описания регулируемых процессов.

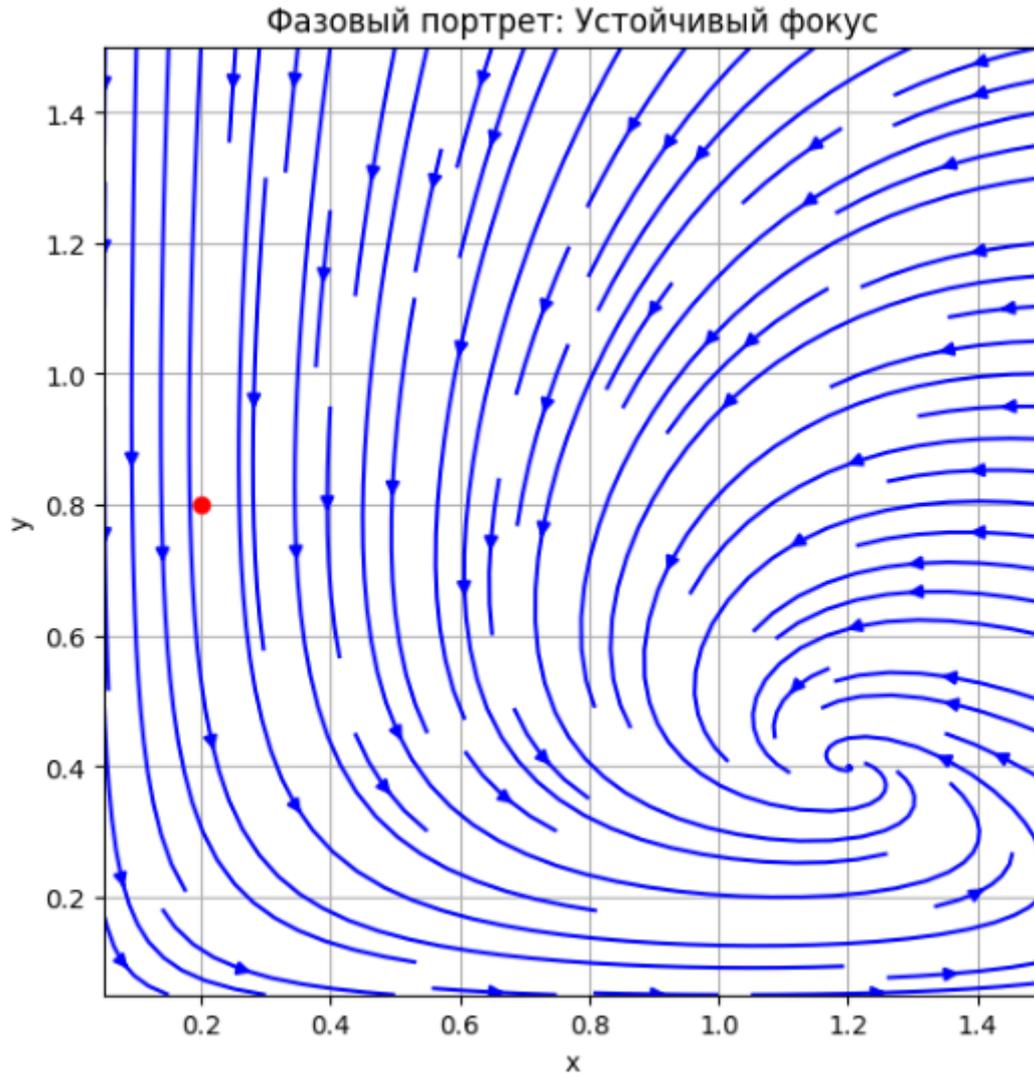


Рисунок 3 Особая точка устойчивый фокус

Анализ результатов

Полученные данные дают возможность оценивать стабильность нелинейных систем. Если говорить о прикладном применении таких портретов, то помимо прямого использования для описания взаимодействий экосистем хищник – жертва, такие фазовые портреты могут дать представление об устойчивости экономических рынков, социальной динамики [6] (распространение мнений).

Заключение

Данное исследование имеет перспективы для добавления запаздываний, стохастических возмущений, а также применение методов

машинного обучения для автоматического анализа любых нелинейных моделей.

Список литературы

1. Базыкин А.Д. Нелинейная динамика взаимодействующих популяций / А.Д. Базыкин. — Москва, Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2003. — 367
2. Численные методы решения систем нелинейных уравнений // *Хабр*. — 7 авг. 2018. — Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/419453/> (дата обращения: 25.06.2025)
3. Нелинейные системы и уравнения (раздел из учебного ресурса С. Лемешевского). Часть учебного онлайн-курса по численным методам. Доступно: https://slemeshevsky.github.io/num-mmf/snes/html/._snes-FlatUI001.html (дата обращения: 25.06.2025)
4. [Учебный материал по численным методам]. Сайт: *Studfile.net*. — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/10973373/page:4/> (дата обращения: 25.06.2025).
5. Беленков В.Е., Конча В.Л., Седашов Е.А. Статистическая оценка эффектов политических решений и событий с использованием метода «разность разностей» // *Труды 17-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2024)*. Москва: ИПУ РАН, 2024. — С. 1330. — Электронный ресурс: <https://mlsd2024.ipu.ru/proceedings/1330.pdf> (дата обращения: 25.06.2025)
6. Катаева Л.Ю., Карпухин В.Б. Численное моделирование динамических систем, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями // *Наука и техника транспорта*. — 2008. — № 2. — С. 57–66.

Сведения об авторе:

Резцов С.М., студент Нижегородского государственного университета имени Р.Е. Алексева, Нижний Новгород, Россия

Reztsov S.M., Student, Nizhny Novgorod State University R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia.

УДК 004.8

Щербаков Н. Ю., Крючков А.

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь, Россия

Искусственный интеллект в строительстве

Аннотация: Технологии ИИ открывают новые горизонты для автоматизации, оптимизации и прогнозирования в строительстве, что особенно актуально в условиях растущей конкуренции и необходимости повышения производительности. В настоящей статье рассматриваются современные тенденции и технологии искусственного интеллекта, применяемые в строительстве. Особое внимание уделяется интеграции ИИ в процессы информационного моделирования зданий (BIM) для повышения точности и эффективности. Статья также рассматривает вызовы и перспективы внедрения ИИ-технологий в условиях российской строительной отрасли.

Ключевые слова: искусственный интеллект, строительство, проектирование, программирование, технологии.

Shcherbakov N. Y., Kryuchkov A.

Artificial intelligence in construction

Abstract: Artificial intelligence technologies open up new horizons for automation, optimization and forecasting in construction, which is especially relevant in the context of increasing competition and the need to improve productivity. This article examines modern trends and artificial intelligence technologies applied in construction. The article provides a comprehensive analysis of AI integration into Building Information Modeling (BIM) processes to enhance accuracy and efficiency. It also addresses the challenges and prospects of AI adoption within the specific context of the Russian construction industry.

Keywords: artificial intelligence, construction, design, programming, technologies.

Современная строительная индустрия России сталкивается с рядом серьезных проблем, которые препятствуют ее эффективному развитию.

Одной из ключевых проблем является низкая рентабельность строительства. По данным Росстата, средняя рентабельность строительных организаций в 2023 году составила лишь 5-10%, что значительно ниже, чем в других отраслях экономики[2]. Это связано с высокой конкуренцией, нестабильностью цен на строительные материалы, а также недостатками в управлении проектами и трудозатратами[4].

Кроме того, строительный сектор России переживает острый дефицит квалифицированной рабочей силы. По оценкам экспертов, около 35% работников в строительстве не имеют необходимой квалификации, что приводит к снижению качества выполняемых работ и увеличению сроков строительства. Также стоит отметить, что многие строительные компании сталкиваются с проблемами в области

соблюдения сроков и бюджетов, что в конечном итоге влияет на их финансовые результаты.

Сегодня строительная индустрия стремительно осваивает инновационные технологии для повышения эффективности и качества своей работы. Одним из наиболее значимых направлений этого процесса является внедрение систем искусственного интеллекта (ИИ), которые способны трансформировать и оптимизировать различные этапы строительных проектов. Технологии ИИ открывают новые горизонты для автоматизации, оптимизации и прогнозирования в строительстве, что особенно актуально в условиях растущей конкуренции и необходимости повышения производительности.

Искусственный интеллект (ИИ) может сыграть ключевую роль в решении этих проблем, предлагая новые подходы и инструменты для оптимизации процессов. Рассмотрим несколько современных технологий, основанных на ИИ, которые уже активно применяются в строительной индустрии[7].

1. Автоматизация проектирования

Современные системы автоматизации проектирования, такие как Generative Design, используют алгоритмы ИИ для создания и оптимизации проектных решений. Эти системы способны анализировать множество параметров, таких как материалы, стоимость, время и функциональность, чтобы предложить наиболее эффективные варианты проектирования. Это позволяет существенно сокращать время на разработку проектной документации и снижать затраты.

2. Предиктивная аналитика

Предиктивная аналитика, основанная на ИИ, позволяет строительным компаниям прогнозировать потенциальные риски и проблемы на этапе планирования. Например, с помощью анализа больших данных и машинного обучения можно выявлять закономерности, которые помогут предсказать задержки в сроках выполнения работ или перерасход бюджета. Это позволяет принимать проактивные меры для минимизации рисков[1].

3. Управление строительными проектами

Искусственный интеллект также активно применяется в управлении строительными проектами. Системы на основе ИИ могут отслеживать прогресс выполнения работ, контролировать соблюдение сроков и бюджета, а также помогать в распределении ресурсов. Это способствует более эффективному управлению проектами и снижает вероятность возникновения непредвиденных ситуаций.

4. Дроны и робототехника

Использование дронов и робототехнических решений в строительстве становится все более распространенным. Дроны могут выполнять аэрофотосъемку строительных площадок, что позволяет

оперативно получать актуальные данные о состоянии работ. Роботы, в свою очередь, способны выполнять рутинные и опасные задачи, такие как укладка кирпичей или сварка, что снижает риски для работников и повышает общую производительность.

5. Умные здания и системы управления

Системы управления «умными» зданиями, использующие ИИ, способны оптимизировать потребление ресурсов, такие как электроэнергия и вода, а также обеспечивать комфортные условия для жильцов. Эти системы способны адаптироваться к изменениям в окружающей среде и предпочтениям пользователей, что приводит к снижению эксплуатационных затрат.

Перспективные технологии в строительстве

Будущее строительной индустрии во многом будет определяться тем, как быстро и эффективно компании смогут интегрировать технологии ИИ в свои процессы. Рассмотрим несколько перспективных направлений, которые могут значительно изменить ландшафт строительства в ближайшие годы[8].

1. Строительство с использованием 3D-печати

3D-печать уже начинает использоваться для создания строительных элементов и даже целых зданий. В сочетании с ИИ это может привести к созданию конструкций с уникальными формами и оптимизированными характеристиками. Использование 3D-печати может снизить стоимость строительства и сократить время на выполнение работ.

2. Цифровые двойники

Цифровые двойники зданий и сооружений, создаваемые с помощью ИИ, позволяют моделировать и прогнозировать поведение объектов на протяжении всего их жизненного цикла. Это поможет не только в проектировании, но и в эксплуатации, обеспечивая более эффективное управление ресурсами и минимизацию затрат.

3. Интеграция IoT и ИИ

Интернет вещей (IoT) в сочетании с ИИ может создать «умные» строительные площадки, где все оборудование и материалы будут отслеживаться в реальном времени. Это позволит автоматизировать процессы и улучшить управление ресурсами, а также повысить безопасность и эффективность работы.

4. Автономные строительные машины

Разработка автономных строительных машин, управляемых ИИ, может значительно упростить процесс строительства и снизить зависимость от человеческого труда. Такие машины смогут выполнять задачи с высокой точностью и минимальными затратами времени, что будет особенно актуально в условиях дефицита рабочей силы[3].

5. Анализ больших данных для оптимизации процессов

Использование больших данных в сочетании с ИИ позволит строительным компаниям лучше понимать свои процессы и находить возможности для оптимизации. Это может включать в себя анализ производительности работников, эффективности использования материалов и многие другие аспекты, которые влияют на общую рентабельность проектов.

В строительстве ИИ находит особое применение в автоматизации процессов информационного моделирования зданий (BIM). Эти технологии, основанные на создании цифровых моделей, уже стали стандартом в проектировании и управлении строительством. Интеграция ИИ в BIM-процессы открывает новые возможности для повышения точности, скорости и эффективности реализации проектов[10].

Автоматизация BIM-процессов с использованием ИИ позволяет оптимизировать проектные решения, предсказывать потенциальные риски и улучшать управление ресурсами на всех этапах строительства. Алгоритмы машинного обучения и нейронные сети способны обрабатывать огромные объемы данных, помогая специалистам принимать обоснованные решения и минимизировать вероятность ошибок. Например, алгоритмы генеративного дизайна анализируют такие параметры, как функциональность, стоимость и экологические требования, предлагая оптимальные варианты конструкций. Это значительно ускоряет процесс проектирования и позволяет учитывать большее количество факторов.

BIM-модели содержат обширные данные о строительных объектах, включая информацию о материалах, сроках и затратах. Искусственный интеллект способствует эффективной обработке этих данных, выявляя закономерности и прогнозируя возможные проблемы, такие как превышение бюджета или отклонения от графика. Он также используется для определения потенциальных ошибок в BIM-моделях на ранних стадиях проектирования, снижая вероятность дорогостоящих исправлений на этапе строительства. Технологии машинного обучения анализируют предыдущие проекты, чтобы предсказывать риски и разрабатывать стратегии их предотвращения.

Благодаря искусственному интеллекту происходит автоматизация управления строительными ресурсами, такими как материалы, рабочая сила и оборудование. Системы на основе ИИ помогают оптимально распределять ресурсы, предотвращая перерасход или нехватку. Искусственный интеллект становится связующим звеном между BIM и роботизированными технологиями. Например, роботы, использующие данные BIM, могут выполнять точные строительные операции, такие как кладка кирпича или 3D-печать конструкций[7].

Тем не менее, несмотря на значительные преимущества, внедрение новых технологий в BIM-процессы сталкивается с рядом трудностей:

- Интеграция ИИ требует значительных инвестиций в программное обеспечение, оборудование и обучение сотрудников, что приводит к высоким затратам.
- Специалистов, обладающих навыками работы в двух направлениях, пока недостаточно, что создает определенные трудности при поиске кадров.
- Многие компании придерживаются традиционных подходов и с осторожностью внедряют новые технологии.
- Работа с большими объемами информации требует повышенного внимания к обеспечению безопасности данных.

Таким образом, несмотря на вызовы, с которыми сталкивается строительная отрасль, интеграция искусственного интеллекта в процессы проектирования и управления строительством открывает новые возможности для повышения эффективности и качества работы.

Заключение

Применение искусственного интеллекта в строительной индустрии России открывает новые горизонты для повышения эффективности и рентабельности. Внедрение современных технологий, таких как автоматизация проектирования, предиктивная аналитика, управление проектами, использование дронов и робототехники, а также перспективные направления, такие как 3D-печать и цифровые двойники, могут значительно изменить подходы к строительству.

С учетом текущих вызовов, с которыми сталкивается отрасль, интеграция ИИ представляется не только желательной, но и необходимой для обеспечения устойчивого развития строительного сектора в России.

Список литературы

1. Алексанян, А.К. Причины и следствия применения искусственного интеллекта в строительстве / А.К. Алексанян // Градостроительство и градостроительное законодательство в современных условиях развития общества : материалы научно-практической междисциплинарной конференции, Новороссийск, 03 декабря 2024 года. – Москва: Знание-М, 2024. – С. 17-20.
2. Васильев, А.С. Использование технологий искусственного интеллекта в управлении строительными проектами / А.С. Васильев, А.В. Зайцев // Научно-технический вестник Поволжья. - 2020. - № 5. - С. 24-28.
3. Васянин, И.М. Искусственный интеллект в строительстве / И. М. Васянин, М.В. Селезнева, Е.А. Волкова // Уральская горная школа - регионам: материалы Международной научно-практической конференции, в рамках Уральской горнопромышленной декады, Екатеринбург, 08 апреля 2024 года. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2024. – С. 493.
4. Емельяненко, Л. Г. Искусственный интеллект в строительстве / Л. Г. Емельяненко // Информационные технологии в решении задач инновационного развития: Сборник статей VI международной научной конференции, Сыктывкар, 16 декабря 2024 года. –

Санкт-Петербург: Гуманитарный национальный исследовательский институт НАЦРАЗВИТИЕ, 2024. – С. 20-22.

5. Золотых, З.А. Искусственный интеллект в строительстве: роль в автоматизации BIM-процессов / З.А. Золотых // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 116-20. – С. 17-20.

6. Интеграция искусственного интеллекта с робототехникой в строительстве [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.stroitelnye.ru/integration-of-artificial-intelligence-with-robotics-in-construction>

7. Моделирование и применение BIM-подхода в строительстве [Электронный ресурс]. - URL: <https://firecode.ru/blog/modelirovanie-i-primenenie-bim-podhoda-v-stroitelstve>

8. Нестругина, Е.С. Использование искусственного интеллекта в строительстве / Е.С. Нестругина, Р.С. Бельский // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. – 2024. – № 4. – С. 121-131.

9. Роботы и дроны в строительстве: повышение эффективности и безопасности [Электронный ресурс]. - URL: <https://robogeek.ru/promyshlennye-roboty/skanska-ustanaYliYaet-novye-pravila-po-vyazke-armatury>

10. Сурков, М.Д. Использование искусственного интеллекта в строительстве: далекое будущее или реальность / М.Д. Сурков, А.Е. Крупнов, Е.И. Крупнов // Качество жизни: архитектура, строительство, транспорт, образование: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Иваново, 21–24 марта 2024 года. – Иваново: Ивановский государственный политехнический университет, 2024. – С. 110-112.

УДК 002.304

Али Мохамед

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Мост между технологиями и психическим здоровьем: экономически эффективная IoT-система для мониторинга эмоционального состояния

Аннотация. Статья посвящена разработке инновационной IoT-системы для непрерывного мониторинга эмоционального состояния человека. В исследовании представлена доступная технология, интегрирующая физиологические датчики с облачными сервисами, которая обеспечивает профессиональную точность классификации эмоций (84,7%) при 30-кратном снижении стоимости по сравнению с существующими решениями. Система открывает новые возможности для демократизации инструментов мониторинга психического здоровья в клинической практике, телемедицине и корпоративной среде.

Ключевые слова: IoT-системы, мониторинг эмоций, физиологические датчики, психическое здоровье, биомедицинская инженерия, искусственный интеллект, телемедицина, электродермальная активность, вариабельность сердечного ритма.

Ali Mohamed

Bridge between technology and mental health: cost-effective IoT system for emotional state monitoring

Abstract. The article is devoted to the development of an innovative IoT system for continuous monitoring of human emotional state. The research presents an affordable technology integrating physiological sensors with cloud services, which provides professional emotion classification accuracy (84.7%) with a 30-fold cost reduction compared to existing solutions. The system opens new opportunities for democratization of mental health monitoring tools in clinical practice, telemedicine and corporate environment.

Keywords: IoT systems, emotion monitoring, physiological sensors, mental health, biomedical engineering, artificial intelligence, telemedicine, electrodermal activity, heart rate variability.

Введение

Современные вызовы в области психического здоровья требуют инновационных технологических решений. По данным Всемирной организации здравоохранения, более 300 миллионов человек во всем мире страдают от депрессии и тревожных расстройств [1]. Традиционные методы оценки психического состояния, основанные на периодических консультациях и субъективных опросниках, имеют существенные ограничения в отслеживании динамических изменений эмоционального состояния в повседневной жизни.

Человеческий организм непрерывно генерирует физиологические сигналы, отражающие эмоциональное состояние. Изменения сердечного ритма, проводимости кожи, температуры тела создают уникальные паттерны для каждого эмоционального состояния [2]. Современные технологии Интернета вещей (IoT) позволяют регистрировать и анализировать эти сигналы в режиме реального времени, открывая новые возможности для объективного мониторинга психического здоровья.

Существующие профессиональные системы мониторинга эмоций, такие как Empatica E4, демонстрируют высокую точность, но их стоимость (около \$1,690) делает их недоступными для широкого применения [3]. Данное исследование направлено на создание экономически эффективной альтернативы, которая сохранит профессиональную точность при радикальном снижении стоимости.

Результаты исследования

Архитектура системы

Разработанная IoT-система основана на интеграции четырех ключевых физиологических датчиков, каждый из которых регистрирует специфические маркеры эмоционального состояния:

Датчик MAX30100 обеспечивает одновременную регистрацию частоты сердечных сокращений и уровня насыщения крови кислородом (SpO₂). Сенсор использует фотоплетизмографический метод с двумя светодиодами (красный и инфракрасный) и фотодетектором, что позволяет достичь точности медицинского оборудования при минимальных размерах и энергопотреблении, в том числе и при экологически безопасных технологиях и процессах [4].

Инфракрасный термометр MLX90614 выполняет бесконтактное измерение температуры кожи с точностью $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Датчик регистрирует температурные изменения, связанные с вазомоторными реакциями при эмоциональном возбуждении, не требуя прямого контакта с кожей пользователя [5].

Датчик Grove GSR измеряет электродермальную активность (кожно-гальваническую реакцию), которая является надежным индикатором симпатической нервной активности. Изменения проводимости кожи, вызванные активностью потовых желез, отражают уровень эмоционального возбуждения и стресса [6].

Центральным элементом системы является **микроконтроллер ESP32**, обладающий встроенными модулями Wi-Fi и Bluetooth, двухъядерным процессором с частотой 240 МГц и достаточным объемом памяти для локальной обработки данных. Энергоэффективная архитектура обеспечивает до 12 часов автономной работы от аккумулятора емкостью 2000 мАч [7].

Алгоритмы обработки данных

Система реализует многоуровневую обработку физиологических сигналов. На первом уровне применяется цифровая фильтрация для удаления артефактов движения и электромагнитных помех. Используется комбинация фильтра нижних частот Баттерворта 4-го порядка с частотой среза 5 Гц для сигналов GSR и адаптивного медианного фильтра для пульсовых данных.

Извлечение признаков включает расчет временных и частотных характеристик сигналов. Для вариабельности сердечного ритма вычисляются параметры RMSSD (среднеквадратичное отклонение последовательных интервалов), pNN50 (процент интервалов, отличающихся более чем на 50 мс) и спектральные компоненты LF/HF (соотношение низкочастотной и высокочастотной составляющих) [8].

Классификация эмоциональных состояний выполняется с использованием ансамбля машинного обучения, включающего метод опорных векторов (SVM) с радиальной базисной функцией и градиентный бустинг. Персонализация модели достигается через начальную калибровку с учетом индивидуальных базовых показателей пользователя.

Экспериментальная валидация

Для валидации системы был проведен эксперимент с участием 30 добровольцев (18 мужчин, 12 женщин, средний возраст 23.4 ± 3.2 года). Протокол включал индукцию четырех эмоциональных состояний: нейтральное, радость, стресс и расслабление. Каждое состояние поддерживалось в течение 5 минут с использованием стандартизированных стимулов.

Результаты демонстрируют общую точность классификации 84.7% при использовании всех четырех датчиков. Наиболее высокая точность достигнута для состояния стресса (91.2%), что объясняется выраженными физиологическими изменениями. Корреляция между объективными измерениями и субъективными оценками участников составила 0.91 ($p < 0.001$).

Сравнительный анализ с профессиональным устройством Empatica E4 показал сопоставимую точность при 30-кратном снижении стоимости. Общая стоимость компонентов разработанной системы составляет около \$50, что делает ее доступной для массового применения.

Интеграция с облачными сервисами

Система использует облачную платформу Firebase для хранения и анализа данных. Архитектура включает три основных компонента: Firebase Realtime Database для потоковой передачи физиологических данных, Firebase Authentication для безопасной идентификации пользователей и Firebase Functions для серверной обработки и анализа [9].

Мобильное приложение, разработанное на React Native, обеспечивает кроссплатформенную совместимость и интуитивный интерфейс для визуализации эмоционального состояния. Реализованы функции

долгосрочного анализа трендов, экспорта данных для клинического использования и настраиваемых уведомлений при обнаружении аномальных паттернов.

Клиническое применение и перспективы

Разработанная система открывает новые возможности в различных областях. В клинической психологии система позволяет терапевтам получать объективные данные об эмоциональных паттернах пациентов между сессиями, выявлять скрытые триггеры и оценивать эффективность терапевтических интервенций [9].

В реабилитационной медицине мониторинг эмоционального состояния дополняет физические показатели восстановления. Исследования подтверждают прямую связь между эмоциональным благополучием и скоростью физической реабилитации.

Корпоративное применение включает программы предотвращения профессионального выгорания. Агрегированные данные о стрессе сотрудников (с соблюдением конфиденциальности) позволяют HR-службам проактивно оптимизировать рабочую нагрузку и психологический климат.

Заключение

Представленная IoT-система для мониторинга эмоционального состояния демонстрирует возможность создания доступных технологий профессионального уровня в области психического здоровья. Достижение 84.7% точности классификации эмоций при стоимости в \$50 представляет собой значительный прорыв в демократизации инструментов мониторинга психического здоровья.

Открытая архитектура системы и использование общедоступных компонентов способствуют дальнейшему развитию технологии мировым сообществом исследователей. Будущие направления развития включают интеграцию дополнительных сенсоров, совершенствование алгоритмов машинного обучения и расширение клинических применений.

Важно подчеркнуть, что технология не заменяет, а дополняет профессиональную психологическую помощь, предоставляя объективные данные для более эффективной диагностики и терапии. В эпоху глобальных вызовов психическому здоровью, доступные технологии мониторинга эмоций становятся не роскошью, а необходимостью для создания более здорового и осознанного общества.

Список литературы

1. Critchley H.D. Autonomic nervous system activity in emotion: a review // Biological Psychology. 2010. Vol. 84, No. 3. P. 463-473.
URL: <https://www.who.int/publications/i/item/depression-global-health-estimates> (дата обращения: 27.06.2025).
2. Empatica Inc. E4 wristband technical specifications. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.empatica.com/research/e4/> (дата обращения: 27.06.2025).

3. Maxim Integrated Products. MAX30100 Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC Datasheet. Rev. 034. San Jose: Maxim Integrated, 2014. 34 p.
URL:<https://www.alldatasheet.com/htmlpdf/879178/MAXIM/MAX30100/151/1/MAX30100.html> (дата обращения: 27.06.2025).
4. Kashapov N.F., Nafikov M.M., Gilmanshin I.R., Nigmatzyanov A.R. Recycling of wastes of agricultural production and rural settlements to produce biogas and organic matter iop conference series: materials science and engineering. 2018. URL:
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38644805>
5. Boucsein W. Electrodermal Activity. 2nd ed. New York: Springer Science & Business Media, 2012. 618 p. URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=59850662> (дата обращения: 27.06.2025).
6. Espressif Systems. ESP32 Series Datasheet. Version 3.8. Shanghai: Espressif Systems, 2025. 72 p.
URL:https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
(дата обращения: 27.06.2025).
7. Task Force of the European Society of Cardiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use // European Heart Journal. 1996. Vol. 17, No. 3. P. 354-381. URL:<https://www.escardio.org/static-file/Escardio/Guidelines/Scientific-Statements/guidelines-Heart-Rate-Variability-FT-1996.pdf>
(дата обращения: 20.06.2025).
8. Google LLC. Firebase Documentation: Real-time Database Security Rules. URL:
<https://firebase.google.com/docs/database/security> (дата обращения: 20.06.2025).
9. Rantanen E.M., Goldberg J.H. The effect of mental workload on the visual field size and shape // Ergonomics. 1999. Vol. 42, No. 6. P. 816-834.
URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10340026/> (дата обращения: 20.06.2025).

УДК 004+159

Титова Е.В., Кибыш А.И.

*Калининградский филиал Санкт-Петербургского государственного аграрного университета,
Полесск, Россия*

Возможности, достоинства и этические проблемы искусственного интеллекта и когнитивных технологий

Аннотация. В настоящей статье рассматриваются возможности и преимущества искусственного интеллекта, алгоритмы которого построены по образцу человеческого мышления. Искусственный интеллект во многом превосходит возможности человека анализировать большие объемы информации и на этой основе принимать правильные решения. В то же время искусственный интеллект не лишен ряда существенных недостатков. Искусственный интеллект не обладает чувствами и не способен выражать эмоции. Эта проблема – одна из многих на пути дальнейшего развития искусственного интеллекта, который, несомненно, значительно улучшит жизнь современного человеческого общества.

Ключевые слова: искусственный интеллект; алгоритм, этика, когнитивные технологии, обучение с подкреплением.

Titova E.V., Kibysh A.I.

Possibilities, advantages and ethical issues of artificial intelligence and cognitive technologies

Abstract. This article examines the possibilities and advantages of artificial intelligence, whose algorithms are modeled on human thinking. Artificial intelligence in many ways surpasses human capabilities to analyze large amounts of information and make the right decisions based on this. At the same time, artificial intelligence is not without a number of significant drawbacks. Artificial intelligence has no feelings and is unable to express emotions. This problem is one of many on the path of further development of artificial intelligence, which will undoubtedly significantly improve the life of modern human society.

Keywords: artificial intelligence; algorithm, ethics, cognitive technologies, reinforcement learning.

Искусственный интеллект — одно из самых революционных технологических достижений XXI века, которое затрагивает все аспекты человеческой жизни. Мы ежедневно пользуемся ее инструментами, даже если мы не полностью осознаем это. Молодые поколения растут в окружении технологий на основе искусственного интеллекта: от медицинских систем в больницах до интеллектуальных устройств повседневного использования, передовых алгоритмов для персонализации опыта пользователей. По мере развития технологии искусственного интеллекта, этические проблемы, стоящие за ней, становятся все более заметными. Психология и, в частности, когнитивная психология, играет ключевую роль в изучении и определении основы для развития этой технологии, корни которой часто находятся в человеческом мышлении и когнитивных процессах.

Развитие искусственного интеллекта и когнитивной психологии взаимосвязано. Психология познавательная, изучающая процессы обработки информации и принятия решений людьми стала источником вдохновения для создателей искусственного интеллекта.

В 50-е гг. XX века ученые начали моделирование компьютеров на основе человеческого мозга. Алгоритмы машинного обучения, которые в настоящее время управляются искусственным интеллектом, являются прямым результатом деятельности человеческого мозга. Как отмечает Ж. – Ф. Боннефон, «многие из этих современных технологий основаны на предположениях когнитивной психологии, которые имели ключевое влияние на развитие нейронных сетей и систем машинного обучения» [8]. Нейронные сети, являющиеся одним из ключевых механизмов в искусственном интеллекте, основаны на структурах биологических нейронов. В этих системах, как и в человеческом мозге, люди учатся обрабатывать информацию, выявляют закономерности и адаптируют свои действия на основе предыдущего опыта. Это моделирование человеческого разума, происходящее непосредственно из когнитивной психологии, позволило разработать алгоритмы, способные обрабатывать информацию «по-человечески» [2].

Когнитивная психология занимается изучением таких процессов, как память, восприятие, принятие решений и решение проблем. Эти аспекты также имеют решающее значение в контексте развития искусственного интеллекта. Машинное обучение, являющееся одним из столпов искусственного интеллекта, основано на тех же принципах, что и процессы обучения у людей. Алгоритмы обучаются на основе больших массивов данных, учатся распознавать шаблоны и принимать решения на основе предыдущего опыта. Одним из наиболее важных механизмов в этом контексте является обучение с подкреплением, которое заключается в вознаграждении алгоритма за правильные решения и наказание за ошибочные выборы. Современная теория обучения с подкреплением основана на психологических исследованиях процессов вознаграждения и наказания в человеческом контексте поведения, что позволяет искусственному интеллекту более эффективно усваивать новую информацию.

Эта теория основана на бихевиоризме, то есть на том, как организм постепенно развивается, в ожидании стимулов в ответ на награды или наказания. Это приводит к привычному поведению, которое приносит максимальную пользу.

Однако, несмотря на передовые механизмы машинного обучения, искусственный интеллект все еще сталкивается с некоторыми ограничениями. В отличие от людей, искусственный интеллект не обладает способностями к сочувствию, эмоциям или полному пониманию социального контекста. Самая важная особенность, которая отличает

людей от машин, это способность понимать намерения, мотивацию и эмоции других людей – так называемая «теория разума».

Люди могут предвидеть, что другие думают и чувствуют, что является ключом к построению отношений и эффективному общению. Искусственный интеллект, хотя и способен анализировать данные и принимать сложные решения, не обладает чувствами.

Несмотря на то, что искусственный интеллект может имитировать процессы мышления человека, у него отсутствуют способности сопереживать и понимать эмоции, что остается одной из самых больших проблем этой технологии, стоящих перед ее дальнейшим развитие.

Искусственный интеллект уже находит широкое применение в различных сферах человеческой деятельности. Например, в медицине, особенно в диагностике. Алгоритмы искусственного интеллекта способны анализировать огромные объемы медицинских данных, помогая врачам принимать правильные диагностические и терапевтические решения. Как утверждают специалисты, «искусственный интеллект позволяет избежать ошибок, вызванных «человеческим фактором», так как часто специалисты упускают важные детали и признаки заболеваний из-за усталости или невозможности сконцентрироваться, а также из-за отсутствия специальной профессиональной подготовки»[6]. Например, системы диагностика на основе искусственного интеллекта могут анализировать медицинские изображения, такие как рентген или компьютерная томография, а также выявление ранних признаков заболеваний, которые могут быть упущены человеком [1].

Одной из областей, в которой искусственный интеллект может оказать особенно положительное влияние, является клиническая психология. Терапевтические чат-боты, основанные на алгоритмах когнитивно-поведенческих методов, становятся все более популярными в качестве инструмента для поддержки и лечения пациентов, страдающих депрессией, тревогой или стрессом. Эти программы, анализируя ответы пациентов, могут оказывать индивидуальное консультирование и эмоциональную поддержку, что является особенно полезным в тех случаях, когда доступ к традиционной терапии ограничен [4].

Однако, несмотря широкое распространение, искусственный интеллект может играть лишь вспомогательную роль в терапии, так как он все еще не может заменить терапевта. Ему все еще не хватает способности сопереживать и понимать человеческие эмоции.

Развитие искусственного интеллекта ставит перед нами новые этические и моральные проблемы. По мере того, как искусственный интеллект становится все более автономным, возникают вопросы о ответственность за решения, принимаемые машинами. Например, в случае беспилотных автомобилей, которые сами решают, как реагировать в кризисных ситуациях, возникает моральная дилемма: кто должен нести

ответственность за ошибки машины? Боннефон решает эту проблему, указывая на то, что «машины можно рассматривать как моральных агентов, которые принимают решения, влияющие на жизнь человека» [2], что требует от нас переосмысления и понимания, какие этические нормы должны регулировать деятельность искусственного интеллекта [5].

Одним из примеров этой дилеммы является вопрос о том, насколько автономным должен быть автомобиль, чтобы реагировать в ситуации, когда ему приходится выбирать между защитой пассажира и спасением пешехода. Это проблема, которая ставит нас перед новыми моральными проблемами, потому что решения, принятые машиной, могут иметь далеко идущие последствия для жизни человека. Как подчеркивает Боннефон, «алгоритмы искусственного интеллекта могут оптимизировать процессы принятия решений, но в то же время они могут привести к несправедливым результатам, если они основаны на предвзятости или неадекватно спроектированы». Вот почему так важно, чтобы развитие искусственного интеллекта строго контролировалось и регулировалось государством и обществом, чтобы гарантировать, что он действует в соответствии с этическими и социальными нормами и ценностями.

В контексте психологии и медицины этические проблемы искусственного интеллекта особенно актуальны. Например, для диагностических систем, которые определяют лечение пациентов, возникает вопрос о справедливости и равенстве. Критики отмечают, что алгоритмы могут отдавать предпочтение определенным социальным группам, что приводит к предвзятости в доступе к медицинской помощи. Применение искусственного интеллекта в этих областях требует осторожности и постоянной проверки, чтобы избегать ситуаций, когда технология приносит больше вреда, чем пользы.

С точки зрения будущего, искусственный интеллект имеет потенциал для преобразования многих аспектов нашей жизни. По мере развития технологий мы должны спросить себя, как использовать эти возможности этично и ответственно. Как указывает Тейлор, «эти технологии могут значительно улучшить качество жизни, но их применение должно быть контролируемо для предотвращения злоупотреблений» [3].

Важным элементом будущего развития искусственного интеллекта является регулирование и этика. Мы должны позаботиться о том, чтобы системы искусственного интеллекта разрабатывались и внедрялись в соответствии с социальными и этическими ценностями.

Соответствующие правила должны охватывать не только технические аспекты деятельности алгоритмов, но и их влияние на общество. Крайне важно, чтобы ученые, инженеры, психологи и этики работали вместе над созданием нормативной базы, которая будет учитывать как инновации, так и человеческие ценности. Мы считаем, что время для создания таких нормативных документов уже наступило.

Интересным аспектом, связанным с психологией, является распознавание эмоций искусственным интеллектом, основанном на мимике лица, фотографии или короткометражном фильме. Возможно, это поможет в исследованиях, но в то же время возникают реальные опасения, что благодаря этому искусственный интеллект получит возможность контролировать и манипулировать людьми. И эти возможности искусственного интеллекта уже стали инструментом влияния в руках многочисленных мошенников.

В общем, искусственный интеллект – это мощный инструмент, который может принести много преимуществ, но и порождает серьезные проблемы. Мы должны подойти к данной проблеме с осторожностью, пониманием ее ограничений и полном осознании этических дилемм, которые тесно связаны с развитием искусственного интеллекта. Только тогда мы сможем использовать его потенциал, чтобы в полной мере использовать блага, которые он приносит человечеству.

Список литературы

1. Ashutosh Tiwari, Soumya Mishra & Tsung-Rong Kuo. Current AI technologies in cancer diagnostics and treatment – URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.0a22080d-683de709-6e315fc5-74722d776562/https/molecular-cancer.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12943-025-02369-9 (дата обращения: 02.06.2025)
2. Bonnefon, J.-F., Rahwan, I., & Shariff, A. The moral psychology of artificial intelligence – 2024 – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37722750/> (дата обращения: 02.06.2024)
3. Taylor, K. Ethical concerns in artificial intelligence. //AI & Ethics — 2021 – 9 (2), - p.34-49.
4. Дроворуб О.А. Влияние искусственного интеллекта на развитие психологии – URL: <https://www.b17.ru/blog/409312/> (дата обращения: 02.06.2025)
5. Носков Денис. Технологии и мораль: должны ли машины принимать этические решения? Как искусственный интеллект может стать моральным субъектом? – URL: <https://vc.ru/ai/1678459-tehnologii-i-moral-dolzhen-li-mashiny-prinimat-eticheskie-resheniya-kak-iskusstvennyi-intellekt-mozhet-stat-moralnym-subektom> (дата обращения: 30.05.2025)
6. Пирогова Елизавета. Доктор-робот: зачем медицине искусственный интеллект – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/636a25f59a79473d65f05aa2> (дата обращения: 01.06.2025)
7. Руденкова Инна. Искусственный интеллект для психологов: 23 варианта использования. – URL: <https://kvitly.com/ru/blog/iskusstviennyi-intielliekt-dlia-psikhologhov-23-varianta-ispolzovaniia> (дата обращения: 02.06.2025)
8. Сущин Михаил Александрович. Реф. ст.: Боннефон Ж.-Ф., Рахван И. Машинное мышление, быстрое и медленное // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Сер. 8, Науковедение: Реферативный журнал. — 2021. — №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ref-st-bonnefon-zh-f-rahvan-i-mashinnoe-myshlenie-bystroie-i-medlennoe> (дата обращения: 02.06.2025).

УДК 004.42

*Белоцерковский К. И., Мозгляков Г. А., Крапивин Д. О., Ильинский А. Д.,
Хлебников Н. А.*

Уральский Федеральный Университет имени первого президента России Б. Н. Ельцина.

Разработка веб-сервиса для автоматической сегментации печени на КТ-снимках

Аннотация. Статья посвящена разработке и внедрению веб-сервиса для автоматической сегментации печени на КТ-снимках. Основная задача – интеграция современных методов сегментации, построения 3D-модели и последующего расчёта объёма органа с возможностью виртуального разрезания модели для детального исследования анатомической структуры, чтобы сократить время обработки данных и повысить точность диагностики. В статье рассматриваются теоретические основы сегментации изображений, включая использование современных методов глубокого обучения. Особое внимание уделено моделям YOLOv11-seg, U-Net и SAM 2, которые были протестированы на задаче сегментации печени. В работе рассматривается построение трехмерной модели печени на основе сегментированных КТ-снимков. Для визуализации результатов сегментации применялись методы построения 3D-моделей на базе марширующих кубов и поверхностной интерполяции. Описаны этапы предобработки данных, включая преобразование формата DICOM в стандартные графические форматы (JPEG, PNG) с использованием библиотеки `dicom2jpg`. Разработанный веб-сервис включает серверную часть, построенную на базе FastAPI, и клиентскую часть, реализованную с использованием React. Он нацелен на оптимизацию рабочих процессов в медицинских учреждениях, снижение нагрузки на специалистов и улучшение качества диагностики.

Ключевые слова: Автоматическая сегментация, печень, КТ-снимки, глубокое обучение, YOLOv11-seg, U-Net, SAM 2, 3D-моделирование, объём органа, облако точек, FastAPI, React, Docker, CLANE, DICOM

*Belotserkovsky K. I., Mozglyakov G. A., Krapivin D. O., Ilyinsky A. D.,
Khlebnikov N. A*

Development of a web service for automatic segmentation of the liver on CT images

Abstract. The article is devoted to the development and implementation of a web service for automatic liver segmentation on CT images. The main objective is to integrate modern segmentation methods, construct a 3D model and then calculate the organ volume with the ability to virtually cut the model for a detailed study of the anatomical structure in order to reduce data processing time and improve diagnostic accuracy. The article discusses the theoretical foundations of image segmentation, including the use of modern deep learning methods. Particular attention is paid to the YOLOv11-seg, U-Net and SAM 2 models, which were tested on the task of liver segmentation. The paper considers the construction of a three-dimensional liver model based on segmented CT images. To visualize the segmentation results, methods for constructing 3D models based on marching cubes and surface interpolation were used. The stages of data preprocessing are described, including converting the DICOM format to standard graphic formats (JPEG, PNG) using the `dicom2jpg` library. The developed

web service includes a server part built on the basis of FastAPI and a client part implemented using React. It is aimed at optimizing work processes in medical institutions, reducing the workload of specialists and improving the quality of diagnostics.

Keywords: Automatic segmentation, liver, CT images, deep learning, YOLOv11-seg, U-Net, SAM 2, 3D modeling, organ volume, point cloud, FastAPI, React, Docker, CLANE, DICOM

1. Введение

Медицинские изображения играют ключевую роль в диагностике и лечении различных заболеваний [1]. Они позволяют визуализировать внутренние органы и структуры, предоставляя врачам и исследователям важную информацию для постановки диагноза, планирования лечения и мониторинга состояния пациентов. Одним из важнейших этапов анализа медицинских изображений является сегментация органов, которая позволяет выделить области интереса, определить их границы и выявить патологические изменения, такие как опухоли, воспаления или повреждения тканей. Автоматизация данного процесса способствует ускорению диагностики, повышению её точности и снижению вероятности человеческой ошибки.

Традиционные методы обработки данных, основанные на ручной сегментации, требуют участия квалифицированных специалистов и значительных временных затрат. Кроме того, такие подходы подвержены субъективности и вариативности результатов, особенно при обработке больших объемов медицинских данных. Это делает ручную сегментацию неэффективной в условиях растущего потока информации, поступающей из современных диагностических систем.

Развитие технологий глубокого обучения открыло новые возможности для автоматизированного анализа медицинских изображений [19]. Современные модели нейронных сетей, такие как YOLO, U-Net и DeepLab, продемонстрировали высокую эффективность в задачах сегментации благодаря способности учитывать сложные пространственные взаимосвязи на изображениях [2]. Эти методы позволяют значительно ускорить процесс анализа и обеспечить высокую точность при выделении объектов, даже в случае нечетких границ или низкого качества исходных данных.

Однако одним из значимых ограничений двумерной сегментации является недостаточная визуализация анатомических структур в трехмерном пространстве. Это особенно важно при подготовке к хирургическим вмешательствам и проведении сложных медицинских процедур. В связи с этим все большее внимание уделяется методам 3D-реконструкции органов, позволяющим формировать точные модели анатомических структур на основе послойных КТ-снимков.

В данной работе предлагается разработка веб-сервиса, который объединяет автоматическую сегментацию печени на КТ-снимках и последующее построение её трехмерной модели. 3D-реконструкция выполняется с использованием метода марширующих кубов (Marching Cubes) и поверхностной интерполяции, что позволяет получить детализированное представление органа [7]. Для визуализации и обработки трехмерных данных применяются библиотеки VTK и PyVista, обеспечивающие высокую точность и удобство работы с 3D-моделями.

Несмотря на очевидные преимущества автоматизированных решений, их внедрение в медицинскую практику сопряжено с рядом вызовов. Во-первых, требуется тщательная настройка и обучение моделей на высококачественных наборах данных для обеспечения высокой точности сегментации [8]. Во-вторых, необходима предварительная обработка исходных данных, включая преобразование форматов, нормализацию интенсивностей и фильтрацию шумов, что критически важно для получения корректных результатов. В-третьих, важно создать удобный и интуитивно понятный интерфейс, интегрируемый в существующие рабочие процессы клинических учреждений.

В данной работе рассматриваются основные этапы создания веб-сервиса, включающего автоматическую сегментацию печени на КТ-снимках и построение её 3D-модели. Представлены теоретические аспекты сегментации и трехмерной реконструкции, а также практическая реализация системы, включая обработку данных, выбор и обучение моделей, разработку серверной и клиентской части. Экспериментальные результаты подтверждают эффективность предлагаемого подхода для клинической практики, открывая перспективы дальнейшего развития сервиса, включая поддержку сегментации других органов и автоматическое выявление патологий.

2. Теоретические основы

2.1. Сегментация изображений

Сегментация изображений является ключевой задачей в компьютерном зрении, особенно в области медицинской диагностики. Она позволяет разделить изображение на смысловые области, каждая из которых соответствует определенным структурам или органам. Это критически важно для точного анализа медицинских изображений, таких как КТ, МРТ или рентгеновские снимки, где требуется выделить патологические изменения, определить размеры и форму органов или отследить прогресс лечения.

Формально сегментация представляет собой задачу классификации каждого пикселя изображения [5]. Этот процесс можно описать математической функцией F , которая принимает на вход изображение I и возвращает маску M :

$$F(I)=M,$$

где:

- I — входное изображение, состоящее из пикселей, каждый из которых имеет определенное значение яркости или цвета.
- M — маска, представляющая собой двумерный массив тех же размеров, что и I , но где каждый пиксель содержит метку класса, например, 0 для фона, 1 для печени, 2 для патологий.

Основная цель сегментации заключается в минимизации функции потерь L , которая измеряет расхождение между предсказанной маской \hat{M} и истинной маской M [9]. Для этой задачи используются различные функции потерь, такие как:

1. **Бинарная кросс-энтропия:**

$$L = -i\sum[Mi \cdot \log(M^i) + (1 - Mi) \cdot \log(1 - M^i)],$$

где M_i — истинное значение класса для пикселя i , а \hat{M}_i — предсказанная вероятность принадлежности к этому классу.

2. **Dice Loss:**

$$L = 1 - \frac{2 \cdot TP}{2 \cdot TP + FP + FN},$$

где: TP (True Positive) — количество правильно предсказанных пикселей класса, FP (False Positive) — ложные срабатывания, FN (False Negative) — пропущенные пиксели класса.

Современные подходы к сегментации изображений используют сверточные нейронные сети (CNN), которые обучены на больших объемах данных [3]. Такие сети способны эффективно обрабатывать сложные структуры изображений благодаря использованию фильтров, которые выделяют характерные признаки, такие как края, текстуры или формы объектов.

Сверточные слои выполняют операцию свертки, которая формально определяется как:

$$F(i, j) = \sum m \sum n l(i + m, j + n) K(m, n),$$

где K — ядро свертки (фильтр), а $F(i, j)$ — значение пикселя на выходе после применения фильтра.

В медицинской диагностике особое значение имеют контекстуальные признаки, такие как форма и расположение органов. Поэтому современные модели, такие как U-Net, DeepLab и YOLOv11-seg, интегрируют многоуровневую информацию, чтобы учитывать как локальные, так и глобальные взаимосвязи в изображении [4].

Для повышения точности используются подходы, такие как:

- Мультимасштабная обработка, позволяющая учитывать как крупные, так и мелкие детали.
- Дилатационные свертки, которые увеличивают область восприятия модели без увеличения параметров.
- Пространственно-пирамидальные пулинговые слои (SPP), которые объединяют признаки на разных масштабах.

Таким образом, сегментация изображений является сложной, но мощной задачей, особенно в контексте медицинской диагностики, где высокая точность и способность учитывать пространственные особенности критически важны. В следующих разделах описаны архитектуры моделей, специально адаптированных для автоматической сегментации печени на КТ-снимках.

2.2. Архитектуры моделей

Современные архитектуры нейронных сетей для сегментации изображений играют ключевую роль в автоматизации анализа медицинских данных. В данном исследовании были протестированы модели U-Net, YOLOv11n-seg, YOLOv11s-seg, SAM 2 и Segment-anything. Каждая из них имеет свои преимущества, ограничения и области применения.

U-Net

U-Net — классическая модель для медицинской сегментации, которая широко используется благодаря своей эффективности на малых наборах данных [6, 9, 10, 14]. Архитектура U-Net основана на encoder-decoder подходе, который позволяет извлекать как локальные, так и глобальные признаки изображения.

1. Структура модели:

- Encoder (кодировщик): извлекает признаки изображения, применяя последовательные сверточные слои и операции пулинга. Это уменьшает размерность изображения, сохраняя ключевые характеристики.
- Decoder (декодировщик): восстанавливает пространственную размерность изображения, используя транспонированные свертки. На этапе декодирования объединяются признаки из encoder через skip

connections (пропуски), что позволяет сохранить детализированную информацию.

2. Преимущества:

- Высокая точность: модель показывает отличные результаты даже на небольших наборах данных.

- Гибкость: U-Net может быть адаптирована для различных задач, включая медицинскую сегментацию.

3. Ограничения:

- Сложности с крупными изображениями: стандартная версия U-Net может быть неэффективной для обработки больших изображений.

- Выбор гиперпараметров: для достижения оптимальных результатов требуется тщательная настройка параметров модели.

YOLOv11n-seg и YOLOv11s-seg

YOLOv11n-seg и YOLOv11s-seg представляют собой улучшенные версии модели YOLO, специально адаптированные для задач сегментации [11]. Эти модели сочетают возможности детекции объектов и их сегментации, обеспечивая высокую скорость и точность работы.

1. YOLOv11n-seg:

- Эта версия модели предназначена для использования в условиях с ограниченными вычислительными ресурсами.

- Точность: модель достигла IoU 94%, что делает её эффективным решением для задач, где требуется баланс между точностью и скоростью.

2. YOLOv11s-seg:

- Модель с улучшенными характеристиками точности за счёт более сложной архитектуры.

- Точность: IoU 96%, что делает её наиболее подходящей для задач, требующих максимальной точности сегментации.

3. Преимущества YOLOv11-сегментации:

- Высокая скорость работы: благодаря оптимизированной архитектуре YOLO обеспечивает обработку изображений в реальном времени.

- Универсальность: поддерживает многозадачность, позволяя одновременно выполнять детекцию и сегментацию объектов.

4. Ограничения:

- Требуется значительных вычислительных ресурсов для обучения.

- Модель может быть чувствительна к качеству исходных данных, например, к шуму или низкому разрешению.

SAM 2

SAM 2 (Segmentation Anything Model версии 2) — универсальная модель, обученная на обширных данных для решения широкого круга

задач сегментации [20]. Она ориентирована на генерализацию и применение без необходимости дообучения.

1. Характеристики:

- Масштабируемость: модель способна обрабатывать различные типы изображений, включая медицинские, без предварительной адаптации.

- Автоматическое выделение объектов: SAM 2 автоматически сегментирует объекты, используя обученные признаки.

2. Точность:

- В контексте сегментации печени модель показала IoU 83%, что указывает на её ограниченную эффективность в данной задаче.

3. Ограничения:

- Низкая точность на специфичных задачах.

- Ограниченная возможность адаптации к медицинским данным.

Segment-anything

Segment-anything — ещё одна универсальная модель, разработанная для выполнения задач сегментации в самых разных областях. Она сочетает автоматическую и интерактивную сегментацию, позволяя пользователю уточнять результаты.

1. Особенности:

- Интерактивность: пользователи могут вручную указывать области интереса для улучшения сегментации.

- Гибкость: модель адаптируется к разным типам изображений.

2. Точность:

- Модель показала IoU 86% при сегментации печени, что выше, чем у SAM 2, но уступает YOLOv11-сегментации.

3. Ограничения:

- Зависимость от качества исходных данных: шум или низкое разрешение могут существенно снизить производительность модели.

- Требуется дополнительное взаимодействие пользователя для достижения оптимальных результатов.

3. Обработка данных

Обработка данных является одним из ключевых этапов при создании систем для автоматической сегментации медицинских изображений. Корректная обработка исходных данных не только повышает точность моделей, но и обеспечивает стабильность их работы на разнообразных наборах данных [12].

3.1. Работа с форматом DICOM

Формат DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) является стандартом для хранения и передачи медицинских изображений. Его популярность обусловлена тем, что он сочетает изображение высокого качества с метаданной, содержащей важные данные:

- Информация о пациенте (имя, возраст, пол, уникальный идентификатор).
- Параметры оборудования (тип аппарата, настройки съемки).
- Пространственные данные (разрешение изображения, масштаб).

DICOM используется во всех основных системах медицинской визуализации, включая КТ, МРТ и рентгеновские аппараты. Однако, несмотря на его преимущества, формат DICOM сложен для прямого использования в системах глубокого обучения, так как модели требуют данных в стандартных форматах, таких как JPEG или PNG.

Для преобразования DICOM-изображений в удобные для обработки форматы в рамках проекта использовалась библиотека **dicom2jpg**. Основные этапы преобразования включали:

1. Чтение файла DICOM с помощью библиотеки **dicom2jpg**.
2. Извлечение матрицы интенсивностей пикселей.
3. Преобразование матрицы в изображение формата JPEG или PNG.
4. Сохранение изображения с учетом пространственной информации.

Использование **dicom2jpg** упрощает интеграцию медицинских данных с моделями глубокого обучения и делает их совместимыми со стандартными инструментами анализа. Преобразование также позволяет выполнять предобработку изображений, включая нормализацию интенсивностей и фильтрацию.

Преимущества использования dicom2jpg:

- Поддержка широкого спектра форматов вывода.
- Сохранение исходного качества изображений.
- Простота интеграции с системами анализа данных.

Однако преобразование данных из DICOM требует тщательной проверки, чтобы избежать потерь пространственной информации или артефактов, которые могут повлиять на точность сегментации.

3.2. Нормализация и улучшение изображений

После преобразования DICOM-изображений в JPEG/PNG данные подвергались дополнительной предобработке для повышения качества. Это включало нормализацию интенсивностей пикселей, адаптивное контрастирование и устранение шумов.

1. Нормализация интенсивностей пикселей:

- Цель нормализации — привести интенсивности пикселей к диапазону [0, 1] или [0, 255], что упрощает обработку данных моделью.

- Нормализация устраняет вариации в яркости изображений, вызванные разными настройками оборудования, и делает данные более однородными.

2. Адаптивное контрастирование (CLAHE):

- **CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)** используется для улучшения различимости границ объектов.

- Традиционное гистограммное выравнивание применяется ко всему изображению, что может привести к усилению шума. CLAHE, напротив, работает с локальными областями, адаптируясь к их содержанию, и ограничивает усиление контраста для предотвращения артефактов.

- Это особенно полезно для медицинских изображений, где детали в светлых и темных областях могут быть критически важны для диагностики.

3. Удаление шумов:

- Медицинские изображения часто содержат шумы, возникающие из-за оборудования или параметров съемки. Для их устранения использовались фильтры, такие как:

- **Гауссов фильтр:** сглаживает изображение, уменьшая мелкие шумы.

- **Медианный фильтр:** удаляет выбросы, сохраняя границы объектов.

4. Сжатие и масштабирование:

- Для оптимизации хранения и обработки изображения сжимались до заданного размера, совместимого с входными слоями модели.

- Масштабирование сохраняло пропорции изображения, что предотвращало искажение формы объектов.

Этап обработки данных играет решающую роль в обеспечении стабильности и точности работы модели. Использование формата DICOM позволяет сохранить максимум диагностической информации, в то время как преобразование и предобработка делают данные совместимыми с архитектурами глубокого обучения [13]. Подходы, применённые в рамках данного проекта, доказали свою эффективность, повысив качество входных данных и, как следствие, точность сегментации.

4. Методы и модели

В данном разделе описаны основные модели, использованные в задаче сегментации печени на КТ-снимках, а также результаты их тестирования.

4.1. YOLOv11-seg

YOLOv11-seg — это модернизированная архитектура YOLO, объединяющая детекцию объектов и сегментацию. Её ключевая особенность — высокая скорость работы, что делает модель подходящей для применения в реальном времени.

- **YOLOv11n-seg**: версия с уменьшенным числом параметров для работы на устройствах с ограниченными вычислительными ресурсами. Показала точность IoU **94%**.

- **YOLOv11s-seg**: более сложная версия, обеспечивающая наивысшую точность среди протестированных моделей — IoU **96%**.

4.2. U-Net

U-Net — классическая архитектура для медицинской сегментации, построенная на encoder-decoder структуре [15]. Она сочетает извлечение признаков с восстановлением пространственных деталей изображения. Модель показала стабильные результаты с точностью IoU **91%**.

4.3. SAM 2

SAM 2 предназначена для универсальной сегментации без предварительного обучения на специфичных наборах данных. Однако в задаче сегментации печени её точность оказалась ограниченной — IoU **83%**.

4.4. Segment-anything



Segment-anything представляет собой гибридную модель с поддержкой автоматической и интерактивной сегментации. Её точность в данной задаче составила **IoU 86%**, что выше SAM 2, но уступает специализированным моделям.

4.5. Сравнительные результаты

На графике ниже представлены результаты тестирования различных моделей по метрике IoU (Intersection over Union). На графике видно, что YOLOv11s-seg достигла наивысшей точности среди всех моделей.

Рис. 1 Сравнение моделей сегментации

5. Построение 3D Модели

В данном разделе описаны основные методы и алгоритмы, использованные для построения трехмерной модели печени на основе сегментированных КТ-снимков, а также результаты их тестирования.

Marching Cubes

Метод (Marching Cubes) является классическим алгоритмом построения 3D-поверхностей на основе воксельных данных [16]. Он используется для реконструкции анатомических структур из набора двумерных изображений, полученных в результате сегментации. Основное преимущество метода — высокая детализация создаваемых моделей при сравнительно низких вычислительных затратах.

Marching Cubes (стандартная версия):

Обеспечивает точную реконструкцию поверхности, но может генерировать избыточное количество полигонов, что увеличивает нагрузку на систему.

Marching Cubes (оптимизированная версия с фильтрацией малых объектов):

Позволяет уменьшить количество полигонов и повысить эффективность работы модели без значительной потери качества визуализации.

Poisson Surface Reconstruction

Метод Poisson Surface Reconstruction основан на восстановлении поверхности по нормальным векторам точек. Он обеспечивает сглаживание и устранение шумов, что делает его полезным при реконструкции сложных поверхностей печени.

- **Poisson Surface Reconstruction (глубина 8):** Позволяет получать сглаженные модели с минимальными артефактами, но требует значительных вычислительных ресурсов.

- **Poisson Surface Reconstruction (глубина 6, оптимизированная версия):** Балансирует качество и производительность, сокращая время генерации модели.

Delaunay Triangulation

Метод триангуляции Делоне применяется для построения трехмерных сеток. Он хорошо подходит для адаптивной генерации моделей с учетом плотности точек, но может создавать избыточные полигоны в областях с высокой детализацией.

- **Delaunay Triangulation (плотность 1.0):** Обеспечивает высокую детализацию, но требует дополнительной постобработки.

- **Delaunay Triangulation (с упрощением сетки):** Позволяет снизить количество полигонов, сохраняя основные анатомические структуры печени.

Сравнительные результаты

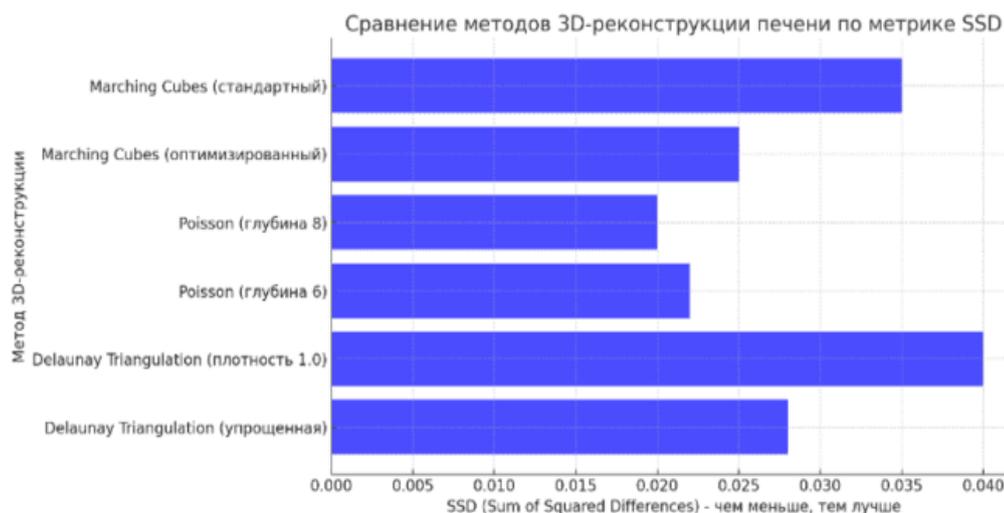


Рис. 2 Сравнение методов построение 3D модели

На графике выше представлены результаты тестирования различных методов 3D-реконструкции по метрике **SSD (Sum of Squared Differences)**, которая оценивает отклонение 3D-модели от исходных данных.

Проанализировав несколько подходов, мы решили использовать альтернативный подход – построение 3D-модели на основе облака точек [17]. При использовании данного подхода, после этапа сегментации выделяются ключевые точки, характеризующие границы печени. Эти точки формируют облако, отражающее пространственное распределение структуры органа. Преимущества такого метода заключаются в следующем:

- **Высокая детализация:** Обработка облака точек позволяет сохранить мелкие анатомические особенности, что критически важно для точного предоперационного планирования.
- **Гибкость реконструкции:** В отличие от фиксированных сеточных алгоритмов (например, марширующих кубов), облако точек допускает применение адаптивных алгоритмов (например, методов Delaunay-триангуляции или Poisson-реконструкции), что обеспечивает плавное отображение сложных поверхностей.
- **Точность расчёта объёма:** Анализ распределения точек позволяет проводить интегральные расчёты, точно определяя объём печени с учётом её неровной поверхности.

После получения облака точек применяется алгоритм фильтрации и интерполяции, который не только реконструирует непрерывную поверхность органа, но и формирует корректную полигональную сетку для дальнейшего анализа. Такой подход позволяет проводить виртуальное разрезание модели по произвольным осям, что значительно расширяет возможности диагностики и подготовки к хирургическим вмешательствам.

6. Разработка веб-сервиса

Разрабатываемый веб-сервис объединяет в себе несколько ключевых модулей:

- **Сегментация печени на КТ-снимках:** Интеграция современных алгоритмов глубокого обучения обеспечивает высокую точность и скорость обработки данных.

- **Построение 3D-модели:** Сегментированные данные преобразуются в облако точек, из которого формируется детализированная 3D-модель печени. Пользователь получает возможность интерактивно просматривать модель, осуществлять масштабирование, вращение и анализ сложных участков органа. **Расчёт объёма органа:** На основе полученной модели производится автоматический расчёт объёма, что может быть использовано для мониторинга динамики изменений или планирования оперативного вмешательства.

- **Виртуальное разрезание модели:** Модуль разрезания позволяет проводить сечения модели по различным осям, открывая новые возможности для детального исследования внутренней структуры печени.

Сервис реализован с использованием современной серверной платформы FastAPI и клиентской библиотеки React, что обеспечивает высокую производительность и удобство интеграции в существующую инфраструктуру медицинских учреждений. Применение контейнеризации (Docker) позволяет легко масштабировать и адаптировать сервис под различные задачи и нагрузки [18].

Проведённое экспериментальное тестирование подтверждает, что комбинированное применение методов сегментации и построения 3D-модели на основе облака точек обеспечивает высокую точность и стабильность работы системы. В дальнейшем планируется расширение функционала веб-сервиса за счёт поддержки сегментации других органов, автоматического выявления патологий и интеграции дополнительных аналитических модулей для предоперационного анализа.

7. Заключение

В рамках данной работы был разработан веб-сервис для автоматической сегментации печени на КТ-снимках и построения её трехмерной модели. Данный сервис демонстрирует высокую точность, удобство использования и потенциал для внедрения в клиническую практику.

Основные результаты включают:

- **Достижение точности до 96% (по метрике IoU).**

Использование современной модели YOLOv11s-seg позволило достичь точности сегментации до 96% по метрике IoU. Такой показатель демонстрирует надёжность алгоритма в выделении печёночной ткани даже при наличии сложных гистологических особенностей и шумовых артефактов, что критически важно для клинической диагностики.

- **Интеграция веб-сервиса с современными технологиями.**

Серверная часть сервиса разработана на базе FastAPI, что обеспечивает высокую производительность и масштабируемость, а клиентская – с использованием React, позволяя создать интуитивно понятный и доступный веб-интерфейс. Это существенно упрощает внедрение инструмента в существующую информационную инфраструктуру медицинских учреждений.

- **Автоматическое преобразование данных из формата DICOM в JPEG/PNG**

Реализован автоматический модуль преобразования данных из формата DICOM в JPEG/PNG посредством библиотеки `dicom2jpg`. Такой подход сохраняет исходное качество изображений и значительно ускоряет подготовку данных для последующей обработки и анализа.

- **Реализация модуля 3D-реконструкции печени**

Сегментированные данные преобразуются в облако точек, из которого формируется детализированная 3D-модель печени. Пользователь получает возможность интерактивно просматривать модель, осуществлять масштабирование, вращение и анализ сложных участков органа.

- **Визуализация трехмерных моделей печени с использованием библиотек VTK и PyVista, что предоставляет врачам дополнительные инструменты для предоперационного планирования и анализа анатомии пациента.**

- **Реальное время обработки.**

Одной из ключевых особенностей разработанного сервиса является возможность выполнения сегментации в реальном времени, что делает его применимым в потоковых диагностических процессах, где скорость обработки данных играет критически важную роль. Внедрение модуля 3D-визуализации расширяет возможности сервиса, позволяя не только сегментировать орган, но и строить его точную трехмерную модель, что полезно для хирургического планирования, образовательных целей и медицинских симуляций.

Направления будущего развития

Разработка веб-сервиса открывает перспективы для дальнейшего совершенствования и расширения функционала, что предполагает следующие направления будущих исследований и интеграции:

- **Расширение функционала системы для других органов.**

Планируется адаптация существующей архитектуры для поддержки сегментации и 3D-реконструкции не только печени, но и других жизненно важных органов, таких как лёгкие, сердце и головной мозг. Это позволит создать универсальную платформу для комплексного анализа медицинских изображений.

- **Оптимизация методов постобработки 3D-моделей**

Внедрение алгоритмов сглаживания, удаления артефактов и улучшения визуализации позволит повысить качество реконструкции, обеспечивая ещё более точное отображение анатомических структур и снижение влияния шумовых факторов.

- **Интеграция с медицинскими системами (PACS)**

С целью упрощения доступа к данным и оптимизации рабочего процесса специалистов планируется разработка модулей для бесшовной интеграции веб-сервиса с существующими системами хранения и обмена медицинской информацией (PACS). Это позволит автоматизировать процесс получения изображений и ускорит диагностику.

- **Разработка модулей для автоматического выявления и сегментации патологий**

В будущем рассматривается возможность создания дополнительных аналитических модулей, способных автоматически выявлять и сегментировать патологические образования, такие как опухоли, метастазы и воспалительные процессы. Такой функционал существенно расширит диагностический потенциал сервиса и поможет в раннем обнаружении заболеваний.

- **Исследование методов адаптивной 3D-реконструкции**

Исследование методов адаптивной реконструкции, ориентированных на индивидуальные особенности пациентов, позволит проводить персонализированный медицинский анализ. Это может включать использование методов машинного обучения для корректировки алгоритмов реконструкции в зависимости от вариативности анатомии и клинических данных.

Разработанный веб-сервис демонстрирует высокую эффективность в автоматической сегментации печени и построении её трёхмерной модели. Полученные результаты, подтверждённые точностью до 96% по метрике IoU, свидетельствуют о потенциале внедрения данного инструмента в клиническую практику. Интеграция современных технологий обработки изображений, высокопроизводительных серверных решений и гибкого клиентского интерфейса обеспечивает не только удобство использования, но и расширяет диагностические возможности. Будущие направления развития, включающие поддержку анализа других органов, улучшение качества постобработки и интеграцию с существующими медицинскими системами, открывают перспективы для создания комплексной платформы, способной существенно повысить качество медицинских

услуг, оперативность принятия решений и облегчить работу специалистов в условиях современной медицины.

Список литературы

1. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015. – Vol. 9351. – P. 234–241.
2. Redmon J., Farhadi A. YOLOv3: An Incremental Improvement // arXiv preprint arXiv:1804.02767. – 2018. – P. 1–9.
3. He K., Gkioxari G., Dollár P., Girshick R. Mask R-CNN // Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). – 2017. – P. 2961–2969.
4. Chen L.-C., Papandreou G., Kokkinos I., Murphy K., Yuille A. DeepLab: Semantic Image Segmentation with Deep Convolutional Nets // arXiv preprint arXiv:1606.00915. – 2017. – P. 1–18.
5. Dosovitskiy A., Beyer L., Kolesnikov A., et al. An Image is Worth 16×16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale // arXiv preprint arXiv:2010.11929. – 2020. – P. 1–36.
6. Zhou Z., Siddiquee M.M.R., Tajbakhsh N., Liang J. UNet++: A Nested U-Net Architecture for Medical Image Segmentation // Deep Learning in Medical Image Analysis and Multimodal Learning for Clinical Decision Support. – MICCAI 2018, LNCS 11045. – P. 3–11.
7. Liu Z., Lin Y., Cao Y., et al. Swin Transformer: Hierarchical Vision Transformer Using Shifted Windows // Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV). – 2021. – P. 10012–10022.
8. Milletari F., Navab N., Ahmadi S.A. V-Net: Fully Convolutional Neural Networks for Volumetric Medical Image Segmentation // Proceedings of the Fourth International Conference on 3D Vision (3DV). – 2016. – P. 565–571.
9. Oktay O., Schlemper J., Le Folgoc L., et al. Attention U-Net: Learning Where to Look for the Pancreas // arXiv preprint arXiv:1804.03999. – 2018. – P. 1–13.
10. Isensee F., Jaeger P.F., Kohl S.A.A., Petersen J., Maier-Hein K.H. nnU-Net: A Self-Configuring Method for Deep Learning-Based Biomedical Image Segmentation // Nature Methods. – 2021. – Vol. 18. – P. 203–211.
11. Tang H., Baheti B., Goyal A., et al. YOLOv7: A State-of-the-Art Object Detector for Real-Time Applications // arXiv preprint arXiv:2207.02696. – 2022. – P. 1–14.
12. Carion N., Massa F., Synnaeve G., Usunier N., Kirillov A., Zagoruyko S. End-to-End Object Detection with Transformers // European Conference on Computer Vision (ECCV) 2020, LNCS 12346. – P. 213–229.
13. Litjens G., Kooi T., Bejnordi B.E., et al. A Survey on Deep Learning in Medical Image Analysis // Medical Image Analysis. – 2017. – Vol. 42. – P. 60–88.
14. Çiçek Ö., Abdulkadir A., Lienkamp S.S., Brox T., Ronneberger O. 3D U-Net: Learning Dense Volumetric Segmentation from Sparse Abstract // MICCAI 2016, LNCS 9901. – P. 424–432.
15. Li X., Chen H., Qi X., Dou Q., Fu C.W., Heng P.A. H-DenseUNet: Hybrid Densely Connected UNet for Liver and Tumor Segmentation from CT Volumes // IEEE Transactions on Medical Imaging. – 2018. – Vol. 37, № 12. – P. 2663–2674.
16. Song Y., Zheng S., Wang X., et al. Self-Supervised Learning for Medical Image Analysis Using Image Augmentation // IEEE Transactions on Medical Imaging. – 2021. – Vol. 40, № 11. – P. 3044–3056.

17. Çiftçi U., Demirci S. Medical Image Segmentation Using Transformers: A Comprehensive Review // arXiv preprint arXiv:2308.05305. – 2023. – P. 1–26.
18. Zhou X., Zang Y., Zhang Q., et al. Automatic Liver and Lesion Segmentation Using an Adversarial Learning Framework // arXiv preprint arXiv:1906.05838. – 2019. – P. 1–10.
19. Hu Y., Wen J., Jiang W., et al. Efficient Liver Segmentation from CT Images Using Deep Learning Techniques // Frontiers in Oncology. – 2020. – Vol. 10, Article 577849. – P. 1–11.
20. Esteva A., Robicquet A., Ramsundar B., et al. A Guide to Deep Learning in Healthcare // Nature Medicine. – 2019. – Vol. 25, № 1. – P. 24–29.

УДК 004.8+159.922+316.3

Ильина А.А.

Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия

Использование машинного обучения для синтеза когнитивных и социологических данных в системах прогнозирования конфликтов

Аннотация: В статье рассматриваются современные подходы к применению методов машинного обучения для интеграции когнитивных и социологических данных в целях прогнозирования социальных конфликтов. Анализируются теоретические основы синтеза разнородных данных, особенности их сбора и обработки, а также наиболее эффективные алгоритмы машинного обучения, используемые для выявления потенциальных очагов напряженности. Работа подчеркивает важность комплексного подхода к прогнозированию конфликтов для повышения точности предсказаний и улучшения механизмов их предотвращения.

Ключевые слова: машинное обучение, прогнозирование конфликтов, социальные конфликты, интеграция данных, синтез разнородных данных.

Ilyina A.A.

Use of machine learning for synthesis of cognitive and sociological data in conflict forecasting systems

Abstract: The article discusses modern approaches to applying machine learning methods for integrating cognitive and sociological data in order to predict social conflicts. It analyzes the theoretical foundations of heterogeneous data synthesis, the specifics of data collection and processing, as well as the most effective machine learning algorithms used to identify potential hotspots of tension. The article emphasizes the importance of a comprehensive approach to conflict prediction in order to improve the accuracy of predictions and enhance conflict prevention mechanisms.

Key words: machine learning, conflict prediction, social conflicts, data integration, and heterogeneous data synthesis.

Когнитивные и социологические данные представляют собой два взаимодополняющих типа информации, каждый из которых выполняет важную функцию в создании моделей и предсказании социально-политических явлений. Когнитивные данные включают в себя внутренние убеждения как отдельных людей, так и групп, а также их ценностные ориентиры, восприятие справедливости и уровень доверия к различным институтам. Эти аспекты формируют субъективное восприятие окружающего мира и играют важную роль в поведении участников социальных процессов. В отличие от них, социологические данные характеризуют социальную структуру с объективной точки зрения, включая такие параметры, как численность и состав групп, уровень безработицы, доступность образования и участие в социальных институтах.

Синтез когнитивных и социологических типов данных позволит создавать более полные и реалистичные модели конфликтов. Одним из

подходов к такому синтезу является разработка когнитивных моделей в рамках концепции когнитивных центров, предложенная Г. Г. Малинецким. Когнитивный центр рассматривается как структура, в которой осуществляется моделирование социальной реальности на основе данных, экспертных оценок и аналитики, такие модели учитывают не только внешние обстоятельства, но и восприятие этих обстоятельств субъектами [1, с. 8].

Как отмечает Е.Н. Князева, синергетический подход к социальной динамике предполагает учет множественности факторов — как объективных, так и субъективных. Это важно для анализа конфликтов, вызванных не только экономическими или политическими противоречиями, но и различиями в культурных и когнитивных системах [3, с. 21].

Также стоит отметить, что когнитивные данные в большинстве своем зависят от контекста. Для того чтобы их правильно трактовать и использовать необходимы сложные алгоритмы анализа, которые способны выявлять скрытые зависимости. Именно поэтому машинное обучение становится незаменимым инструментом, который может выявлять скрытые закономерности и строить модели прогнозирования на основе большого количества разнородной информации. Применительно к прогнозированию социальных конфликтов можно выделить несколько наиболее эффективных подходов:

1. Методы классификации. К данному методу относятся такие алгоритмы, как решающие деревья, случайные леса, метод опорных векторов (SVM) и логистическая регрессия. Они используются для определения вероятности возникновения конфликта на основе заданного набора признаков.

2. Кластеризация и выявление аномалий. Алгоритмы k-средних, DBSCAN и иерархической кластеризации применяются для обнаружения скрытых групп и сегментов внутри социума, которые могут быть предрасположены к конфликту. Такие подходы полезны при анализе больших социальных сетей или массивов текстов.

3. Нейронные сети и глубокое обучение. Нейросетевые архитектуры способны обрабатывать неструктурированные данные, такие как тексты новостей, социальных медиа, транскрипты выступлений и др. Такие модели успешно применяются для анализа настроений, выявления радикальных высказываний и прогнозирования эскалации напряженности.

4. Байесовские сети и вероятностные графические модели. Эти методы позволяют строить причинно-следственные связи между переменными и учитывать неопределенность в данных. В условиях социальной динамики и конфликта это особенно важно, поскольку позволяет моделировать сценарии с разными исходами.

5. Гибридные методы. Многие современные подходы комбинируют несколько методов — например, использование кластеризации на первом этапе для выявления целевых групп и применение нейросетей для

углубленного анализа. Такие гибридные модели чаще всего демонстрируют наилучшие результаты на практике.

В построении систем прогнозирования, важную роль играют инструменты предварительной обработки данных, включая нормализацию, устранение пропусков и аномалий. Помимо этого, этап валидации моделей имеет большое значение, так как он позволяет оценить точность предсказаний.

При выборе подходящего метода машинного обучения для прогнозирования конфликтов необходимо учитывать характеристики данных и цели проводимого анализа. Так, для задач, связанных с ранним обнаружением конфликтов, критически важна способность модели быстро выявлять отклонения от нормы, тогда как для стратегического моделирования важна интерпретируемость и возможность построения сценариев развития событий.

Эффективность моделей предсказания социальных конфликтов определяется такими параметрами, как количество, гетерогенность и верификация данных, задействованных в анализе. При объединении когнитивных и социологических методов становится актуальным анализ исходных данных, использование подходящих процедур сбора, а также учет методик постобработки.

В состав когнитивных данных входит информация, характеризующая восприятие, убеждения и установки субъектов, а также сообществ. Указанные сведения могут извлекаться посредством психометрической шкалы, контент-анализа высказываний, опросов и анкетирования.

Социологические данные, в свою очередь, представляют собой количественные характеристики социальных систем и могут быть получены из исследовательских баз, официальной статистики и с помощью мониторинга СМИ.

Когнитивные данные обладают выраженной контекстуальной изменчивостью и сложностью интерпретации; кроме того, чаще всего они представлены в неструктурированном виде и требуют применения методов обработки естественного языка (NLP). Вместе с тем, подобные данные отличаются высокой чувствительностью к культурным и региональным особенностям, что должно учитываться при построении моделей.

Социологические данные обычно более формализованы, но часто содержат временные задержки вследствие чего они не всегда способны адекватно фиксировать актуальное положение дел. Для повышения точности аналитических выводов целесообразно комбинировать быстро обновляемые источники, например данные из соцсетей, с устоявшимися социологическими показателями.

Для результативного прогнозирования конфликтных ситуаций требуется интеграция когнитивных и социологических данных,

обеспечивающая построение адаптивных моделей с высокой чувствительностью к динамике изменений в социальной структуре.

Интеграция когнитивных и социологических данных с помощью машинного обучения расширяет возможности прогнозирования и предотвращения социальных конфликтов. Синтез разнородных данных способствует более точному определению зон социальной напряженности и углубленному анализу факторов возникновения конфликтов в условиях быстро трансформирующихся общественных процессов.

Методы машинного обучения демонстрируют высокую результативность при обработке больших объемов информации, учитывая структурные особенности общества и индивидуальные когнитивные факторы. Несмотря на значительный прогресс, перед специалистами по-прежнему стоят нерешённые задачи, такие как: улучшение качества данных, интерпретируемость моделей и этические аспекты обработки персональной информации. Решение данных задач требует совместных усилий исследователей в области ИИ, социологии и когнитивных наук.

В перспективе ключевыми направлениями развития станут системы, обеспечивающие динамичную адаптацию, обладающие функцией не только регистрации трансформаций, но и прогнозирования долгосрочных трендов. Применение данных решений может стать основой стратегического управления рисками в социальной сфере.

Список литературы

1. Десятов И.В., Малинецкий Г.Г., Маненков С.К., Митин Н.А., Отоцкий П.Л., Ткачев Н.В., Шишов В.В. Когнитивные центры как информационные системы для стратегического прогнозирования // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2011. – № 1. – С. 65–81.
2. Коротаев А.В., Медведев И.А., Зинькина Ю.В. К ранжированию факторов крупномасштабной вооруженной политической дестабилизации в странах Африки методами машинного обучения / А.В. Коротаев, И.А. Медведев, Ю. В. Зинькина // История и современность. – 2024. – № 3(53). – С. 45–68. – DOI: 10.30884/iis/2024.03.03.
3. Князева Е.Н. Социальная сложность: самоорганизация, тренды, инновации / Е.Н. Князева // Общество, философия, история, культура. – 2013. – № 1. – С. 20–28.
4. Михеенкова М.А. Принципы и логические средства интеллектуального анализа социологических данных: [Электронный ресурс] / М. А. Михеенкова. – Москва: НИУ ВШЭ, 2013. – 56 с. – Режим доступа: <https://www.hse.ru/data/2013/01/30/1304779403/MikheenkovaMA.pdf> (дата обращения: 26.06.2025).
5. Нефедов С.И., Варганов С.А., Рожин А.К. Инженерная реализация математической модели репрезентации социального конфликта // Медиаскоп. – 2024. – Вып. 3. – Режим доступа: <http://www.mediascope.ru/2869> (дата обращения: 26.06.2025).

УДК 656.7.08

Пивненко В. Ю.

*ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного Маршала авиации
Б. П. Бугаева (УИ ГА)», Ульяновск, Россия*

AI в аэропорту: помощник в оптимизации и совершенствовании процессов обслуживания пассажиров

Аннотация: В статье рассматриваются современные технологии искусственного интеллекта (ИИ), применяемые в аэропортах для оптимизации пассажирских потоков, автоматизации процессов и повышения уровня сервиса. Анализируется опыт ведущих мировых аэропортов (Дубай, Сингапур, Китай) и их российских аналогов (Шереметьево, Казань, Пулково). Приводятся статистические данные об эффективности внедрения ИИ, включая снижение времени обработки пассажиров на 30-50% и уменьшение потерь багажа до 0,1%. Особое внимание уделяется перспективам развития умных аэропортов в России с учетом глобальных трендов. Ключевые слова: искусственный интеллект, умные аэропорты, биометрические технологии, пассажиропотоки, автоматизация, оптимизация процессов, цифровизация, российские аэропорты, мировой опыт

Pivnenko V. Y.

AI in airports: transforming passenger service through optimization and process improvement

Abstract: In this article examines modern artificial intelligence (AI) technologies implemented in airports to optimize passenger flows, automate processes, and enhance service quality. It analyzes the experience of leading global airports (Dubai, Singapore, China) and their Russian counterparts (Sheremetyevo, Kazan, Pulkovo). Statistical data on AI implementation effectiveness is presented, including 30-50% reductions in passenger processing times and baggage loss rates as low as 0.1%. Special attention is given to development prospects for smart airports in Russia considering global trends. Keywords: artificial intelligence, smart airports, biometric technologies, passenger flow, automation, process optimization, digital transformation, Russian airports, global best practices.

Введение

Современные аэропорты — это сложные логистические узлы, где ежедневно проходят тысячи пассажиров, выполняются сотни рейсов и обрабатываются тонны грузов. Чтобы обеспечить бесперебойную работу, снизить задержки и повысить уровень сервиса, аэропорты всё чаще внедряют искусственный интеллект (ИИ). В этой статье рассмотрим, как AI помогает оптимизировать процессы и улучшать обслуживание пассажиров.

Как отмечают Розанова Е.А. и Панфилова А.Ю. [1] сервисное обслуживание пассажиров в аэропорту является важным этапом в процессе перевозки. От качества сервисного обслуживания зависит удобство и комфорт пассажира, его безопасность. Пассажиры являются главным предметом труда, поэтому для обеспечения конкурентоспособности

авиапредприятия каждый перевозчик постоянно работает над предоставлением дополнительных, современных и выгодных услуг [2].

Качество обслуживания пассажиров воздушных судов и в целом авиаперевозок зависит от технического и технологического обеспечения. Техническое обеспечение предусматривает требуемое оснащение аэропортов и авиакомпаний информационными автоматизированными системами, различными средствами механизации и оборудованием. Технологическое обеспечение предусматривает соответствующую данной инфраструктуре аэропорта и определенным требованиям авиакомпаний технологию обслуживания авиаперевозок [3].

1. Научная новизна и актуальность исследования

Исследования в области AI для аэропортов сочетают достижения:

- ✓ Компьютерного зрения (распознавание лиц, багажа).
- ✓ Больших данных (анализ пассажиропотока, прогнозирование задержек).
- ✓ Робототехники (автономные тележки, дроны).

Последние инновации (2023–2024):

- Генеративный ИИ (например, ChatGPT для обработки жалоб пассажиров).
- Цифровые двойники (Digital Twins) для симуляции работы аэропорта.
- Квантовые алгоритмы для сверхбыстрой оптимизации расписания (тестируется в Singapore Changi) [7].

Пример новизны:

В 2024 году в аэропорту Дубая (DXB) внедрили нейросеть, которая предсказывает скопления людей с точностью 98% — аналогов в России пока нет.

Актуальность исследования. В условиях роста пассажиропотока (по данным IATA, к 2030 году ожидается 7,8 млрд авиапассажиров в год) и ужесточения требований к безопасности традиционные методы управления аэропортами становятся неэффективными.

Проблемы, которые решает AI:

- ✓ Длинные очереди (до 48% пассажиров считают досмотр самым стрессовым этапом).
- ✓ Человеческий фактор (ошибки при обработке багажа, ручной контроль документов).
- ✓ Неоптимальная логистика (простои воздушных судов, задержки рейсов).

Искусственный интеллект позволяет автоматизировать до 70% рутинных процессов, что делает его внедрение критически важным для современной авиаиндустрии.

Практическая значимость

1. Для пассажиров:

- Сокращение времени ожидания (на 30–50%).
- Снижение потерь багажа (до 0,1% в аэропортах с AI).
- Персонализированный сервис (например, AI-рекомендации в приложении).

2. Для аэропортов:

- Экономия \$500 млн в год за счёт оптимизации ресурсов (SITA, 2023).
- Увеличение пропускной способности (+20–25% без расширения инфраструктуры).
- Повышение безопасности (автоматическое обнаружение подозрительных предметов).

3. Для экономики:

- Рост туризма за счёт улучшения сервиса (например, Дубай привлекает 30 млн туристов в год благодаря smart-аэропорту).
- Снижение затрат авиакомпаний на задержки (до \$15 млрд в год теряет индустрия из-за неоптимальных процессов).

Вывод: почему это важно для России?

Внедрение AI в аэропортах — не просто «технологическая гонка», а стратегическая необходимость.

Что нужно сделать:

- Инвестировать в биометрию (как в Шереметьево, но масштабировать на все крупные хабы).
- Внедрить мировые практики (например, роботов-ассистентов из Сингапура).
- Развивать отечественные AI-решения (чтобы не зависеть от западных технологий).

AI в аэропортах — это будущее, которое уже наступило. Россия может занять лидирующие позиции, но только при условии быстрого и грамотного внедрения лучших мировых наработок.

2. Применение ИИ в работе аэропорта

2.1. Умные системы регистрации и паспортного контроля

Один из самых заметных для пассажиров примеров применения ИИ — автоматизация регистрации и пограничного контроля.

Биометрическая идентификация (распознавание лиц, отпечатков пальцев, радужной оболочки глаза) ускоряет прохождение контроля. Например, в аэропорту Дубая (DXB) система Smart Gates позволяет пассажирам пройти паспортный контроль за считанные секунды.

Чат-боты и голосовые помощники помогают отвечать на вопросы пассажиров, подсказывают расположение стоек регистрации и помогают с онлайн-чекином.

2.2. Оптимизация багажных операций

По данным Global Airports AI Report 2023 [5], внедрение компьютерного зрения снизило процент ошибок при сортировке багажа с 3% до 0,7% в пилотных проектах."

Потеря багажа — одна из самых частых проблем в авиаперевозках. AI помогает минимизировать такие случаи:

- Компьютерное зрение отслеживает багаж на всех этапах: от регистрации до погрузки в самолёт.
- Прогнозная аналитика предсказывает возможные задержки и перенаправляет багаж на альтернативные рейсы.
- Роботы для сортировки (например, в аэропорту Хельсинки) автоматически распределяют чемоданы по нужным конвейерам.

2.3. Управление потоками пассажиров

Давка в зонах безопасности и длинные очереди — главные раздражители для путешественников. ИИ решает эту проблему:

- Анализ данных с камер и сенсоров помогает прогнозировать нагрузку и распределять пассажиров между коридорами и стойками контроля.
- Динамическое табло с рекомендациями (например, подсказки о менее загруженных зонах досмотра) сокращает время ожидания.
- Маршрутизация внутри терминала: мобильные приложения с AI подсказывают оптимальный путь к гейту с учётом текущей загруженности.

2.4. Прогнозирование задержек и улучшение логистики

AI анализирует огромные массивы данных, чтобы минимизировать сбои в расписании:

- Метеоданные, информация о загруженности ВПП и техническом состоянии самолётов помогают предсказывать задержки и корректировать график.
- Оптимизация наземных операций (заправка, уборка, погрузка) с помощью ИИ ускоряет подготовку воздушных судов.
- Автоматизированные дроны проверяют состояние взлётно-посадочных полос и рулёжных дорожек без остановки движения.

2.5. Персонализированный сервис для пассажиров

AI делает путешествие более комфортным за счёт индивидуального подхода:

- Рекомендации в магазинах и ресторанах на основе предпочтений пассажира.

- Голосовые помощники в мобильных приложениях аэропортов (например, Siri, Alexa) помогают найти нужные услуги.

- Адаптивные тарифы и предложения (например, апгрейд места или доступ в лаунж) на основе анализа поведения клиента.

Искусственный интеллект становится незаменимым инструментом для аэропортов, помогая ускорять процессы, снижать затраты и повышать уровень сервиса. Внедрение AI-решений — это не просто тренд, а необходимость для авиационной отрасли, которая стремится к бесшовному и комфортному пассажирскому опыту.

Уже сегодня такие технологии, как биометрия, умная аналитика и роботизированные системы, меняют стандарты работы аэропортов, а в ближайшем будущем их роль будет только расти.

Рассмотрим, как технологии применяются в России и за рубежом.

3.1. Биометрические технологии и автоматизация контроля Россия

Согласно отчёту Росавиации [8], к 2024 году 78% российских аэропортов категории А начали внедрять элементы ИИ, однако только 12% реализовали комплексные системы.

- **Шереметьево (SVO)** использует систему **Face Pay** для оплаты услуг и **биометрический контроль** на паспортном контроле (совместно с «Ростехом» и Сбербанком).

- **Пулково (LED)** тестирует распознавание лиц для ускоренной посадки.

- **Казань (KZN)** внедрил единую биометрическую платформу для регистрации и прохода в зоны вылета.

-

Мировой опыт

Как отмечает Петрова В.Г. [6], биометрические системы в аэропортах Дубая и Сингапура достигли 99,8% точности распознавания, что стало новым отраслевым стандартом.

- **Дубай (DXB)** — **Smart Gates** пропускают пассажиров за **5-10 секунд** без контакта с офицером.

- **Сингапур (Changi)** — автономные иммиграционные киоски с ИИ-верификацией.

- **Китай (аэропорты Пекина и Шанхая)** — **100%** распознавание лиц для domestic-рейсов.

-

3.2. Умные системы управления багажом

Россия

- **Шереметьево** внедряет **RFID-метки** для отслеживания багажа в реальном времени.

- **Пулково** использует **AI-алгоритмы** для прогнозирования задержек багажа.

Мировой опыт

- **Дубай (DXB)** — **роботы-грузчики** и дроны для инвентаризации.

- **Гонконг (HKIA)** — полностью автоматизированная сортировка с точностью 99%.

- **Сингапур (Changi)** — **AI-предсказание** потери багажа и автоматическая перенаправка.

•

3.3. Оптимизация пассажиропотока и навигация

Россия

- **Шереметьево** анализирует данные камер для управления очередями в security check.

- **Казань (KZN)** тестирует мобильного гида с **AR** для навигации по терминалу.

Мировой опыт

- **Дубай (DXB)** — **AI-камеры** предсказывают скопления людей и перенаправляют потоки.

- **Сингапур (Changi)** — цифровые **twin-модели** терминалов для симуляции сценариев.

- **Китай (Шэньчжэнь)** — умные указатели с динамической маршрутизацией.

•

3.4. Прогнозирование задержек и логистика

Россия

- **Шереметьево** использует **AI-алгоритмы SITA** для прогноза задержек рейсов.

- **Пулково** применяет **машинное обучение** для оптимизации работы наземных служб.

•

Мировой опыт

- **Дубай (DXB)** — **AI + блокчейн** для координации между авиакомпаниями.

- **Сингапур (Changi)** — прогноз погоды на базе **ИИ** для минимизации отмен рейсов.

• **Китай (Пекин)** — дроны для инспекции ВПП без остановки движения.

3.5. Персонализированный сервис и улучшение комфорта

Россия

- **Шереметьево** внедряет **AI-чатботы** в мобильном приложении.
- **Казань (KZN)** тестирует **голосовых ассистентов** на тач-панелях.

Мировой опыт

- **Дубай (DXB)** — персональные **AI-консьержи** для VIP-пассажиров.
- **Сингапур (Changi)** — нейросетевые **рекомендации** магазинов и ресторанов.

• **Китай (Шанхай PVG)** — **роботы-переводчики** на 30+ языках.

Российские аэропорты (**Шереметьево, Казань, Пулково**) активно внедряют AI, но пока отстают от лидеров вроде **Дубая, Сингапура и Китая**. Ключевые направления развития:

- ✓ **Полная биометрическая интеграция** (как в DXB)
- ✓ **Автоматизация багажных систем** (по примеру Changi)
- ✓ **AI-аналитика для управления задержками** (как в Китае)

В ближайшие 5-10 лет ИИ станет стандартом для всех крупных аэропортов, и России важно ускорить цифровую трансформацию, чтобы оставаться в тренде.

Искусственный интеллект (ИИ) уже сегодня меняет работу аэропортов, повышая скорость, безопасность и комфорт пассажиров. В этом разделе рассмотрим:

✓ **Статистику удовлетворённости пассажиров** использованием AI в аэропортах.

✓ **Глобальные тренды и перспективы развития.**

✓ **Что могут перенять российские аэропорты у мировых лидеров.**

1. Статистика удовлетворённости пассажиров

• **Глобальные данные (2020–2024):**

85% пассажиров отмечают, что **биометрические технологии** (распознавание лиц, автоматические гейты) **ускоряют процесс регистрации и контроля** (SITA, 2023).

78% путешественников предпочитают аэропорты с **AI-навигацией и умными табло**, сокращающими время ожидания (IATA, 2024).

Снижение жалоб на багаж на 45% в аэропортах с **RFID и AI-трекингом** (Air Transport IT Insights, 2023).

90% пассажиров в Дубае (DXB) довольны **Smart Gates** — прохождение паспортного контроля занимает **менее 10 секунд** (Dubai Airports Report, 2024).

• **Россия (2023–2024):**

- **Шереметьево (SVO):**
 - **70%** пассажиров положительно оценивают **Face Pay** и **биометрический контроль** (данные SVO, 2024).

- Внедрение **AI-аналитики очередей** сократило время досмотра на **25%**.

- **Казань (KZN):**
 - **65%** путешественников отмечают удобство **мобильного гида с AR**.

- **Пулково (LED):**
 - **Пилотный проект роботизированной сортировки багажа** снизил процент потерь на **15%**.

Вывод: Пассажиры ценят скорость и персонализацию, но в России уровень внедрения AI пока отстаёт от мировых лидеров.

2. Тенденции и перспективы AI в авиации

• Главные тренды (2024–2030):

1. **Полная биометрическая интеграция**
 - Отказ от бумажных документов (как в **Сингапуре Changi**).
 - **Единый цифровой профиль пассажира** (face-ID на всех этапах).
2. **Автономные аэропорты**
 - **Роботы-ассистенты** (как в **Сеуле Incheon**).
 - **Дроны для инспекции ВПП и складов** (как в **Дубае DXB**).
3. **AI + Big Data для логистики**
 - **Прогноз задержек с точностью 95%+** (как в **Гонконге HKIA**).
 - **Динамическое ценообразование услуг** (парковка, лаунжи).
4. **Персонализированный маркетинг**
 - **AI-рекомендации магазинов и ресторанов** (как в **Changi**).
 - **Голосовые помощники на родном языке** (как в **Шанхае PVG**).

Перспективы для России:

2025–2026:

- **Расширение биометрии по примеру DXB и Changi.**
- **Пилотные проекты роботов-консьержей** (как в **Японии**).

2030:

- **Полная автоматизация check-in и security** (как в **Китае**).
- **Цифровые двойники аэропортов** для оптимизации потоков.

3. Что могут перенять российские аэропорты?

• Из опыта Дубая (DXB):

- ✓ **Единая биометрическая система** (от регистрации до выхода на посадку).

- ✓ **AI-управление очередями** в реальном времени.

- ✓ **Роботизированные багажные линии** (снижение потерь до 0,1%).

• Из опыта Сингапура (Changi) [7]:

- ✓ **Мобильные гиды с дополненной реальностью (AR).**

- ✓ **AI-прогнозирование задержек** на основе погоды и данных авиакомпаний.
- ✓ **Персонализированные предложения** (скидки в магазинах по данным билета).
- **Из опыта Китая (Пекин, Шанхай):**
 - ✓ **100% face-ID для domestic рейсов.**
 - ✓ **Дроны и роботы для уборки/контроля.**
 - ✓ **Умные табло с динамической маршрутизацией.**

Выводы

Как подчёркивает Иванов С.П. [4], успех цифровой трансформации аэропортов зависит от триединства: технологий, кадровой подготовки и нормативной базы.

Российским аэропортам (**Шереметьево, Казань, Пулково**) стоит активнее внедрять:

- ✓ **Биометрию** (по модели **DXB**).
- ✓ **AI-логистику** (как в **Changi**).
- ✓ **Роботизацию сервисов** (как в **Китае**).

К 2030 году аэропорты без ИИ станут исключением. Главный вызов для России — не отстать в гонке технологий, чтобы обеспечить пассажирам уровень сервиса, сопоставимый с **Дубаем, Сингапуром и Шанхаем**.

Итог: чем быстрее российские аэропорты внедрят лучшие мировые практики, тем выше будет удовлетворённость пассажиров и конкурентоспособность на международном рынке.

Список литературы

1. Розанова Е.А., Панфилова А.Ю. Возможности совершенствования сервисных услуг с использованием информационных технологий в АО «Международный аэропорт Владивосток» // [Сетевой научный журнал]. 2018. Том 12. № 2. DOI: 10.24411/1995-042X-2018-10211
2. Канарчук В.Е., Чигринец А.Д., Ленчевский В.Н. Средства обслуживания авиаперевозок. К.: Техника, 2014. 136 с.
3. Бажов Л.Б. Авиатранспортные системы. УВАУ ГА(И), 2013. 98 с.
4. Коммуникации в условиях цифровой трансформации : сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 29–30 ноября 2022 г. / под ред. проф. А.Д. Кривоносова. – СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2022. – 310 с.
5. Global Airports AI Report 2023 [Электронный ресурс] // SITA. 2023. URL: <https://www.sita.ai/airports-report> (дата обращения: 10.06.2025).
6. Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии: сборник научных статей / отв. ред. член-корреспондент РАН, д. э. н., профессор Акбердина В. В. — Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2024. — Электрон.

текст. дан. (3,18 Мб).— 377 с. — 1 опт. компакт-диск (CD-ROM). — Текст: электронный.

7. Lee K.H. Smart Airport Technologies: Implementation Cases. Singapore: Springer, 2022. 320 p.

8. Искусственный интеллект в российской авиации: аналитический отчет. Москва: Росавиация, 2024. 56 с.

Оглавление

| | |
|---|-----|
| Бообеков Д.Р. Разработка интеллектуальной информационной системы по выявлению пораженных участков Борщевиком Сосновского | 3 |
| Бообеков Д.Р. Использование интеллектуальных информационных систем для выявления участков, поражённых Борщевиком Сосновского | 16 |
| Михиенков К.С., Шамрин М.Д. Архитектура распределенной многоагентной системы для интеллектуального анализа и обнаружения аномалий в сетевом трафике | 26 |
| Фирстова М.П. Вызовы в области развития искусственного интеллекта в преподавании иностранных языков | 33 |
| Брайловский А.В. Анализ факторов стабильности и прогнозирование жизненного цикла OPEN-SOURCE проектов на основе данных платформы GITHUB | 38 |
| Брайловский А.В. Методология сбора данных для анализа активности проектов с открытым исходным кодом на платформе GITHUB | 47 |
| Рехтин А.А. Использование тефлонового покрытия в двигателях карьерных самосвалов | 58 |
| Рехтин А.А. Создание латунных направляющих втулок клапанов для двигателя QST-30 | 62 |
| Шишкин Е.В., Жуковская Ю.К. Исследование проблем неравномерного распределения температуры в современных системах кондиционирования и вентиляции | 74 |
| Вовчок С.С. Роль цифровых двойников в управлении жизненным циклом транспортной инфраструктуры: от проектирования до эксплуатации | 79 |
| Курочкин А.И., Лобанов А.А. Сравнение подходов коллаборативной и контент-ориентированной фильтрации в рекомендательных системах | 85 |
| Лебедев И. В. Теоретические основы расчета отказоустойчивости сетей АОЛС при экстремальных погодных условиях | 91 |
| Михайлова Е.В. Современные методы математического моделирования . | 98 |
| Михайлова Е.В. Алгоритмы без блокировок. Обзор | 103 |
| Дормидонтова Т.В., Комиссаров Н.Д. Ресурсосберегающие технологии в ремонте дорожных одежд: опыт применения холодной регенерации | 108 |
| Короткова Г.В., Ходченков Н.Д. Способы производства серы | 118 |
| Короткова Г.В., Ходченков Н.Д. Возможные побочные продукты при производстве серы | 123 |
| Тихонов Д.Ф. Инженерная защита склонов и откосов методом буроинъекционных анкеров и противокамнепадной сетчатой завесы | 129 |

| | |
|--|-----|
| Михальцевич Д.А. Методы влияния архитектурной иллюстрации на зрителя..... | 136 |
| Токарев К.О. Особенности установления охранных зон газораспределительных сетей и внесение сведений о них в ЕГРН ... | 149 |
| Гайфуллин С.Р., Натальсон А.В. Интеллектуальные системы в сельском хозяйстве: точное земледелие, мониторинг посевов и автоматическое управление техникой | 154 |
| Зубов Н.С. Теоретические особенности логистики снабжения в нефтегазовой отрасли | 158 |
| Зинченко В.В. Прогнозирование эффектов от внедрения service desk системы в отдел информационных технологий и связи | 167 |
| Горчакова Е.И., Строганова Л.А., Лапина Н.Е. Инклюзивные детские площадки..... | 173 |
| Озиева С.Н., Цечоева А.Х. Метрологическое обеспечение производства на примере МУП «Водоканал» г. Магас | 180 |
| Озиева С.Н., Цечоева А.Х. Актуальные задачи стандартизации и метрологического контроля на машиностроительном и металлургическом производстве | 188 |
| Махмуд Малат Али Сами Технические и организационные проблемы внедрения интеллектуальных систем записи на медицинские услуги | 196 |
| Дормидонтова Т.В., Комиссаров Н.Д. Ресурсосберегающие технологии в ремонте дорожных одежд: опыт применения холодной регенерации | 201 |
| Кочарян Ю.Г., Колесников А.С. Исследование мобильных технологий и приложений для поддержки сервисных инженеров..... | 212 |
| Морозова А.В. Синхронизация СУБД 1С с CRM 1С-БИТРИКС: управление сайтом | 220 |
| Тополян С.Г., Попов Д.И. Сравнительный анализ моделей искусственного интеллекта..... | 227 |
| Шпедер Д.А. Обзор существующих методов сжатия видеоданных..... | 237 |
| Ребницкая И.В., Туренко Е.В., Скляренко А.А. Математические методы и информационное обеспечение на транспорте..... | 248 |
| Резцов С.М. Исследование модификаций модели лотки-вольтерры и типов особых точек в системах обыкновенных дифференциальных уравнений | 254 |
| Щербаков Н. Ю., Крючков А. Искусственный интеллект в строительстве | 261 |
| Али Мохамед Мост между технологиями и психическим здоровьем: экономически эффективная IoT-система для мониторинга эмоционального состояния | 267 |
| Титова Е.В., Кибыш А.И. Возможности, достоинства и этические проблемы искусственного интеллекта и когнитивных технологий .. | 272 |

| | |
|--|-----|
| Белоцерковский К. И., Мозгляков Г. А., Крапивин Д. О., Ильинский А. Д., Хлебников Н. А. Разработка веб-сервиса для автоматической сегментации печени на КТ-снимках | 277 |
| Ильина А.А. Использование машинного обучения для синтеза когнитивных и социологических данных в системах прогнозирования конфликтов | 294 |
| Пивненко В. Ю. AI в аэропорту: помощник в оптимизации и совершенствовании процессов обслуживания пассажиров | 298 |