



# АКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 2713-1513

#50 (285), 2025

ЧАСТЬ I

# **Актуальные исследования**

Международный научный журнал

2025 • № 50 (285)

Часть I

Издаётся с ноября 2019 года

Выходит еженедельно

ISSN 2713-1513

**Главный редактор:** Ткачев Александр Анатольевич, канд. социол. наук

**Ответственный редактор:** Ткачева Екатерина Петровна

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей.

При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

## **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

**Абдуллин Тимур Зуфарович**, кандидат технических наук (Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А. А. Бочвара)

**Абидова Гулмира Шухратовна**, доктор технических наук, доцент (Ташкентский государственный транспортный университет)

**Альборад Ахмед Абуди Хусейн**, преподаватель, PhD, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

**Аль-бутбахак Башшар Абуд Фадхиль**, преподаватель, PhD, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

**Альхаким Ахмед Кадим Абдуалкарем Мухаммед**, PhD, доцент, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

**Асаналиев Мелис Казыкеевич**, доктор педагогических наук, профессор, академик МАНПО РФ (Кыргызский государственный технический университет)

**Атаев Загир Вагитович**, кандидат географических наук, проректор по научной работе, профессор, директор НИИ биогеографии и ландшафтной экологии (Дагестанский государственный педагогический университет)

**Бафоев Феруз Муртазоевич**, кандидат политических наук, доцент (Бухарский инженерно-технологический институт)

**Гаврилин Александр Васильевич**, доктор педагогических наук, профессор, Почетный работник образования (Владимирский институт развития образования имени Л.И. Новиковой)

**Галузо Василий Николаевич**, кандидат юридических наук, старший научный сотрудник (Научно-исследовательский институт образования и науки)

**Григорьев Михаил Федосеевич**, доктор сельскохозяйственных наук (Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецкова)

**Губайдуллина Гаян Нурахметовна**, кандидат педагогических наук, доцент, член-корреспондент Международной Академии педагогического образования (Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова)

**Ежкова Нина Сергеевна**, доктор педагогических наук, профессор кафедры психологии и педагогики (Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого)

**Жилина Наталья Юрьевна**, кандидат юридических наук, доцент (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

**Ильина Екатерина Александровна**, кандидат архитектуры, доцент (Государственный университет по землеустройству)

**Каландаров Азиз Абдурахманович**, PhD по физико-математическим наукам, доцент, проректор по учебным делам (Гулистанский государственный педагогический институт)

**Карпович Виктор Францевич**, кандидат экономических наук, доцент (Белорусский национальный технический университет)

**Кожевников Олег Альбертович**, кандидат юридических наук, доцент, Почетный адвокат России (Уральский государственный юридический университет)

**Колесников Александр Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент (Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова)

**Копалкина Евгения Геннадьевна**, кандидат философских наук, доцент (Иркутский национальный исследовательский технический университет)

**Красовский Андрей Николаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН и АИН (Уральский технический институт связи и информатики)

**Кузнецов Игорь Анатольевич**, кандидат медицинских наук, доцент, академик международной академии фундаментального образования (МАФО), доктор медицинских наук РАГПН, профессор, почетный доктор наук РАЕ, член-корр. Российской академии медико-технических наук (РАМТН) (Астраханский государственный технический университет)

**Литвинова Жанна Борисовна**, кандидат педагогических наук (Кубанский государственный университет)

**Мамедова Наталья Александровна**, кандидат экономических наук, доцент (Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова)

**Мукий Юлия Викторовна**, кандидат биологических наук, доцент (Санкт-Петербургская академия ветеринарной медицины)

**Никова Марина Александровна**, кандидат социологических наук, доцент (Московский государственный областной университет (МГОУ))

**Насакаева Бакыт Ермекбайкызы**, кандидат экономических наук, доцент, член экспертного Совета МОН РК (Карагандинский государственный технический университет)

**Олешкевич Кирилл Игоревич**, кандидат педагогических наук, доцент (Московский государственный институт культуры)

**Попов Дмитрий Владимирович**, доктор филологических наук (DSc), доцент (Андижанский государственный институт иностранных языков)

**Пятаева Ольга Алексеевна**, кандидат экономических наук, доцент (Российская государственная академия интеллектуальной собственности)

**Редкоус Владимир Михайлович**, доктор юридических наук, профессор (Институт государства и права РАН)

**Самович Александр Леонидович**, доктор исторических наук, доцент (ОО «Белорусское общество архивистов»)

**Сидикова Тахира Далиевна**, PhD, доцент (Ташкентский государственный транспортный университет)

**Таджибоев Шарифджон Гайбуллоевич**, кандидат филологических наук, доцент (Худжандский государственный университет им. академика Бободжона Гафурова)

**Тихомирова Евгения Ивановна**, доктор педагогических наук, профессор, Почётный работник ВПО РФ, академик МААН, академик РАЕ (Самарский государственный социально-педагогический университет)

**Хайтова Олмахон Сайдовна**, кандидат исторических наук, доцент, Почетный академик Академии наук «Турон» (Навоийский государственный горный институт)

**Цуриков Александр Николаевич**, кандидат технических наук, доцент (Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС))

**Чернышев Виктор Петрович**, кандидат педагогических наук, профессор, Заслуженный тренер РФ (Тихоокеанский государственный университет)

**Шаповал Жанна Александровна**, кандидат социологических наук, доцент (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

**Шошин Сергей Владимирович**, кандидат юридических наук, доцент (Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского)

**Эшонкулова Нуржакон Абдулабборовна**, PhD по философским наукам, доцент (Навоийский государственный горный институт)

**Яхшиева Зухра Зиятовна**, доктор химических наук, доцент (Джиззакский государственный педагогический институт)

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФИЗИКА

**Куликова А.И.**

ЭНЕРГЕТИКА ХХII ВЕКА: ГЛАВНАЯ ПРОБЛЕМА И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ ..... 6

**Новоселова М.Н., Рафикова А.Р.**

МАГНИТНЫЕ БУРИ: ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА, МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ И  
ГИПОТЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СНИЖЕНИЮ ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЧЕЛОВЕКА.. 9

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Ким А.В.**

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЭСТАКАД: ОБЗОР ПОДХОДОВ И ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ  
В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН ..... 13

**Шаров Д.Д.**

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ АЗОТНЫХ ГИДРОАККУМУЛЯТОРОВ  
В ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМАХ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ ..... 21

### НЕФТЕЯННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

**Крылов А.П.**

ВИДЫ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ВОДЯНЫХ НАСОСОВ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ  
И ГАЗА ..... 25

**Крылов А.П.**

МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ БУРОВОГО ШЛАМА ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ И ГАЗА..... 29

**Крылов А.П.**

СПОСОБЫ БУРЕНИЯ СКВАЖИН В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ..... 33

**Ряполов А.А.**

БОРЬБА С ПОГЛОЩЕНИЕМ ПРИ КРЕПЛЕНИИ ОБСАДНЫХ КОЛОНН..... 36

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Quan Nguyen Tat, Anh To Duc, Quang Vu Hong, Hung Vo Dinh,**

**Ngoc Nghiem Thi Hong, Hoang Pham Tran Cong, Nguyet Nguyen Thi**

A FRAMEWORK FOR DOCUMENT MODERATION AND SUMMARIZATION IN DIGITAL  
EDUCATION LIBRARY PLATFORM..... 41

**Воронцов Д.С.**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ  
ЗАПРОСОВ ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ НА ПРИМЕРЕ АО «Т-БАНК» ..... 55

**Гулян В.Л.**

ЦИФРОВОЙ ДЕМОНТАЖ: КАК ИИ И ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ СПАСАЮТ  
ЭКОЛОГИЮ И СОКРЫЩАЮТ ЗАТРАТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ..... 58

**Лобыкин Р.С.**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЧАТ-БОТА  
В РАБОТУ СЛУЖБЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ..... 65

**Михалев М.**

РАЗРАБОТКА ЗАМКНУТЫХ АІ-ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ  
В УСЛОВИЯХ СТРОГОЙ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ ..... 69

**Москвичев В.А.**

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В КРЕАТИВНЫХ ИНДУСТРИЯХ: СОАВТОР,  
ИНСТРУМЕНТ ИЛИ УГРОЗА ..... 76

**Ревякин О.И.**

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДОКУМЕНТАМИ И РАБОЧИМИ  
ПОТОКАМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕДИЦИНСКОЙ  
КЛИНИКИ ..... 80

**Чепурнов М.Ю.**

ОБНАРУЖЕНИЕ СКРЫТЫХ МЕЖСЕРВИСНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПРИ МИГРАЦИИ  
В ОБЛАЧНЫЕ СРЕДЫ ..... 84

# ФИЗИКА

КУЛИКОВА Алла Ивановна

методист, Белгородский институт развития образования, Россия, г. Белгород

## ЭНЕРГЕТИКА XXII ВЕКА: ГЛАВНАЯ ПРОБЛЕМА И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

**Аннотация.** В статье рассматриваются ключевые вызовы, стоящие перед мировой энергетикой в XXII веке, и предлагаются комплексные решения для обеспечения устойчивого и безопасного энергетического будущего.

**Ключевые слова:** энергетика XXII века, главная проблема, пути решения, устойчивое развитие, возобновляемые источники энергии, ядерная энергетика, термоядерный синтез, энергоэффективность, хранение энергии, интеллектуальные сети, декарбонизация, климатические изменения, энергетическая безопасность.

XXI век уже бросил нам вызов, заставив переосмыслить наши энергетические привычки. Но что ждет нас в XXII веке? Какая главная проблема будет стоять на пути устойчивого и процветающего будущего, и как мы сможем ее преодолеть?

**Главная проблема: нехватка ресурсов и климатический кризис – две стороны одной медали**

Если сегодня мы говорим о зависимости от ископаемого топлива и его влиянии на климат, то в XXII веке эти проблемы достигнут своего апогея. Запасы нефти, газа и угля будут исчерпаны, а последствия изменения климата – повышене уровня моря, экстремальные погодные явления, дефицит пресной воды – станут реальностью, с которой придется жить.

Но главная проблема не только в том, что ресурсы закончатся, а климат изменится. **Главная проблема XXII века – это необходимость обеспечить энергией растущее население планеты, которое будет стремиться к более высокому уровню жизни, при этом не усугубляя климатический кризис и не истощая оставшиеся ресурсы.** Это задача колossalной сложности, требующая не просто новых источников энергии, но и фундаментального переосмысления нашего потребления и производства.

**Почему это так сложно?**

**Рост населения и потребления:** к XXII веку население Земли, по прогнозам, достигнет 10-11 миллиардов человек. При этом

развивающиеся страны будут стремиться к уровню жизни, который сегодня ассоциируется с развитыми странами, что повлечет за собой экспоненциальный рост потребления энергии.

**Ограниченнность возобновляемых источников:** хотя солнечная, ветровая и геотермальная энергия являются перспективными, их масштабирование до уровня, способного полностью заменить ископаемое топливо, сталкивается с рядом препятствий:

- **Непостоянство:** солнце светит не всегда, ветер дует не постоянно. Требуются эффективные и масштабные системы хранения энергии.

- **Территориальные ограничения:** для размещения солнечных и ветровых электростанций требуется огромные площади, что может привести к конфликтам за землю и изменению ландшафтов.

- **Производство и утилизация:** производство солнечных панелей и ветряных турбин требует значительных энергетических затрат и использования редких металлов. Вопросы их утилизации также остаются открытыми.

**Ядерная энергетика: дилемма безопасности и отходов:** ядерная энергетика может стать важным источником чистой энергии, но вопросы безопасности, утилизации радиоактивных отходов и риска распространения ядерного оружия остаются серьезными препятствиями.

**Новые технологии: неопределенность и стоимость:** хотя мы можем ожидать

появления новых, революционных технологий, таких как термоядерный синтез, их разработка и внедрение потребуют десятилетий и огромных инвестиций.

### **Пути решения: комплексный подход и глобальное сотрудничество**

Преодоление главной проблемы энергетики XXII века потребует многогранного подхода, включающего:

#### **1. Максимальное использование возобновляемых источников энергии:**

- **Инновации в хранении энергии:** разработка более эффективных, дешевых и долговечных аккумуляторов, а также других методов хранения энергии (например, водородных технологий).

- **Интеллектуальные энергосети (Smart Grids):** создание сетей, способных эффективно управлять потоками энергии от различных источников, оптимизировать потребление и минимизировать потери.

- **Распределенная генерация:** развитие систем, где энергия производится ближе к потребителю (например, солнечные панели на крышах домов), что снижает нагрузку на централизованные сети.

#### **2. Развитие и внедрение новых чистых технологий:**

- **Термоядерный синтез:** если эта технология будет успешно освоена, она может стать практически неисчерпаемым источником чистой энергии.

- **Продвинутые ядерные реакторы:** разработка реакторов нового поколения, более безопасных и с меньшим количеством отходов.

- **Улавливание и хранение углерода (CCS):** технологии, позволяющие улавливать CO<sub>2</sub> из промышленных выбросов и хранить его, могут помочь смягчить последствия использования ископаемого топлива в переходный период.

#### **3. Радикальное повышение энергоэффективности:**

- **«Умные» города и здания:** использование технологий для оптимизации потребления энергии в жилых и промышленных зданиях, транспорте и городской инфраструктуре.

- **Энергоэффективные технологии:** разработка и внедрение более эффективных материалов, приборов и производственных процессов.

- **Изменение потребительского поведения:** просвещение и стимулирование людей к более осознанному потреблению энергии,

сокращению избыточного использования и выбору энергосберегающих альтернатив.

#### **4. Глобальное сотрудничество и справедливое распределение ресурсов:**

- **Международные соглашения и инвестиции:** создание глобальных механизмов для финансирования исследований и разработок в области чистой энергетики, а также для поддержки развивающихся стран в их переходе на устойчивые источники.

- **Обмен технологиями и знаниями:** открытый доступ к передовым технологиям и лучшим практикам для ускорения глобального энергетического перехода.

- **Справедливое распределение энергии:** разработка моделей, которые обеспечивают доступ к энергии для всех, независимо от географического положения или уровня экономического развития, избегая при этом новых форм энергетического неравенства.

#### **5. Переосмысление экономического роста и модели потребления:**

- **Циркулярная экономика:** переход от линейной модели «производство-потребление-утилизация» к замкнутым циклам, где ресурсы используются повторно и максимально эффективно.

- **Экономика благосостояния:** фокус не только на росте ВВП, но и на улучшении качества жизни, снижении воздействия на окружающую среду и обеспечении устойчивого развития.

#### **Заключение: вызов, который может стать возможностью**

Главная проблема энергетики XXII века – это не просто техническая задача, а экзистенциальный вызов для человечества. Она требует не только инноваций, но и глубоких социальных, экономических и политических преобразований. Однако, именно в решении этой проблемы кроется огромный потенциал для создания более справедливого, устойчивого и процветающего мира.

Успех будет зависеть от нашей способности к дальновидности, готовности к сотрудничеству и смелости принимать сложные решения. Если мы сможем объединить наши усилия, инвестировать в будущее и переосмыслить наши отношения с энергией, то XXII век может стать веком не только энергетических вызовов, но и великих достижений, которые обеспечат благополучие для грядущих поколений. Это будет эпоха, когда энергия станет не источником

конфликтов и разрушений, а фундаментом для устойчивого развития и гармонии с планетой.

### **Литература**

1. Горелик М.Л., Урин М.Г. «Структура и прямой протонный распад изобарического аналогового и изовекторного монопольного гигантских резонансов». Ядерная Физика, 2001, Т. 64 № 3, С. 560-589.
2. Кодомасов А.И. «Низкотемпературный ядерный синтез», Материалы IX МНК «Пространство, время, тяготение», С. Петербург, 2007 г., С. 133-149.

3. Кишкинцев В.А. «Не допустить электронного голода?», ж-л «Знак вопроса», изд. Знание, 2009, № 2, С. 93-98.

4. Кишкинцев В.А. О допустимости применения поправки Эйтвеша к тепловому движению молекул газа, Изв. вузов Физика, 1990, № 5, С. 100-102.

5. Kichkintsev V.A. The Eotvos Correction Applied to the Thermal Motion of Gas Molecules, Galilean Electrodynamics. 1993 yr., Vol. 4, No. 3, C. 47-50.

**KULIKOVA Alla Ivanovna**

Methodologist, Belgorod Institute of Educational Development, Russia, Belgorod

## **ENERGY OF THE XXII CENTURY: THE MAIN PROBLEM AND WAYS TO SOLVE IT**

**Abstract.** This article examines the key challenges facing the global energy sector in the 20th century and offers comprehensive solutions to ensure a sustainable and secure energy future.

**Keywords:** energy of the XXII century, the main problem, solutions, sustainable development, renewable energy sources, nuclear power, thermonuclear fusion, energy efficiency, energy storage, smart grids, decarbonization, climate change, energy security.

**НОВОСЕЛОВА Мария Николаевна**

студентка, Башкирский государственный медицинский университет, Россия, г. Уфа

**РАФИКОВА Арианна Ришатовна**

студентка, Башкирский государственный медицинский университет, Россия, г. Уфа

## **МАГНИТНЫЕ БУРИ: ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА, МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ И ГИПОТЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СНИЖЕНИЮ ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЧЕЛОВЕКА**

**Аннотация.** В статье рассматриваются физические механизмы магнитных бурь, их классификация и методы измерения с использованием геомагнитных индексов. Анализируется влияние геомагнитных возмущений на организм человека и группы повышенной чувствительности. Оценены перспективы активных и пассивных антимагнитных устройств, показано, что активные системы ограничены физическими и медицинскими факторами, тогда как пассивные решения представляют собой более безопасный подход к локальной стабилизации электромагнитной среды.

**Ключевые слова:** магнитные бури, солнечный ветер, геомагнитные индексы, индекс Dst, магнитосфера, влияние на человека, метеочувствительность, антимагнитные устройства, пассивная защита, электромагнитная среда.

### **Введение**

Магнитные бури являются проявлением нестационарных процессов в магнитосфере Земли, вызванных взаимодействием солнечного ветра с геомагнитным полем [1, 2]. В статье рассматриваются физические механизмы возникновения магнитных бурь, их классификация и методы измерения, включая индекс Dst [6, 9]. Особое внимание уделено анализу влияния геомагнитных возмущений на человека [4, 5], а также рассмотрены гипотетические активные и пассивные технические решения, направленные на снижение их воздействия, с оценкой влияния на организм, технику и окружающую среду [1, 6].

### **Физическая сущность магнитных бурь**

Магнитная буря – это временное возмущение магнитного поля Земли, возникающее при взаимодействии солнечного ветра с магнитосферой [1, 2]. Солнечный ветер представляет собой поток заряженных частиц, движущихся со скоростью  $V \approx 300\text{--}800 \text{ км/с}$  [3, 6].

Динамическое давление солнечного ветра определяется выражением:

$$P = 1,6726 \times 10^{-6} \times n \times V^2, \quad (1)$$

Где  $P$  – давление ( $\text{nPa}$ );  $n$  – плотность частиц ( $\text{см}^{-3}$ );  $V$  – скорость частиц ( $\text{км/с}$ ) [3].

Рост давления приводит к деформации магнитосферы и увеличению токов в ионосфере и

магнитосфере, что проявляется как магнитная буря [2, 6].

### **Виды магнитных бурь**

Магнитные бури подразделяются:

- по происхождению (вспышечные, СМЕ-бури, рекуррентные) [6, 8];
- по интенсивности, оцениваемой по изменению магнитной индукции и геомагнитным индексам [1].

Классификация проводится по силе воздействия, чаще всего по индексу Кр (планетарный индекс), который варьируется от 0 до 9 [6]:

- Слабая ( $\text{Kp}=5$ ). Почти незаметна для большинства людей, но может влиять на миграцию животных и слабые радиопомехи [6].
- Умеренная ( $\text{Kp}=6$ ). Может вызывать проблемы со связью в полярных регионах и небольшие сбои в энергосистемах [8].
- Сильная ( $\text{Kp}=7\text{--}8$ ). Широкомасштабные проблемы с навигацией (Gps), радиосвязью, возможны скачки напряжения в сетях. Влияние на самочувствие людей становится массовым [7, 8].
- Экстремальная ( $\text{Kp}=9$ ). Редкое событие с катастрофическими последствиями для инфраструктуры: отключения электроэнергии, серьезные повреждения спутников, глобальные сбои связи. Знаменитая «Событие Кэррингтона» 1859 года было именно такой бурей [5, 7].

## Методы измерения магнитных бурь

Основные измеряемые параметры:

- магнитная индукция В:

$$B = F/(I \times l), \quad (2)$$

Где  $F$  – сила, действующая на проводник;  $I$  – сила тока в проводнике;  $l$  – длина проводника.

- скорость солнечного ветра  $v$ :

$$V = m_p * P/n, \quad (3)$$

Где  $m_p$  – масса протона;  $P$  – давление солнечного ветра;  $n$  – плотность частиц.

- плотность плазмы:

$$r = nm, \quad (4)$$

Где  $\rho$  – плотность электронного газа;  $n$  – концентрация заряженных частиц в плазме.

- энергия частиц:

$$E = mu^2/2, \quad (5)$$

Где  $m$  – масса частиц,  $u$  – скорость.

Измерения проводятся с помощью наземных магнитометров и спутниковых систем [2, 6]. Для обобщённой оценки используются геомагнитные индексы Кр, АЕ и Dst [6, 9].

### Индекс Dst и его физический смысл

Индекс Dst (Disturbance Storm Time) отражает изменение горизонтальной компоненты магнитного поля Земли, связанное с усилением кольцевого тока в магнитосфере [6, 9]:

$$\Delta BD_{st} \propto -I, \quad (6)$$

Где  $I$  – сила кольца.

Чем более отрицательно значение Dst, тем выше энергия, накопленная в магнитосфере [9]. Индекс Dst является основным количественным показателем интенсивности магнитных бурь [6].

*Человек и влияние бурь: миф или реальность?*

Основные гипотезы влияния [4, 5]:

- Изменение микроциркуляции крови. Возмущения магнитного поля могут влиять на вязкость крови и тонус капилляров, вызывая кислородное голодаание тканей.
- Нарушение выработки мелатонина. Магнитные поля влияют на эпифиз (шишковидную железу), который регулирует циркадные ритмы и выработку гормона сна мелатонина. Это объясняет бессонницу и чувство разбитости.
- Стрессовая реакция организма. Нестабильность окружающей магнитной среды воспринимается телом как угроза, провоцируя выброс гормонов стресса (кортизол), что ведет к повышению давления, тревожности и снижению иммунитета.

Симптомы: головная боль, колебания артериального давления, тахикардия, слабость,

снижение концентрации, беспричинная тревога, обострение хронических заболеваний [4, 5].

*Группы людей, чувствительные к магнитным бурям*

Повышенная чувствительность наблюдается у [4, 5]:

- лиц с сердечно-сосудистыми заболеваниями;
- людей с нарушениями нервной регуляции;
- пожилых;
- лиц с выраженной метеочувствительностью.

С физической точки зрения влияние магнитных бурь является косвенным и связано с изменением электромагнитной среды [1].

### Гипотетические антимагнитные устройства

Несмотря на то, что на сегодняшний день не существует общепринятых технических средств, способных эффективно защищать человека от воздействия магнитных бурь, развитие физики, биофизики и медицинских технологий позволяет рассматривать гипотетические подходы к решению данной проблемы [1, 6]. В рамках настоящей работы предлагаются и анализируются концептуальные модели антимагнитных устройств, основанные на физических принципах электромагнетизма и с учётом ограничений, накладываемых биологическими системами.

Предлагаемые решения не являются готовыми инженерными разработками, а представляют собой научно-теоретическое моделирование, направленное на оценку принципиальной реализуемости, потенциальной эффективности и возможных рисков [1, 6]. Рассматриваются как активные устройства, создающие локальные электромагнитные поля, так и пассивные системы, основанные на перераспределении магнитных линий без генерации собственного излучения.

Данный подход позволяет проанализировать проблему комплексно, с позиций физики, медицины и экологии, а также определить наиболее перспективные направления дальнейших исследований.

### Активные антимагнитные устройства: концепция и реализация

#### *Внутренний антимагнитный чип*

Внутренний чип представляет собой имплантируемое электронное устройство, предназначенное для регистрации изменений

геомагнитного поля и генерации локального компенсирующего поля [6]:

#### *Реализация*

Возможные зоны имплантации [4]:

- подкожно в области грудной клетки,
- подключичная зона,
- брюшная полость.

Влияние на организм:

- возможное вмешательство в биоэлектрические процессы нервной и сердечной ткани;
- локальное тепловое воздействие [6]:

$$Q = I^2 \times R \times t, \quad (7)$$

Где количество тепла ( $Q$ ) – в джоулях (Дж); сила тока ( $I$ ) – в амперах (А); сопротивление ( $R$ ) – в омах (Ом); время ( $t$ ) – в секундах (с).

- иммунные реакции на инородное тело.

Влияние на технику [6]:

- электромагнитные помехи для кардиостимуляторов и медицинских приборов;
- потенциальные помехи беспроводной связи вблизи источника поля.

Влияние на планету:

Локальный характер поля исключает глобальное влияние, однако массовое внедрение подобных устройств могло бы увеличить электромагнитный «шум» в антропогенной среде.

Вывод: практическая реализация ограничена физическими и медицинскими рисками.

*Наружный антимагнитный чип (активное носимое устройство)*

Наружное устройство предполагается в виде кольца или браслета с генерацией электрического тока и локального магнитного поля.

Интенсивность магнитного поля, созданного носимым устройством, быстро убывает с расстоянием [1, 6]:

$$B \sim 1 / r^3, \quad (8)$$

Где  $r$  – расстояние от источника поля.

В результате магнитное поле, генерируемое наружным устройством (кольцом или браслетом), является локальным и существенно воздействует лишь на ткани, рядом с этим устройством. При увеличении расстояния напряженность поля резко снижается, что делает невозможной равномерно компенсировать влияние геомагнитного поля на организм.

В результате локального воздействия на организм могут происходить:

- раздражение кожных рецепторов;
- влияние на периферическую нервную систему;
- риск неблагоприятного воздействия при длительном ношении.

Влияние на технику:

- помехи для электронных устройств [6];
- индуцированные токи в металлических предметах.

Влияние на планету:

Массовое использование активных носимых устройств может способствовать росту локальных электромагнитных помех.

*Пассивная система магнитной стабилизации среды (альтернативный подход)*

В отличие от активных устройств, пассивная система не создаёт собственного электромагнитного поля.

Принцип работы пассивной системы основан на использовании материалов с высокой магнитной проницаемостью [1, 2]

$$\mu \gg \mu_0, \quad (9)$$

Где  $\mu_0$  – это магнитная проницаемость вакуума;  $\mu$  – магнитная проницаемость конкретного материала, который будет использоваться для создания пассивной системы.

Материалы с магнитной проницаемостью не создают магнитное поле, но способны перераспределять существующие магнитные линии.

За счёт этого достигается частичное сглаживание пространственных и временных неоднородностей магнитного поля, а также снижение скорости его локальных изменений.

*Реализация*

Пассивные элементы могут быть реализованы в виде:

- встроенных в одежду или аксессуары вставок из мягких материалов;
- стационарных конструкций, используемых в жилых или рабочих помещениях.

Влияние на организм

Пассивная система не оказывает прямого воздействия на организм, поскольку не вмешивается в биоэлектрические процессы и не формирует собственного электромагнитного поля. Её действие ограничивается изменением распределения внешнего магнитного поля в окружающей среде.

Влияние на технические устройства

Отсутствие активной генерации электромагнитного поля исключает воздействие пассивной системы на работу электронных и электротехнических устройств.

Влияние на глобальную магнитную среду

Пассивный характер системы не предполагает воздействия на глобальное геомагнитное поле, поскольку перераспределение магнитных линий происходит исключительно локально и не изменяет параметры магнитного поля планеты в целом [1, 2].



Рис. Архитектура активных и пассивных чип-систем с магнитным взаимодействием

### Заключение

Магнитные бури являются сложным физическим явлением, обусловленным динамикой солнечного ветра и магнитосферы Земли [1, 6]. Активные antimагнитные устройства, включая имплантируемые и наружные чипы, сталкиваются с серьёзными физическими и медицинскими ограничениями [4, 6]. Более перспективным направлением является пассивная стабилизация локальной электромагнитной среды, позволяющая снизить воздействие геомагнитных флуктуаций без вмешательства в организм человека и без влияния на технические системы [1, 2].

### Литература

1. Криволуцкий А.А. Солнечно-земные связи и магнитные бури. Москва: Физматлит, 2010.

2. Данилов А.Д., Миронов В.В. Физика магнитосферы Земли. Санкт-Петербург: Издво СПбГУ, 2012.

3. Гуревич А.В. Физика космической плазмы. Москва: Наука, 1998.

4. Коваленко В.А. Геомагнитные возмущения и их влияние на биологические системы // Успехи физических наук, 2007, Т. 177, № 4.

5. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. Москва: Мысль, 1976.

6. Kivelson M.G., Russell C.T. Introduction to Space Physics. Cambridge University Press, 1995.

7. Gonzalez W.D., Tsurutani B.T. Criteria of interplanetary parameters causing intense magnetic storms // Planetary and Space Science, 1987.

8. Bothmer V., Daglis I.A. Space Weather: Physics and Effects. Springer, 2007.

9. Dessler A.J., Parker E.N. Hydromagnetic theory of geomagnetic storms // Journal of Geophysical Research, 1959.

NOVOSELOVA Maria Nikolaevna

Student, Bashkir State Medical University, Russia, Ufa

RAFIKOVA Arianna Rishatovna

Student, Bashkir State Medical University, Russia, Ufa

## MAGNETIC STORMS: PHYSICAL NATURE, MEASUREMENT METHODS AND HYPOTHETICAL APPROACHES TO REDUCING THEIR IMPACT ON HUMANS

**Abstract.** The article discusses the physical mechanisms of magnetic storms, their classification and measurement methods using geomagnetic indices. The influence of geomagnetic disturbances on the human body and hypersensitivity groups is analyzed. The prospects of active and passive antimagnetic devices are evaluated, and it is shown that active systems are limited by physical and medical factors, while passive solutions represent a safer approach to local stabilization of the electromagnetic environment.

**Keywords:** magnetic storms, solar wind, geomagnetic indexes, Dst index, magnetosphere, human impact, weather sensitivity, antimagnetic devices, passive protection, electromagnetic environment.

# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

КИМ Антон Валерьевич

магистрант, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,  
Республика Казахстан, г. Астана

*Научный руководитель – доцент кафедры строительства Евразийского национального университета имени Л. Н. Гумилева, кандидат технических наук Цыгулев Денис Владимирович*

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЭСТАКАД: ОБЗОР ПОДХОДОВ И ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

**Аннотация.** В статье обобщены результаты магистерской диссертации, посвящённой разработке и пилотному внедрению автоматизированной системы мониторинга технического состояния железнодорожных эстакад в Республике Казахстан. На основе анализа современной литературы по структурному мониторингу (*Structural Health Monitoring, SHM*) и действующей нормативной базы показано, что сочетание интенсивных поездных нагрузок и резко континентального климата делает эстакады одним из наиболее уязвимых элементов железнодорожной инфраструктуры. Приведены ключевые положения теоретической части работы: классификация железнодорожных эстакад как объектов мониторинга, состав контролируемых диагностических параметров, сравнительная характеристика датчиков деформаций, вибраций и перемещений, требования к точности и надёжности АСМ. Описаны методика построения расчётной модели эстакады и сопоставление прогнозируемых и фактических откликов конструкции, на основе которого сформированы производные требования к системе мониторинга и реализована концепция «цифрового двойника» сооружения. Представлена архитектура предложенной АСМ, включающая сеть волоконно-оптических датчиков, акселерометров и инклинометров, локальные устройства сбора данных и программно-алгоритмический контур обработки сигналов и выдачи предупредительных и аварийных сообщений. Обсуждаются результаты пилотной реализации системы на железнодорожной эстакаде в г. Астане и даются рекомендации по тиражированию аналогичных решений на другие мостовые сооружения Казахстана.

**Ключевые слова:** железнодорожная эстакада, автоматизированная система мониторинга, структурный мониторинг, напряжённо-деформированное состояние, цифровой двойник, волоконно-оптические датчики, вибродиагностика.

### Введение

Железнодорожные эстакады и путепроводы выступают ключевыми элементами транспортной инфраструктуры крупных городов и узловых станций: именно они обеспечивают бесконфликтное пересечение путей общего пользования с улично-дорожной сетью и высокую пропускную способность узлов. Для Республики Казахстан, обладающей протяжённой сетью железных дорог и интенсивными грузовыми и пассажирскими потоками, вопрос их технического состояния имеет стратегический характер. Нарушение работоспособности даже

одного крупного перехода чревато не только транспортными задержками, но и значимыми социально-экономическими последствиями.

Эксплуатация эстакад протекает в условиях сочетания тяжёлых многоцикловых нагрузок от подвижного состава, климатических воздействий резко континентального климата и естественного старения материалов. Это ведёт к накоплению усталостных повреждений металлоконструкций, развитию трещин в железобетоне, коррозии, износу деформационных устройств и опорных частей [2; 8, с. 984–1027; 12, с. 1360]. В таких условиях традиционная

практика периодических визуальных обследований оказывается недостаточной для раннего выявления опасных дефектов, а переход к автоматизированному мониторингу технического состояния рассматривается как необходимый элемент современной политики управления ресурсом сооружений [1; 3; 9, с. 1056-1074].

В мировой литературе накоплен значительный опыт применения методов структурного мониторинга (Structural Health Monitoring, SHM) к мостам и эстакадам, включая использование волоконно-оптических систем, беспроводных сенсорных сетей и технологий компьютерного зрения [4; 5, с. 345-372; 6; 7, с. 19-33; 10; 11; 12, с. 1360]. В то же время для казахстанских объектов характерен ряд специфических факторов: большие амплитуды сезонных температур, морозное пучение грунтов, применение противогололёдных реагентов, а также особенности национальной нормативной базы [13, 14, 15, 16, 20]. Это требует адаптации типовых SHM-решений и разработки собственной архитектуры автоматизированных систем мониторинга (ACM), интегрированных в систему эксплуатации железнодорожных сооружений.

Цель обзорной статьи – на основе материалов магистерской диссертации обобщить теоретические и прикладные результаты, полученные при разработке и пилотном внедрении ACM технического состояния железнодорожной эстакады в г. Астане, и показать, каким образом комбинация расчётного моделирования и натурного мониторинга позволяет сформировать требования к системе и обеспечить её эффективность. Статья последовательно рассматривает:

1. Теоретические основы структурного мониторинга эстакад;
2. Методику построения цифрового двойника сооружения и сопоставление прогнозируемых и фактических откликов;
3. Архитектуру и алгоритмы разработанной ACM;
4. Результаты пилотной реализации и рекомендации по масштабированию подхода.

Железнодорожная эстакада представляет собой протяжённое мостовое сооружение, как правило, многопролётной схемы, предназначенное для пропуска путей над улично-дорожной сетью или другими инженерными объектами. Конструктивно эстакады включают пролётные строения (балочные, неразрезные, рамные, реже арочные и вантовые), систему опор,

деформационные устройства, балластное корыто и вспомогательные элементы (шумозащитные экраны, водоотвод, инженерные сети). Уязвимыми зонами выступают опорные части, температурные швы и сопряжения пролётов, где концентрируются напряжения и чаще всего фиксируются усталостные трещины, коррозионные повреждения и просадки [12, с. 1360; 14].

Для условий Казахстана дополнительно значимы климатические воздействия: диапазон температур в районе Астаны достигает примерно 90°С в течение года, глубина сезонного промерзания грунтов – до 2–2,5 м, характерны сильные ветровые нагрузки и использование солевых реагентов [15]. Это усиливает риск термомеханической усталости металла, морозного разрушения бетона и неравномерных осадок опор. Соответственно, при выборе параметров мониторинга необходимо учитывать температурные деформации, влияние морозного пучения и ветровых эффектов.

Концепция SHM предполагает многоуровневую систему наблюдений, объединяющую периодические обследования и непрерывный автоматизированный контроль [1, 2]. В отношении эстакад наибольший интерес представляет стационарная ACM, работающая в режиме 24/7 и предназначенная для регистрации ключевых диагностических параметров, раннего выявления аномалий и поддержания принятия решений о ремонте и эксплуатации сооружения [9, с. 1056-1074; 12, с. 1360]. Нормативные документы (СП РК EN 1991-2 [13], СН РК 3.03-12-2013 [14], СП РК 2.04-01-2017 [15], СП РК EN 1990 [16], UIC 776-1 [17], ISO 13822 [18], ГОСТ 31937-2024 [19], СНиП РК 3.02-05-2010 [20]) задают расчётные значения воздействий, категории технического состояния и общие требования к мониторингу, но не регламентируют детально состав и архитектуру ACM; этот пробел восполняется в рассматриваемой диссертации.

На основе обзора литературы и анализа действующих норм в работе выделен минимальный набор контролируемых параметров для железнодорожных эстакад: относительные деформации и напряжения в основных несущих элементах; вертикальные прогибы и перемещения пролётных строений; углы наклона и осадки опор; виброускорения и собственные частоты колебаний; температура конструкций и окружающего воздуха; при необходимости – влажность и уровень грунтовых вод [3; 5, с. 345-372; 7, с. 19-33; 12, с. 1360]. Эти параметры позволяют косвенно характеризовать

напряжённо-деформированное состояние (НДС) сооружения и отслеживать его изменение во времени.

Для регистрации указанных величин используются различные типы сенсоров: тензо-резистивные и волоконно-оптические датчики деформаций, акселерометры, инклинометры, линейные датчики перемещений, GNSS-приёмники, температурные и метеодатчики [4; 5, с. 345–372; 6; 7, с. 19–33; 10; 11; 12, с. 1360]. Суммарный обзор показывает, что распределённые волоконно-оптические системы

(DFOS) и современные MEMS-акселерометры обеспечивают высокую чувствительность и устойчивость к электромагнитным помехам, что особенно важно вблизи железнодорожной инфраструктуры [10, 11]. В диссертации предлагается комбинированная схема, включающая волоконно-оптические датчики для ключевых сечений, акселерометры для контроля динамики пролётов и инклинометры на опорах. Пример соответствия диагностических параметров и типов датчиков приведён в таблице.

Таблица

**Примеры контролируемых параметров и применяемых датчиков  
в АСМ железнодорожной эстакады**

Тип датчика	Измеряемые параметры	Примеры и особенности
Тензометрический датчик (электрический тензодатчик сопротивления)	Относительные деформации (растяжения/сжатия) конструкции; косвенно – механические напряжения.	Представляет собой чувствительную решётку (фольгу), наклеиваемую на поверхность элемента. При его деформации изменяется электрическое сопротивление датчика. Позволяет измерять микродеформации (единицы микрострайн, $10^{-6}$ ). Требует калибровки и термокомпенсации; обычно подключается к модулю сбора данных.
Волоконно-оптический датчик (Fiber Bragg Grating, интерферометрический и др.)	Деформации, температура, вибрация (в зависимости от конструкции датчика).	Использует оптоволокно с сеткой Брэгга или другим преобразователем. Отличается высокой чувствительностью и устойчивостью к внешним электромагнитным помехам. Возможно создание распределённых сенсоров – один оптический кабель контролирует деформации на большой длине конструкций. Применение ограничено относительно высокой стоимостью оборудования и необходимостью специализированных приёмников сигнала.
Акселерометр (сейсмодатчик)	Ускорения конструкций (обычно в трёх взаимно перпендикулярных осях); косвенно – частоты и формы собственных колебаний, сейсмические воздействия.	В АСМ используются высокочувствительные акселерометры (типа MEMS или пьезоэлектрические), устанавливаемые на пролётах и опорах. Они записывают вибрации от проходящих поездов, ветра, землетрясений. Анализ сигнала позволяет определить динамические характеристики конструкции. Чувствительность обычно выражается в $\text{м/с}^2$ ; важна синхронизация датчиков на разных опорах для корректного сравнения фаз колебаний.
Инклинометр (датчик наклона)	Угол наклона конструктивного элемента (опоры, пролёта) относительно вертикали.	Измеряет малые угловые изменения (порядка секунд дуги). Бывают механические маятниковые, электролитические и MEMS-инклинометры. Устанавливаются на вершинах опор или в узлах пролётов. Позволяют фиксировать крены опор при неравномерной осадке либо прогибы балок. Например, на эстакаде могут контролироваться углы наклона промежуточных опор под нагрузкой поезда.

Тип датчика	Измеряемые параметры	Примеры и особенности
Датчик перемещения (линейный)	Линейные перемещения, смещения и раскрытие трещин.	В эту категорию входят: LVDT – линейные дифференциальные трансформаторные датчики перемещения с сердечником; тросовые датчики (стринг-потенциометры) – измеряют перемещение через вытягивание стального троса, намотанного на катушку с потенциометром; лазерные дальномеры – бесконтактно измеряют расстояние до отражателя. Такие датчики применяются для мониторинга прогибов пролётов (например, тросовый датчик между пролётом и землёй) либо для контроля ширины раскрытия деформационных швов и трещин. Точность – от долей миллиметра до миллиметров, диапазон – до десятков сантиметров (для тросовых) и больше для лазерных.
GNSS/GPS приемник	Координаты характерных точек конструкции (X, Y, Z); горизонтальные и вертикальные перемещения большой амплитуды (миллиметры и выше).	Спутниковая система позиционирования позволяет отслеживать медленные смещения эстакады в глобальной системе координат. Например, прогиб пролёта под нагрузкой ~5–10 мм можно теоретически уловить высокоточным GPS, однако погрешность сопоставима. Более применимо для мониторинга осадки устоев или дрейфа конструкции со временем. Преимущество – отсутствие проводов (беспроводной мониторинг), недостаток – зависимость от качества сигнала и атмосферы.
Температурный датчик	Температура воздуха, конструкций (стали, бетона), опорных частей.	Обычно используются термометры сопротивления (термомосты), термопары или полупроводниковые датчики. Они устанавливаются на контрольных сечениях балок, внутри бетона опор (для отслеживания температурных градиентов) и снаружи. Температурные данные необходимы для учёта температурных деформаций: корректировки показаний тензодатчиков, оценки тепловых напряжений, а также для сигнализации о морозных режимах (при температуре ниже проекта необходимо усилить контроль, возможно, ограничить движение).
Датчики среды (влажности, осадков, давления)	Влажность воздуха (%), наличие осадков (дождя), уровень грунтовых вод, давление ветра.	Метеодатчики в составе АСМ фиксируют условия окружающей среды. Датчик влажности, например, поможет оценить риск коррозии и степень насыщения бетона водой (при 100% влажности воздуха и минусовых температурах риск обледенения максимальен). Осадкомеры и анемометры могут быть установлены для предупреждения: сильный ветер и гололёд – критические условия для эстакады. Пьезометры в грунте у оснований опор покажут подъём грунтовых вод, что важно для устойчивости фундаментов.

Отдельное внимание уделено вопросу формирования пороговых значений показателей: на основе требований EN 1990 [16], ISO 13822 [18] и ГОСТ 31937–2024 [19] вводятся уровни «нормы», «предупреждения» и «аварии», привязанные к предельным состояниям конструкций. Для каждого контролируемого параметра (прогиб, напряжение, частота и др.) задаются допустимые диапазоны, при выходе за которые АСМ должна генерировать предупредительные или аварийные сигналы. Такой подход позволяет интегрировать результаты мониторинга в существующую систему оценки надёжности сооружений.

### **Материалы и методы**

Ключевым методологическим элементом диссертации является построение расчётной модели эстакады и её интеграция с данными мониторинга в формате «цифрового двойника» [9, с. 1056–1074; 10; 11; 12, с. 1360; 21]. Рассматриваемый объект – трёхниточная железнодорожная эстакада длиной порядка 2,55 км в г. Астане, выполненная в виде неразрезных металлических пролётных строений с ортотропной плитой и железобетонными опорами. На основе норм СП РК EN 1991-2 [13], СН РК 3.03-12-2013 [14] и UIC 776-1 [17] сформированы расчётные сценарии нагружения: постоянные нагрузки от собственного веса, подвижные нагрузки типа С-14 с учётом динамических коэффициентов, тормозные усилия, ветровые воздействия, сугробовая нагрузка и температурные воздействия включая градиенты по сечению.

Расчётная схема реализована в программном комплексе методом конечных элементов; моделируются неразрезные балки, пространственная работа пролётных строений и податливость опорных частей. Для каждого сценария определены прогибы пролётов, эпюры изгибающих моментов и поперечных сил, реакции в опорах, а также собственные частоты и формы колебаний. Особое внимание уделено сочетаниям нагрузок, отвечающим предельным состояниям первой и второй групп, – полному грузовому поезду на эстакаде при неблагоприятной температуре и ветре, а также особым ситуациям торможения и локальных перегрузок [8, с. 984–1027; 13; 14].

Натурные данные получены в процессе опытной эксплуатации эстакады, оснащённой АСМ: при проходе реальных поездов фиксировались деформации в характерных сечениях, прогибы, ускорения пролётных строений и

углы наклона опор, одновременно регистрировались метеопараметры [8, с. 984–1027; 12, с. 1360; 22]. Сопоставление показало, что фактические прогибы и напряжения в среднем на 10–15% ниже расчётных значений, собственные частоты колебаний отличаются не более чем на 5–7%, а демпфирование близко к ожидаемым значениям для стальных мостов с балластом.

Такое соответствие свидетельствует, с одной стороны, о корректности исходной расчётной модели, а с другой – позволяет использовать её в качестве цифрового эталона для интерпретации данных АСМ. Выявленные различия объясняются консервативностью принятых нормативных сценариев, расхождениями в жёсткости отдельных узлов и фактическим распределением нагрузок по путям. На основе результатов сопоставления выполнена калибровка модели (уточнение жёсткостей, граничных условий, распределения масс), что повысило точность прогноза и позволило сформировать количественные требования к чувствительности и диапазону измерений датчиков: АСМ должна регистрировать изменения НДС на уровне нескольких процентов от нормальных значений, чтобы надёжно фиксировать деградацию жёсткости или локальные повреждения.

Кроме того, анализ сочетаний нагрузок и фактических откликов позволил выделить наиболее критичные элементы и узлы конструкции, которые необходимо контролировать в первую очередь: средние части пролётов с максимальными изгибающими моментами, участки над опорами в неразрезных балках, деформационные швы, опорные части и высокие опоры, чувствительные к неравномерным осадкам. Именно в этих точках концентрируется сеть сенсоров разработанной АСМ, что отражено в дальнейшей части работы.

### **Архитектура и алгоритмы автоматизированной системы мониторинга**

Исходя из сформированных требований, в диссертации предложена и реализована многоуровневая архитектура АСМ железнодорожной эстакады, включающая сеть сенсоров на сооружении, локальные узлы сбора и предварительной обработки данных, центральный сервер и автоматизированное рабочее место оператора [10; 11; 12, с. 1360; 21; 22]. На уровне первичных измерений система использует волоконно-оптические датчики деформаций на главных балках пролётов, инклинометры на опорах,

акселерометры на характерных пролётах и метеостанцию. Локальные контроллеры, размещённые в распределительных шкафах, осуществляют оцифровку сигналов, их временную

синхронизацию и передачу по оптоволоконной и медной сетям на сервер. Обобщённая схема АСМ показана на рисунке.

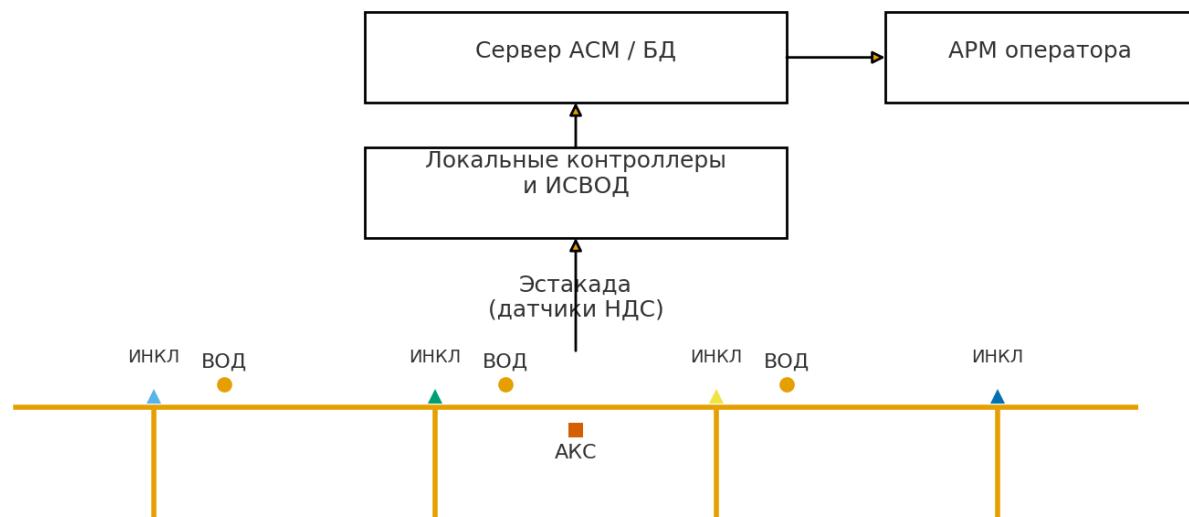


Рис. Обобщённая архитектура автоматизированной системы мониторинга железнодорожной эстакады

При проектировании учтены требования климатической устойчивости и надёжности: датчики и коммутационное оборудование рассчитаны на диапазон температур от  $-40$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , имеют степень защиты не ниже IP65, предусматривается резервирование питания через источники бесперебойного питания и, при необходимости, альтернативные каналы связи. Частота опроса датчиков деформаций и наклона выбирается с учётом характерных динамических процессов, а акселерометры регистрируют вибрации с дискретизацией порядка сотен герц, что достаточно для модального анализа и оценки комфорта движения [2; 8, с. 984-1027; 15].

Программно-алгоритмическая часть АСМ реализует непрерывный сигнальный мониторинг и режим периодического углублённого анализа. В первом случае в реальном времени вычисляются интегральные показатели состояния (максимальные деформации и прогибы при проходе каждого поезда, текущие собственные частоты, углы наклона опор), которые сравниваются с пороговыми значениями, сформированными по результатам расчётного моделирования и требований нормативов [18, 19, 20]. При превышении порога «предупреждения» система формирует сообщение об инциденте, при достижении уровня, соответствующего предельному состоянию, – аварийный сигнал, инициирующий регламент действий эксплуатационных служб.

Во втором режиме – периодического мониторинга – выполняется долговременный анализ трендов и сопоставление с цифровым двойником сооружения. На основе накопленных записей вибраций определяется эволюция модальных параметров (частот, форм колебаний, коэффициентов демпфирования); вычисляются индикаторы повреждений в духе современных методов SHM [1; 4; 7, с. 19-33]. При существенных расхождениях между расчётыми и измеренными величинами выполняется идентификация возможных изменений жёсткости отдельных элементов и уточнение модели, что позволяет локализовать зоны потенциальных дефектов и оценить остаточный ресурс конструкции [9, с. 1056-1074; 10; 11; 12, с. 1360; 21].

Интерфейс автоматизированного рабочего места обеспечивает наглядное представление информации: на схеме эстакады отображаются текущие значения ключевых параметров и состояние датчиков, реализованы графики изменения показателей во времени, журнал событий и подсказки по реагированию на сигналы. Тем самым АСМ выполняет не только функцию «датчик – сигнал», но и роль подсистемы поддержки принятия решений для инженерно-технического персонала, что соответствует современным представлениям о цифровых платформах мониторинга инфраструктурных объектов [2; 12, с. 1360; 21].

## Заключение

Обзор результатов магистерской диссертации показывает, что интеграция методов структурного мониторинга, расчётного моделирования и цифровых технологий создаёт эффективный инструмент обеспечения безопасности и долговечности железнодорожных эстакад. Теоретическая часть работы уточняет перечень диагностических параметров и требований к АСМ в условиях резко континентального климата и насыщенной железнодорожной инфраструктуры Казахстана; аналитическое моделирование и сопоставление с натурными данными подтверждают корректность принятых расчётных предпосылок и позволяют сформировать количественные критерии для настройки системы мониторинга.

Разработанная архитектура АСМ и её пилотное внедрение на эстакаде в Астане демонстрируют практическую реализуемость подхода и его потенциал для масштабирования. Система обеспечивает непрерывный контроль НДС пролётных строений и опор, оперативную сигнализацию об отклонениях и возможность интеграции с цифровым двойником сооружения. По моему мнению, дальнейшее развитие подобных решений – с расширением сенсорных технологий, применением методов машинного обучения и созданием единого отраслевого центра обработки данных – является логичным шагом на пути к «умной» железнодорожной инфраструктуре, ориентированной на управление рисками и жизненным циклом объектов.

Сформулированные в диссертации подходы и рекомендации могут быть использованы при разработке типовых проектов АСМ для других железнодорожных и автодорожных мостов, а также при совершенствовании национальной нормативно-методической базы в части мониторинга технического состояния ответственных инженерных сооружений.

## Литература

1. Farrar C.R., Worden K. Structural Health Monitoring: A Machine Learning Perspective. Wiley, 2012.
2. Chen H.-P. Structural Health Monitoring of Large Civil Engineering Structures. Wiley, 2018.
3. Boller C., Chang F.-K., Fujino Y. (eds.). Encyclopedia of Structural Health Monitoring. Wiley, 2009.
4. Giurgiutiu V. Structural Health Monitoring with Piezoelectric Wafer Active Sensors. 3rd ed. Elsevier/Academic Press, 2017.
5. Lynch J.P. An overview of wireless structural health monitoring for civil structures // Philosophical Transactions of the Royal Society A. 2007. Vol. 365, No. 1851. P. 345-372.
6. Luo K. et al. Computer Vision Based Bridge Inspection and Monitoring: A Review // Sensors. 2023. Vol. 23, No. 18. Art. 7863.
7. Wang Y. et al. Structural health monitoring of railway bridges using innovative sensing technologies and machine learning algorithms: a concise review // Intelligent Transportation Infrastructure. 2022. Vol. 1, No. 1. P. 19-33.
8. Zhai W. et al. Train-track-bridge dynamic interaction: a state-of-the-art review // Vehicle System Dynamics. 2019. Vol. 57, No. 7. P. 984-1027.
9. Vagnoli M., Remenyte-Prescott R., Andrews J. Railway bridge structural health monitoring and fault detection: state of the art // Structural Health Monitoring. 2018. Vol. 17, No. 4. P. 1056-1074.
10. Armijo J. et al. Integration of Railway Bridge Structural Health Monitoring System with a Digital Twin Solution // Sensors. 2024. Vol. 24, No. 7. Art. 3115.
11. Kishida K. et al. Monitoring a Railway Bridge with Distributed Fiber Optic Sensing (DFOS) // Sensors. 2024. Vol. 25, No. 1. Art. 98.
12. Deng Z., Huang M., Wan N., Zhang J. The Current Development of Structural Health Monitoring for Bridges: A Review // Buildings. 2023. Vol. 13, No. 6. P. 1360.
13. СП РК ЕН 1991-2:2003/2011. Воздействия на несущие конструкции. Часть 2. Транспортные нагрузки на мосты.
14. СН РК 3.03-12-2013. Мосты и трубы.
15. СП РК 2.04-01-2017. Строительная климатология.
16. СП РК ЕН 1990:2002+A1:2005/2011. Основы проектирования несущих конструкций.
17. UIC 776-1. Loads to be considered in railway bridge design. 2nd ed. International Union of Railways, 2009.
18. ISO 13822:2010. Bases for design of structures – Assessment of existing structures.
19. ГОСТ 31937-2024. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
20. СНиП РК 3.02-05-2010. Автоматизированная система мониторинга зданий и сооружений. Астана, 2010.
21. Adeagbo M.O., Wang S.-M., Ni Y.-Q. Revamping structural health monitoring of advanced rail transit systems: a paradigmatic shift from

digital shadows to digital twins // Advanced Engineering Informatics. 2024. Vol. 61. Art. 102450.

22. ТОО «НИИ Транспорта и коммуникаций». Рабочий проект автоматизированной

системы мониторинга: ж/д эстакада L=2551 м (г. Астана). Алматы, 2017.

**KIM Anton Valerievich**

Master's Student,

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Republic of Kazakhstan, Astana

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Civil Engineering  
of the L. N. Gumilyov Eurasian National University,  
Candidate of Technical Sciences Tsygulev Denis Vladimirovich*

## **AUTOMATED MONITORING OF THE TECHNICAL CONDITION OF RAILWAY TRESTLES: APPROACHES AND IMPLEMENTATION EXPERIENCE IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

**Abstract.** The paper summarises the results of a master's thesis devoted to the development and pilot implementation of an automated structural health monitoring (SHM) system for railway trestles in the Republic of Kazakhstan. Drawing on recent literature and design codes for bridge structures, the study argues that the combination of intensive train loads and harsh continental climate makes railway trestles one of the most vulnerable components of national railway infrastructure. The theoretical background is briefly outlined, including the classification of trestles as monitoring objects, the set of diagnostic parameters to be measured, and a comparison of sensors for strain, acceleration and displacement measurements. The methodology for building a numerical model of the trestle and comparing predicted structural responses with field measurements is described; this comparison is used to refine the requirements for the monitoring system and to implement a digital twin of the structure. The architecture of the proposed automated monitoring system – combining a network of fiber-optic strain sensors, accelerometers and inclinometers with local data acquisition units and decision-support software – is presented. Finally, the paper discusses the results of the pilot implementation on a railway trestle in Astana and provides recommendations for rolling out similar systems on other bridge structures in Kazakhstan.

**Keywords:** railway trestle, automated monitoring system, structural health monitoring, stress-strain state, digital twin, fiber-optic sensing, vibration diagnostics.

**ШАРОВ Данила Денисович**

студент,

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова,  
Россия, г. Санкт-Петербург

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ АЗОТНЫХ ГИДРОАККУМУЛЯТОРОВ В ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМАХ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

**Аннотация.** В статье представлены устройство, принцип действия и практические аспекты технического обслуживания азотных гидроаккумуляторов, применяемых в гидравлических и топливных системах судовых дизелей для демпфирования пульсаций. Подробно описаны методы диагностики состояния разделительной мембранны, процедура её замены и алгоритм последующей заправки азотом до расчетного давления. Материал основан на практическом опыте обслуживания гидроаккумуляторов объемом 20 и 60 литров в условиях машинного отделения.

**Ключевые слова:** гидроаккумулятор, демпфер пульсаций, азотный компенсатор, судовой дизель, техническое обслуживание.

Гидравлические и топливные системы современных судовых дизелей работают при высоких давлениях и подвержены пульсирующим нагрузкам, генерируемым насосным оборудованием. Эти пульсации негативно влияют на ресурс трубопроводов, точность контрольно-измерительных приборов и общую надежность

системы. Для их демпфирования и стабилизации давления применяются азотные гидроаккумуляторы. Эти устройства являются критически важными компонентами, требующими регулярного контроля и квалифицированного обслуживания для обеспечения бесперебойной работы энергетической установки [1].

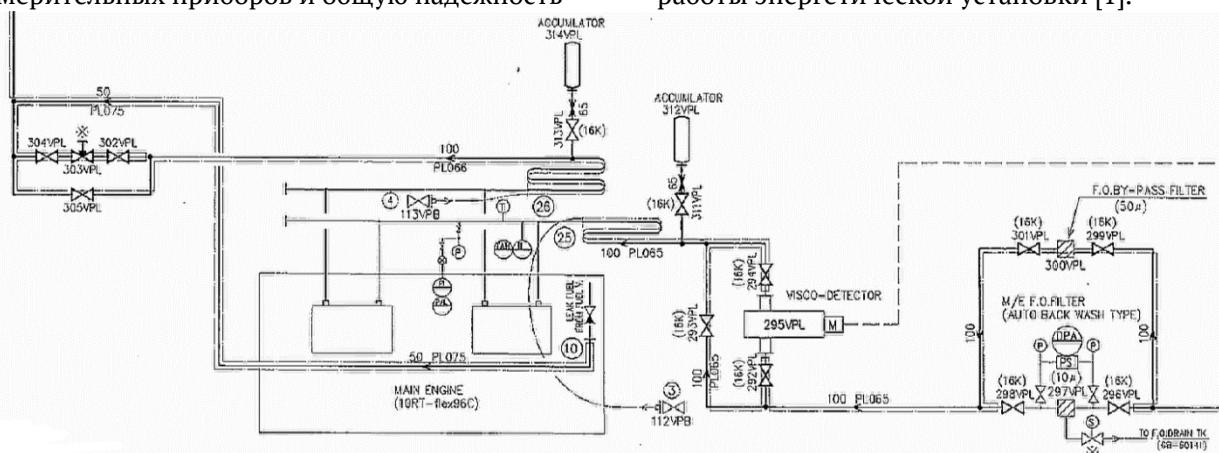


Рис. 1. Судовая топливная система с азотными гидроаккумуляторами

Актуальность темы определяется необходимостью поддержания высокой эксплуатационной готовности судовых энергетических установок. Отказ демпфера пульсаций приводит к увеличению вибраций и ударных нагрузок в гидравлическом контуре, что ускоряет износ дорогостоящего оборудования (насосов высокого давления, расходомеров, датчиков) и повышает риск аварийных ситуаций. Основными проблемами в эксплуатации являются

деградация разделительной мембранны и утечка азота, что ведет к потере гидроаккумулятором своих демпфирующих свойств. Своевременная диагностика и квалифицированное восстановление работоспособности аккумулятора представляют собой важнейшие задачи для судового инженерно-технического персонала.

Азотный гидроаккумулятор представляет собой сосуд высокого давления, внутри

которого эластичная резиновая мембрана разделяет газовую полость, заполненную азотом под давлением, от жидкостной полости, подключенной к гидравлической системе (топливо/масло). На корпусе установлен клапанный блок, содержащий заправочные клапаны, манометр и предохранительные устройства. Донный клапан предотвращает экструзию

мембранны в трубопровод при снижении давления в жидкостной полости [2].

Принцип действия основан на буферных свойствах сжатого азота. Пульсации давления, создаваемые насосами, компенсируются газовой подушкой, которая сглаживает пиковые значения и нивелирует мгновенные просадки давления в системе [2].

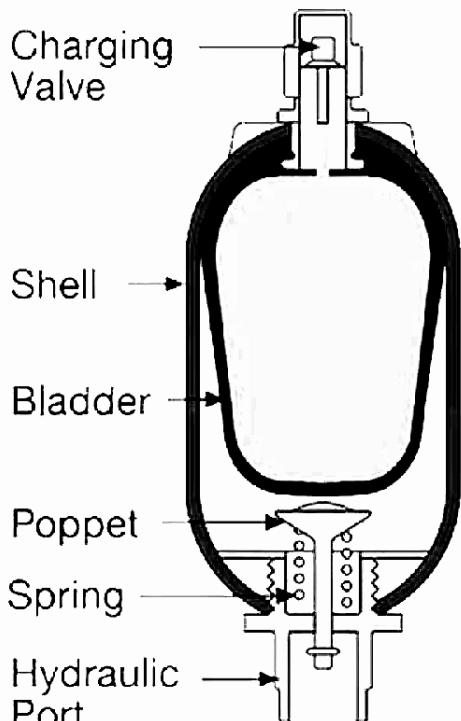


Рис. 2. Азотный гидроаккумулятор в разрезе

Работоспособность гидроаккумулятора определяется соответствием предзарядного давления азота установленному значению, обычно составляющему 50–80% от рабочего давления системы (например, при 12 бар топлива – 4,8–9,8 бар для аккумуляторов разного

объема). Измерение давления проводится через сервисный клапан после изоляции аккумулятора от гидравлической системы для исключения влияния давления рабочей жидкости на точность показаний [3, с. 86–92].

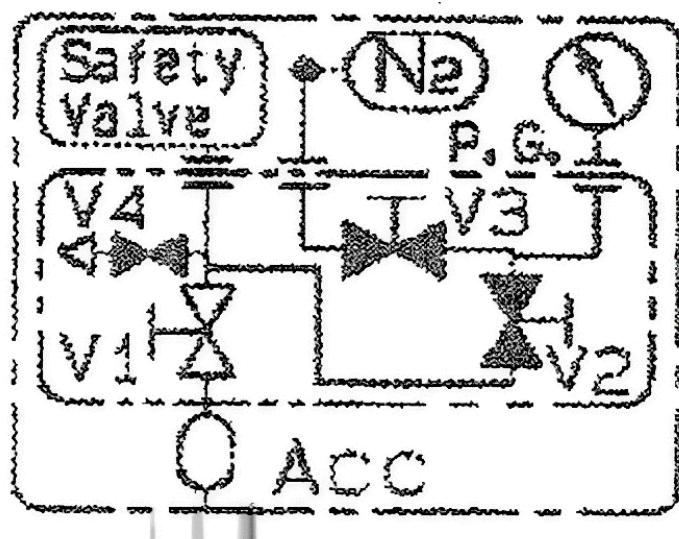


Рис. 3. Схема клапанного блока азотного гидроаккумулятора

### Диагностика и разборка:

1. При снижении давления азота выполняется его дозаправка. Если давление не стабилизируется, требуется замена мембраны.

2. Резкое падение давления до нуля при подключении манометра указывает на разрыв мембранны.

3. Перед вскрытием необходимо полностью сбросить давление азота через сервисный клапан. Остаточное топливо следует удалять через верхнюю горловину, избегая дренирования через донный клапан, что обусловлено требованиями безопасности.

4. После демонтажа клапанного блока и торцевой крышки извлекается изношенная мембрана, содержащая остатки топлива.

Внутренняя полость аккумулятора подлежит тщательной очистке.

### Замена мембранны и сборка:

1. Для замены используется ремонтный комплект, включающий новую мембрану, уплотнительные элементы, смазку и, при необходимости, монтажный воротник для облегчения установки.

2. Мембрана, смазанная рекомендованым маслом, аккуратно устанавливается в корпус с использованием монтажного воротника, который затем удаляется.

3. Торцевая крышка затягивается с моментом, строго регламентированным производителем, согласно технической документации (руководству по эксплуатации) [4].

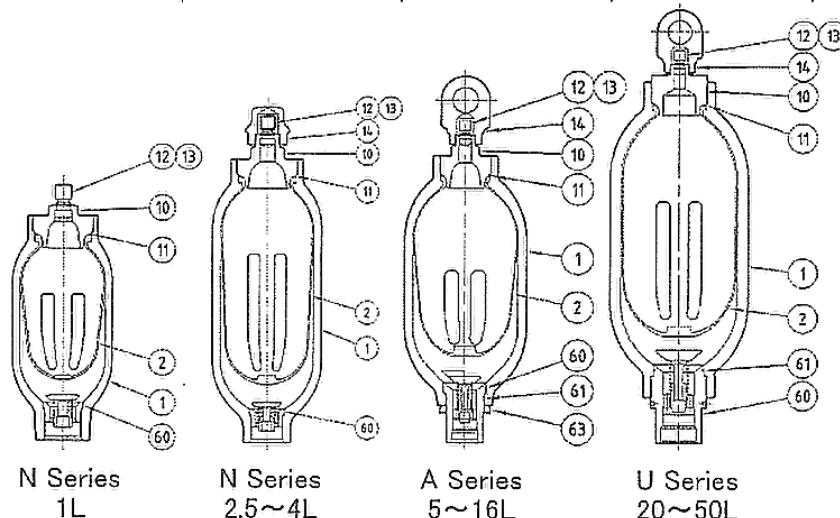
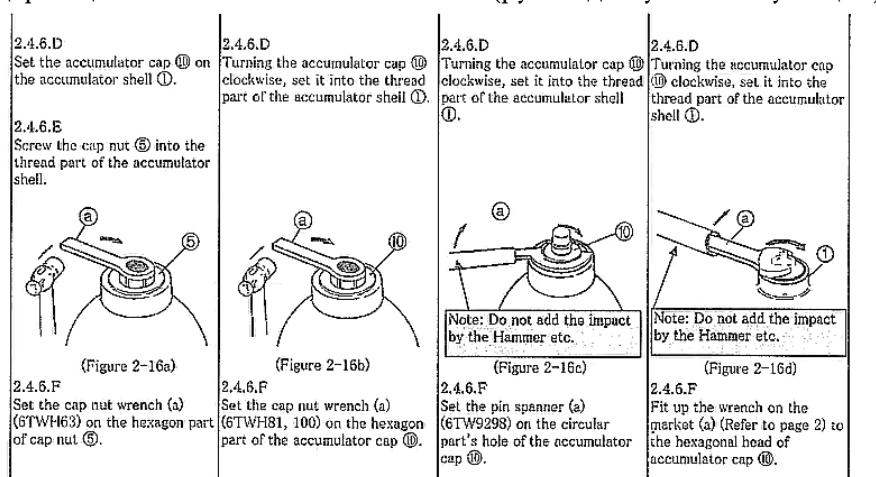


Рис. 4. Технический мануал азотных гидроаккумуляторов

### Заправка азотом и проверка:

1. Заправка азотом осуществляется из баллона через шланг высокого давления.

2. Газ подается в аккумулятор через клапанный блок (V1, V2, V3 согласно типовой схеме) поэтапно, с контролем по манометру. Конечное давление фиксируется после отключения заправочной линии (закрытие V3).

3. После достижения номинального давления проводится обязательная проверка герметичности всех соединений, включая контрольное отверстие на фланце, с использованием мыльного раствора. Появление пузырей газа или утечки топлива из контрольного отверстия свидетельствует о негерметичности и требует повторной сборки.

Регламентное техническое обслуживание азотных гидроаккумуляторов, включающее регулярный контроль предзарядного давления и своевременную замену изношенных мембран, является критически важной профилактической мерой для обеспечения стабильности и долговечности судовых топливных и гидравлических систем. Представленный пошаговый алгоритм диагностики, ремонта и заправки обеспечивает системный подход к восстановлению функциональности данного узла. Фиксация проведенных работ (дата, предзарядное давление азота) на устройстве служит элементом грамотной технической эксплуатации, представляя ценную информацию для последующих обслуживающих экипажей и обеспечивая преемственность опыта.

### **Литература**

1. HYDAC Technology GmbH. Hydraulic Accumulators: Selection, Installation and Maintenance. – Sulzbach, Germany: HYDAC, 2021.

2. Шерстнев Н.В. Обслуживание и ремонт судовых дизелей: В 4 томах Том 1: Особенности компоновки, наружный осмотр и контроль работы дизелей. Обслуживание и ремонт узлов и деталей остовов / Н.В. Шерстнев: ООО «Научно-издательский центр Инфра-М», 2022. – 350 с. – (Высшее образование: Специалитет; 1). – ISBN 978-5-16-017379-5. – DOI 10.12737/1850286. – EDN FWKKGQ.

3. Кузнецов В.А. Мониторинг технического состояния судовых малооборотных дизелей / В.А. Кузнецов // Вестник Одесского национального морского университета. – 2019. – No. 60. – Р. 86-92. – DOI 10.33082/2226-1893-2019-3-86-92. – EDN LADSXW.

4. Шерстнев Н.В. Обслуживание и ремонт судовых дизелей. В 4 томах: Том 2: Обслуживание и ремонт узлов и деталей групп движения / Н.В. Шерстнев: ООО «Научно-издательский центр Инфра-М», 2022. – 299 с. – (Высшее образование: Специалитет; 2). – ISBN 978-5-16-017403-7. – DOI 10.12737/1851519. – EDN EWETMF.

**SHAROV Danila Denisovich**

Student, Admiral S. O. Makarov State University of the Marine and River Fleet,  
Russia, Saint Petersburg

## **MAINTENANCE AND REPAIR OF NITROGEN ACCUMULATORS IN MARINE DIESEL FUEL SYSTEMS**

**Abstract.** The article presents the device, operating principle and practical aspects of maintenance of nitrogen accumulators used in hydraulic and fuel systems of marine diesel engines for pulsation damping. The methods for diagnosing the condition of the separation membrane, the procedure for replacing it, and the algorithm for subsequent nitrogen refueling to the design pressure are described in detail. The material is based on the practical experience of servicing hydraulic accumulators with a volume of 20 and 60 liters in the engine room.

**Keywords:** hydraulic accumulator, pulsation damper, nitrogen compensator, marine diesel, maintenance.

# НЕФТЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

КРЫЛОВ Артём Павлович

студент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Россия, г. Пермь

## ВИДЫ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ВОДЯНЫХ НАСОСОВ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ И ГАЗА

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности применения водяных насосов в нефтегазовой отрасли. Проанализированы основные типы насосного оборудования, используемого в системах водоснабжения, охлаждения, поддержания пластового давления и на установках первичной переработки нефти. Особое внимание уделено условиям эксплуатации водяных насосов, влиянию конструктивных и эксплуатационных факторов на их надежность и ресурс. Рассмотрены основные причины отказов насосного оборудования, включая кавитационные процессы, нарушения режимов работы и недостатки технического обслуживания. Отражены современные тенденции развития насосостроения, направленные на повышение энергоэффективности и внедрение систем мониторинга технического состояния. Полученные результаты могут быть использованы при выборе, эксплуатации и модернизации водяных насосов на объектах нефтегазового комплекса.

**Ключевые слова:** водяные насосы, нефтегазовая отрасль, насосное оборудование, надежность, энергоэффективность, кавитация, эксплуатация, диагностика технического состояния.

### Введение

Водяные насосы являются одним из ключевых элементов технологических систем нефтегазовой отрасли, обеспечивая транспортировку, циркуляцию и поддержание требуемых параметров рабочих сред на всех этапах добычи, подготовки, переработки и транспортировки углеводородного сырья. Надежность и эффективность насосного оборудования напрямую влияют на бесперебойность производственных процессов, уровень промышленной безопасности, энергоэффективность объектов и экономические показатели предприятий нефтегазового комплекса. В условиях усложнения технологических схем и роста требований к эксплуатационной устойчивости оборудования роль водяных насосов продолжает возрастать.

Современное нефтегазовое производство характеризуется применением водяных насосов в широком спектре задач: системах водоснабжения и водоотведения, поддержания пластового давления, охлаждения технологического оборудования, пожаротушения, а также в установках первичной и глубокой переработки нефти. При этом насосное оборудование

эксплуатируется в условиях повышенных нагрузок, агрессивных сред, высоких температур и давлений, что предъявляет особые требования к его конструктивным, гидравлическим и эксплуатационным характеристикам.

Развитие насосостроения для нефтегазовой отрасли в последние десятилетия ориентировано на повышение ресурса и надежности водяных насосов, снижение аварийности, уменьшение энергетических затрат и внедрение современных методов диагностики технического состояния. Исследования показывают, что значительная доля отказов насосного оборудования связана как с конструктивными особенностями, так и с условиями эксплуатации, качеством монтажа и обслуживания, что обуславливает необходимость комплексного подхода к выбору и эксплуатации насосов.

Отдельное значение имеет классификация и выбор типов водяных насосов в зависимости от назначения, режимов работы и параметров перекачиваемой среды. В нефтегазовой отрасли наибольшее распространение получили центробежные, многоступенчатые, осевые и объемные насосы, каждый из которых обладает своими преимуществами и ограничениями.

Правильный выбор насосного оборудования позволяет обеспечить устойчивость технологических процессов и снизить эксплуатационные риски.

Таким образом, изучение особенностей водяных насосов, применяемых в нефтегазовом деле, анализ современных тенденций их развития, а также причин отказов и направлений повышения надежности является актуальной научно-практической задачей. Рассмотрение данных вопросов позволяет сформировать обоснованные рекомендации по выбору, эксплуатации и модернизации насосного оборудования, что способствует повышению эффективности и безопасности объектов нефтегазовой отрасли.

### Основной текст статьи

Водяные насосы являются неотъемлемым элементом технологических систем нефтегазовой отрасли, обеспечивая функционирование процессов добычи, подготовки, переработки и транспортировки углеводородного сырья. Их применение охватывает системы производственного водоснабжения, охлаждения оборудования, поддержания пластового давления, пожаротушения и водоотведения. Надежность насосного оборудования оказывает непосредственное влияние на устойчивость технологических режимов и уровень промышленной безопасности объектов нефтегазового комплекса [1, с. 12].

Современные условия эксплуатации водяных насосов в нефтегазовой промышленности характеризуются повышенными требованиями к прочности, износостойкости и долговечности оборудования. Насосы функционируют при высоких давлениях, значительных температурных перепадах и в условиях воздействия агрессивных примесей, что требует применения специальных конструкционных материалов и усовершенствованных гидравлических схем. В этой связи развитие насосостроения ориентировано на повышение эксплуатационного ресурса и снижение вероятности отказов [1, с. 17].

Классификация водяных насосов, используемых в нефтегазовой отрасли, осуществляется по принципу действия, конструктивному исполнению и назначению. Наиболее широкое распространение получили центробежные насосы, отличающиеся высокой производительностью, относительной простотой конструкции и возможностью работы в широком диапазоне расходов. Их применение позволяет эффективно решать задачи перекачки больших

объемов воды при стабильных режимах работы [2, с. 26].

Многоступенчатые центробежные насосы применяются в системах, где требуется создание значительных напоров при ограниченных габаритах оборудования. Такие насосы используются в установках закачки воды в пласт, а также в системах технологического и оборотного водоснабжения. Конструктивные особенности многоступенчатых насосов обеспечивают равномерное распределение нагрузки, что способствует увеличению срока службы агрегатов [2, с. 32].

В ряде технологических процессов нефтяной промышленности находят применение объемно-динамические насосы, обеспечивающие стабильную подачу жидкости независимо от колебаний давления в системе. Данные насосы используются в условиях, требующих высокой точности дозирования и устойчивости рабочих характеристик. Их эксплуатация позволяет повысить управляемость технологических процессов и снизить вероятность гидравлических нарушений [3, с. 45].

Эксплуатация водяных насосов на установках первичной переработки нефти сопровождается воздействием повышенных температур и загрязнённых рабочих сред. Это приводит к ускоренному износу проточной части, уплотнительных элементов и подшипниковых узлов. В связи с этим при проектировании насосных систем особое внимание уделяется выбору материалов, схем охлаждения и систем уплотнения валов [4, с. 388].

Одной из актуальных проблем остается высокий уровень отказов насосного оборудования, обусловленный как конструктивными, так и эксплуатационными факторами. Анализ эмпирических данных показывает, что значительная доля неисправностей связана с нарушением расчетных режимов работы, недостаточным техническим обслуживанием и ошибками при монтаже оборудования [5, с. 53].

Существенное влияние на надежность водяных насосов оказывает развитие кавитационных процессов. Возникновение кавитации приводит к эрозионному разрушению рабочих колес, снижению напорных характеристик и росту вибрационных нагрузок. Для предотвращения кавитационных повреждений требуется точный гидравлический расчет и строгое соблюдение эксплуатационных параметров насосных установок [1, с. 22].

Таблица

**Основные типы водяных насосов, применяемых в нефтегазовой отрасли**

Тип водяного насоса	Основное назначение	Преимущества	Область применения
Центробежный	Перекачка больших объемов воды	Простота конструкции, высокая производительность	Системы водоснабжения и охлаждения
Многоступенчатый центробежный	Создание высокого напора	Компактность, стабильные напорные характеристики	Закачка воды в пласт, обратные системы
Объемно-динамический	Точная подача жидкости	Независимость расхода от давления	Технологические процессы нефтепереработки
Осевой	Перекачка воды при малом напоре	Высокий КПД при больших расходах	Охлаждение и циркуляционные системы

Современные тенденции развития насосного оборудования связаны с внедрением систем мониторинга и диагностики технического состояния. Применение датчиков вибрации, температуры и давления позволяет выявлять начальные стадии дефектов и проводить профилактические мероприятия до возникновения аварийных ситуаций. Это особенно важно для непрерывных технологических процессов нефтегазовой отрасли [1, с. 25].

Повышение энергетической эффективности водяных насосов является одним из приоритетных направлений развития насосостроения. Оптимизация гидравлических характеристик проточной части, использование частотно-регулируемых электроприводов и снижение гидравлических потерь позволяют существенно уменьшить удельное энергопотребление насосных установок [2, с. 35].

На нефтеперерабатывающих предприятиях водяные насосы выполняют вспомогательные, но критически важные функции. Нарушение их работы может привести к отклонению технологических параметров и вынужденным остановкам оборудования. В этой связи особое значение приобретают вопросы резервирования насосных агрегатов и организации планово-предупредительного ремонта [4, с. 389].

Анализ причин отказов насосного оборудования показывает необходимость комплексного подхода к оценке его технического состояния. Использование статистических методов обработки эксплуатационных данных позволяет выявлять наиболее уязвимые элементы конструкции и формировать обоснованные рекомендации по их модернизации [5, с. 54].

Качество монтажа и пусконаладочных работ оказывает значительное влияние на дальнейшую эксплуатацию водяных насосов. Нарушения соосности, неправильный подбор

арматуры и несоответствие фактических условий эксплуатации расчетным параметрам приводят к преждевременному износу оборудования [3, с. 48].

В условиях цифровизации нефтегазовой отрасли возрастает значение интеллектуальных насосных систем, интегрированных в автоматизированные системы управления технологическими процессами. Такие решения позволяют адаптировать режимы работы насосов к изменяющимся нагрузкам и повышать общую надежность технологических комплексов [1, с. 29].

Водяные насосы представляют собой важнейший элемент инфраструктуры нефтегазовой отрасли, а повышение их надежности и эффективности является актуальной научно-технической задачей. Совершенствование конструкций, внедрение современных методов диагностики и оптимизация режимов эксплуатации способствуют повышению устойчивости и безопасности технологических процессов.

**Заключение**

В ходе исследования показано, что водяные насосы играют ключевую роль в обеспечении устойчивого функционирования технологических процессов нефтегазовой отрасли. Их применение охватывает широкий спектр задач – от систем водоснабжения и охлаждения оборудования до поддержания пластового давления и обеспечения промышленной безопасности. Надежность и эффективность насосного оборудования во многом определяют бесперебойность работы нефтегазовых объектов и уровень эксплуатационных рисков.

Анализ конструктивных особенностей и условий эксплуатации водяных насосов позволил выявить основные факторы, влияющие на их работоспособность и ресурс. К ним относятся воздействие высоких давлений и

температур, развитие кавитационных процессов, качество монтажа и уровень технического обслуживания. Установлено, что значительная часть отказов насосного оборудования может быть предотвращена за счёт соблюдения расчетных режимов работы, применения современных материалов и внедрения систем мониторинга технического состояния.

Таким образом, повышение надежности и энергоэффективности водяных насосов является актуальной научно-практической задачей для нефтегазовой отрасли. Комплексный подход, включающий совершенствование конструкций насосов, оптимизацию эксплуатационных режимов и использование интеллектуальных систем диагностики, позволяет снизить аварийность, повысить экономическую эффективность и обеспечить устойчивое развитие нефтегазовых предприятий.

### Литература

- Байков И.Р., Смородова О.В., С.В., Петров М.Г., Рязапов Н.Р. Современные тенденции развития насосостроения для нефтегазовой отрасли // Территория Нефтегаз. 2017. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoye-tendentsii-razvitiya-nasosostroeniya-dlya->

neftegazovoy-otrasli (дата обращения: 14.12.2025).

- Бамбетова К.В., Кабжихов А.А. Виды насосов для водоснабжения // Вопросы науки и образования. 2021. № 4 (129). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vidy-nasosov-dlya-vodosnabzheniya-1> (дата обращения: 14.12.2025).

- Сазонов Ю.А., Муленко В.В., Балака А.Ю. Насосы и гидравлические двигатели объемно-динамического типа для нефтяной промышленности // Территория Нефтегаз. 2011. № 12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nasosy-i-gidravlicheskie-dvigateli-obemno-dinamicheskogo-tipa-dlya-neftyanoy-promyshlennosti> (дата обращения: 14.12.2025).

- Трофимов А.Ю., Бурдыгина Е.В., Смородова О.В. Состояние насосного оборудования установок первичной переработки нефти // Мат-лы X Междунар. учеб.-науч.-практич. конф. «Трубопроводный транспорт – 2015». С. 387-390.

- Байков И.Р., Шайбаков Р.А., Елисеев М.В. и др. Анализ причин отказов насосного оборудования по эмпирическим данным // Экспозиция Нефть Газ. 2017. № 1 (54). С. 53-55.

**KRYLOV Artyom Pavlovich**

Student, Perm National Research Polytechnic University, Russia, Perm

## TYPES OF OPERATED WATER PUMPS IN OIL AND GAS PRODUCTION

**Abstract.** The article discusses the features of the use of water pumps in the oil and gas industry. The main types of pumping equipment used in water supply, cooling, reservoir pressure maintenance and primary oil refining installations are analyzed. Special attention is paid to the operating conditions of water pumps, the influence of design and operational factors on their reliability and service life. The main causes of failures of pumping equipment, including cavitation processes, operational disturbances and maintenance deficiencies, are considered. The current trends in the development of pumping industry aimed at improving energy efficiency and the introduction of monitoring systems for technical condition are reflected. The results obtained can be used in the selection, operation and modernization of water pumps at oil and gas facilities.

**Keywords:** water pumps, oil and gas industry, pumping equipment, reliability, energy efficiency, cavitation, operation, diagnostics of technical condition.

**КРЫЛОВ Артём Павлович**студент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Россия, г. Пермь

## МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ БУРОВОГО ШЛАМА ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ И ГАЗА

**Аннотация.** В статье рассматриваются современные подходы к утилизации бурового шлама, образующегося в процессе бурения нефтяных и газовых скважин. Проанализированы экологические риски, связанные с накоплением отходов бурения, а также ограничения традиционных методов их размещения. Особое внимание уделено применению минеральных сорбентов как одному из наиболее перспективных направлений переработки буровых шламов. Рассмотрены основные виды сорбционных материалов, их свойства и эффективность в снижении содержания нефтепродуктов и токсичных компонентов. Показана целесообразность использования комплексных технологий утилизации, обеспечивающих экологическую безопасность и возможность повторного использования обработанных отходов. Результаты анализа подтверждают актуальность внедрения сорбционных методов в практике нефтегазовой отрасли с целью снижения негативного воздействия на окружающую среду.

**Ключевые слова:** буровой шлам, утилизация отходов, отходы бурения, минеральные сорбенты, нефтегазовая отрасль, экологическая безопасность, переработка отходов.

### Введение

В условиях интенсивного развития нефтегазовой отрасли проблема обращения с отходами бурения приобретает особую актуальность. Одним из наиболее значимых видов таких отходов является буровой шлам, образующийся в процессе строительства и эксплуатации нефтяных и газовых скважин. Значительные объемы бурового шлама, его сложный химический состав и потенциальная экологическая опасность требуют научно обоснованных подходов к его утилизации и обезвреживанию, что делает данную тематику предметом пристального внимания исследователей и специалистов-практиков.

Буровой шлам представляет собой многокомпонентную смесь твердых частиц горных пород, остатков буровых растворов, нефти, химических реагентов и минеральных добавок. В зависимости от применяемых технологий бурения и геолого-технических условий месторождений его состав может существенно варьироваться, что осложняет выбор универсальных методов переработки. При неправильном обращении буровой шлам способен оказывать негативное воздействие на почвенные, водные и биологические системы, способствуя загрязнению окружающей среды и нарушению природных экосистем.

Современные экологические требования и ужесточение природоохранного законодательства обуславливают необходимость внедрения эффективных технологий утилизации бурового шлама. Традиционные способы складирования и захоронения отходов постепенно уступают место более прогрессивным методам, ориентированным на снижение экологических рисков и рациональное использование вторичных ресурсов. В этом контексте особое значение приобретают технологии термической, физико-химической и биологической обработки бурового шлама.

Научные исследования в области утилизации бурового шлама направлены на разработку и совершенствование методов его обезвреживания, переработки и повторного использования. Перспективным направлением является вовлечение переработанного шлама в хозяйственный оборот, в том числе в строительстве, дорожном хозяйстве и рекультивации нарушенных земель. Реализация таких подходов способствует не только снижению нагрузки на окружающую среду, но и повышению экономической эффективности нефтегазовых предприятий.

Таким образом, утилизация бурового шлама представляет собой комплексную научно-техническую задачу, требующую учета экологических, технологических и экономических

факторов. Актуальность данной проблемы обусловлена необходимостью обеспечения устойчивого развития нефтегазовой отрасли и минимизации ее негативного воздействия на окружающую среду. Настоящая статья направлена на анализ существующих подходов к утилизации бурого шлама и обоснование перспективных направлений их дальнейшего развития.

### Основной текст статьи

Проблематика утилизации бурого шлама занимает важное место в системе экологического обеспечения нефтегазовой отрасли. Увеличение объемов разведочного и эксплуатационного бурения приводит к накоплению значительных масс отходов, потенциально опасных для окружающей среды. Научные исследования последних лет подтверждают, что буровой шлам при отсутствии эффективной утилизации способен оказывать длительное негативное воздействие на природные экосистемы [1, с. 34].

Буровой шлам образуется в процессе разрушения горных пород при бурении скважин и включает твердую фазу, остатки бурового раствора, нефтепродукты и химические реагенты.

Химический и минералогический состав данного отхода зависит от типа применяемого бурового раствора и геолого-технических условий бурения. Существенная неоднородность состава усложняет выбор универсальных технологий переработки и требует дифференцированного подхода [1, с. 36].

На протяжении длительного времени основным способом обращения с буровыми шламами оставалось размещение в шламовых амбарах. Подобная практика сопровождается рисками инфильтрации загрязняющих веществ в почвы и грунтовые воды. Современные научные публикации указывают на необходимость отказа от пассивных методов захоронения в пользу активных технологий утилизации и обезвреживания [1, с. 38].

Одним из наиболее перспективных направлений переработки бурого шлама признано использование минеральных сорбентов. Даные материалы позволяют эффективно связывать нефтепродукты и другие опасные компоненты, снижая токсичность отходов. Применение сорбентов рассматривается как экологически обоснованный и технологически доступный метод утилизации [2, с. 301].

Таблица

### Основные технологии утилизации бурового шлама и их характеристика

Технология утилизации	Применяемые материалы/методы	Экологический эффект	Возможность повторного использования
Захоронение в шламовых амбарах	Гидроизоляция, грунтовая засыпка	Низкий, сохраняется риск загрязнения	Отсутствует
Сорбционная обработка	Цеолиты, бентониты, диатомиты	Снижение токсичности и нефтепродуктов	Возможна
Стабилизация и твердение	Вяжущие вещества, сорбенты	Перевод в инертное состояние	Ограниченнная
Биологическая обработка	Микроорганизмы-деструкторы	Разложение углеводородов	Возможна

В качестве сорбционных материалов широко применяются природные минералы, включая цеолиты, бентониты и диатомиты. Пористая структура указанных веществ обеспечивает высокую сорбционную емкость по отношению к углеводородам. Экспериментальные исследования демонстрируют значительное снижение содержания нефтепродуктов в буром шламе после обработки минеральными сорбентами [3, с. 121].

Использование минеральных сорбентов характеризуется рядом технологических преимуществ, среди которых простота внедрения и возможность применения в полевых условиях.

Дополнительным фактором эффективности выступает доступность природных сорбентов и их низкая стоимость. Указанные особенности делают сорбционные технологии экономически целесообразными для нефтегазовых предприятий [5, с. 54].

Экологическая безопасность применения минеральных сорбентов является предметом отдельного научного анализа. Исследования показывают, что правильно подобранные сорбционные материалы не вызывают вторичного загрязнения окружающей среды. Контроль миграции загрязняющих веществ после

обработки шлама подтверждает устойчивость полученных систем [4, с. 131].

Физико-химические методы утилизации бурового шлама нередко сочетаются с сорбционными технологиями. Стабилизация и твердение отходов позволяют переводить загрязненные массы в инертное состояние. Применение комплексных подходов способствует снижению подвижности токсичных компонентов и повышает экологическую надежность утилизации [1, с. 41].

Научный интерес представляет возможность повторного использования обработанного бурового шлама. После снижения уровня загрязнения материал может применяться в строительстве, дорожном хозяйстве и при рекультивации нарушенных земель. Подобная практика соответствует принципам ресурсосбережения и устойчивого развития [2, с. 304].

Биологические методы утилизации буровых шламов рассматриваются как дополнительный инструмент экологической очистки. Использование микроорганизмов-деструкторов способствует разложению углеводородных соединений. Однако эффективность биологических методов существенно зависит от климатических условий и состава отходов [1, с. 43].

Комбинирование сорбционных и биологических методов позволяет повысить общую результативность утилизации бурового шлама. Комплексный подход обеспечивает более глубокую очистку и сокращает сроки восстановления загрязненных территорий. Научные исследования подтверждают перспективность интеграции различных технологий [3, с. 123].

Особое внимание уделяется подбору оптимального типа сорбента с учетом состава бурового шлама. Проведение лабораторных испытаний позволяет определить наилучшие комбинации материалов и режимов обработки. Такой подход снижает вероятность экологических рисков и повышает эффективность утилизации [4, с. 133].

Экономический аспект внедрения сорбционных технологий играет важную роль при принятии управлеченческих решений. Использование местных минеральных ресурсов позволяет снизить затраты на транспортировку и переработку отходов. Экономическая целесообразность подтверждается результатами опытно-промышленных испытаний [5, с. 55].

Анализ научных публикаций показывает устойчивую тенденцию к расширению применения минеральных сорбентов в утилизации

буровых отходов. Развитие данного направления сопровождается совершенствованием технологий и повышением экологических стандартов нефтегазовой отрасли [2, с. 306].

Современные исследования подтверждают, что эффективная утилизация бурового шлама возможна при комплексном учете технологических, экологических и экономических факторов. Применение минеральных сорбентов рассматривается как одно из наиболее перспективных решений, обеспечивающих снижение антропогенной нагрузки и соответствие требованиям устойчивого природопользования [1, с. 45].

### Заключение

Проведённый анализ научных публикаций показывает, что утилизация бурового шлама остаётся одной из приоритетных экологических задач нефтегазовой отрасли. Рост объёмов буровых работ сопровождается увеличением количества отходов, обладающих сложным физико-химическим составом и потенциальной опасностью для окружающей среды. Современные исследования подчёркивают необходимость перехода от традиционных методов складирования к более эффективным и экологически ориентированным технологиям переработки.

Наиболее перспективным направлением утилизации буровых шламов признано использование минеральных сорбентов, обеспечивающих снижение содержания нефтепродуктов и токсичных компонентов. Применение природных сорбционных материалов отличается технологической простотой, экономической целесообразностью и экологической безопасностью. Результаты экспериментальных и практических исследований подтверждают высокую эффективность сорбционных методов как самостоятельных, так и в составе комплексных технологических решений.

Развитие технологий утилизации бурового шлама с применением минеральных сорбентов способствует снижению антропогенной нагрузки на природные экосистемы и формированию принципов устойчивого природопользования. Комплексный подход, учитывающий свойства отходов, условия месторождений и экономические факторы, позволяет рассматривать переработку бурового шлама не только как экологическую необходимость, но и как источник вторичных ресурсов. Дальнейшие исследования в данной области направлены на совершенствование сорбционных материалов

и расширение возможностей повторного использования обработанных отходов.

### Литература

1. Куракова А.А. Обзор эффективных технологий утилизации отходов бурения на нефтяных и газовых месторождениях // Вестник науки. 2024. № 6 (75). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-effektivnyh-tehnologiy-utilizatsii-othodov-bureniya-na-neftyanyh-i-gazovyh-mestorozhdeniyah> (дата обращения: 14.12.2025).
2. Зиновьева О.А., Зубенко М.А., Попова М.А. (2018). Использование минеральных сорбентов для очистки буровых шламов. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности, № 18(3), С. 300-307.
3. Виноградов А.Ю., Силаев Д.В., Казачков В.И., Амосов А.В. (2017). Применение минеральных сорбентов для утилизации буровых отходов. Международный научно-исследовательский журнал, № 5(61), С. 120-124.
4. Ковалев А.А., Гребенникова И.В., Суворова О.В. (2016). Экологические аспекты утилизации буровых шламов с использованием минеральных сорбентов. Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Экологическая безопасность и природопользование», С. 129-134.
5. Ломова Е.С., Коробов Д.С., Беляев В.А. (2015). Использование минеральных сорбентов при обработке буровых шламов. Молодежный научный вестник, № 6(3), С. 53-56.

**KRYLOV Artyom Pavlovich**

Student, Perm National Research Polytechnic University, Russia, Perm

## METHODS OF DISPOSAL OF DRILLING MUD DURING OIL AND GAS PRODUCTION

**Abstract.** The article discusses modern approaches to the disposal of drilling mud formed during the drilling of oil and gas wells. The environmental risks associated with the accumulation of drilling waste, as well as the limitations of traditional methods of their placement, are analyzed. Special attention is paid to the use of mineral sorbents as one of the most promising areas of drilling mud processing. The main types of sorption materials, their properties and effectiveness in reducing the content of petroleum products and toxic components are considered. The expediency of using integrated recycling technologies that ensure environmental safety and the possibility of reuse of treated waste is shown. The results of the analysis confirm the relevance of the introduction of sorption methods in the practice of the oil and gas industry in order to reduce the negative impact on the environment.

**Keywords:** drilling mud, waste disposal, drilling waste, mineral sorbents, oil and gas industry, environmental safety, waste recycling.

**КРЫЛОВ Артём Павлович**студент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Россия, г. Пермь

## СПОСОБЫ БУРЕНИЯ СКВАЖИН В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

**Аннотация.** В работе проводится комплексный анализ современных способов бурения, применяемых при разработке нефтегазовых месторождений. Рассматривается эволюция механических методов бурения от ударно-канатной технологии к современному вращательному бурению. Особое внимание уделяется турбинному методу как исторически значимой технологии в практике СССР и России. Анализируются принципы направленного и горизонтального бурения, а также перспективные немеханические методы разрушения горных пород. Освещаются экологические и правовые аспекты организации буровых работ.

**Ключевые слова:** механическое бурение, вращательное бурение, турбинное бурение, направленное бурение, забойные двигатели, буровые растворы, рекультивация, нефтегазовые месторождения.

**Р**азработка нефтегазовых месторождений основывается на применении разнообразных методов бурения, классифицируемых по физическим принципам воздействия на горные породы. Мировая промышленная практика демонстрирует абсолютное доминирование механических технологий, в то время как альтернативные подходы – термические, электроимпульсные, гидродинамические и иные – сохраняют статус экспериментальных разработок без существенного внедрения в производственные процессы. Историческая эволюция буровых технологий неразрывно связана с последовательным развитием ударно-канатного и вращательного способов, продолжающих модернизироваться несмотря на присущие им фундаментальные ограничения по скорости проходки, экономическим показателям и параметрам промышленной безопасности. Современные научные исследования концентрируются на поиске принципиально новых решений, среди которых лазерная технология рассматривается в качестве наиболее перспективного направления, способного преодолеть технологические барьеры традиционных методов.

Механические способы бурения основаны на принципе непосредственного контакта бурового инструмента с разрушающейся породой на забое скважины. Ударно-канатная технология, относящаяся к древнейшим методам, использует кинетическую энергию свободно падающего долота, подвешенного на канате. Циклический процесс подъема и сбрасывания инструмента обеспечивает дробление породы за счет ударного воздействия. Несмотря на

демонстрацию приемлемой надежности на начальных этапах становления нефтедобывающей промышленности, методика характеризовалась критически низкой производительностью и исключительной трудоемкостью операций. Технологический переворот произошел в начале XX века с внедрением роторного способа бурения, который продемонстрировал многократное превосходство в скорости проходки благодаря непрерывному вращательному движению бурильного снаряда.

Вращательное бурение составляет техническую основу современных методов механического разрушения горных пород. Процесс осуществляется через сочетанное применение осевой нагрузки и крутящего момента: долото внедряется в породный массив под действием веса бурильной колонны, а его вращение обеспечивает последовательное разрушение забоя. Промышленность использует две принципиальные схемы реализации вращательного бурения – классический роторный способ с передачей вращения всей бурильной колонне и технологию с забойными двигателями, где вращается исключительно долото при стационарной колонне [1]. Обе технологические схемы требуют применения специальных буровых растворов, выполняющих многокомпонентные функции транспортировки шлама, охлаждения инструмента, стабилизации ствола и поддержания пластового давления. Роторные технологии обеспечивают выполнение подавляющего большинства мирового объема буровых работ в нефтегазовой отрасли, составив базис

революционного преобразования эффективности проходческих операций.

Турбинное бурение, представляющее специализированную разновидность технологии с забойными двигателями, занимало приоритетное положение в производственной практике России на протяжении значительного периода XX века [4, с. 336–341]. Многоступенчатые лопаточные турбобуры характеризовались исключительно высокими оборотами, достигавшими десятков тысяч в минуту, и способностью передачи значительной мощности на долото. Технологическая эффективность метода особенно проявлялась при комбинации турбобуров с алмазными фрезерными долотами для разрушения кристаллических пород, а также при выполнении сложных работ по наклонно-направленному бурению. Кардинальная трансформация технологической парадигмы произошла с появлением трехшарошечных долот с герметизированными опорами и прогрессивных долот PDC, ориентированных на низкооборотные режимы работы. Технологическая несовместимость турбобуров с новыми требованиями бурового процесса привела к прекращению централизованного финансирования научно-исследовательских работ и практически полному вытеснению турбинного метода винтовыми гидравлическими забойными двигателями.

Направленное бурение представляет сложную инженерную методику формирования пространственной траектории скважинного ствола по заранее спроектированному профилю. Наклонно-направленное бурение находит комплексное применение при решении многокомпонентных производственных задач: освоении месторождений в заболоченной местности и шельфовых акваториях, обходе особо охраняемых природных территорий, ликвидации открытых фонтанов через бурение дублирующих скважин, увеличении коэффициента дренирования пласта за счет прокладки стволов вдоль продуктивной толщи [2, с. 28–30]. Технологическая реализация пространственного ориентирования скважин осуществляется прерывистым методом с использованием клиновых или шарнирных отклоняющих устройств и непрерывным способом с применением гидравлических забойных двигателей. Прерывистая методика предполагает последовательное чередование операций резкого отклонения и последующего расширения ствола, тогда как непрерывная технология обеспечивает плавное искривление за счет использования

отклонителей или изогнутых бурильных труб. Горизонтальные скважины рассматриваются как частный случай наклонно-направленного бурения при достижении углов отклонения, приближающихся к 90 градусам [3].

Перспективные научные разработки в области бурения включают фундаментальные исследования в области немеханических методов разрушения горных пород. Научный интерес представляют термические технологии, основанные на пиролитическом разложении пород под воздействием высокотемпературных газовых потоков, электроимпульсные способы, использующие энергию лавинного электрического разряда, а также методы лазерного и гидроабразивного воздействия. Лазерная технология идентифицируется в специализированной литературе как принципиально новое направление, обладающее значительным потенциалом увеличения скорости проходки и преодоления фундаментальных ограничений традиционных механических методов [5, с. 6879–6904]. Несмотря на сохранение статуса научно-экспериментальных разработок, эти подходы рассматриваются как возможная основа будущей трансформации буровых технологий.

Проведение буровых работ регламентируется комплексными нормами природоохранного законодательства и строгими требованиями промышленной безопасности. Строительство буровых площадок и сопутствующей инфраструктуры осуществляется исключительно на территориях, прошедших процедуру официального отвода с обязательным проведением восстановительных мероприятий после завершения работ. Технологический цикл включает создание транспортной инфраструктуры, линий энергоснабжения, трубопроводных систем и специальных амбаров для размещения буровых отходов. Рекультивационные мероприятия предусматривают полную ликвидацию всех технических сооружений, засыпку выемок и восстановление плодородного слоя для последующего хозяйственного использования. Соблюдение установленных экологических нормативов гарантирует минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду и соответствие буровых операций международным стандартам безопасности.

## Литература

1. Дмитриев А.Ю. Основы технологии бурения скважин: учебное пособие / А.Ю. Дмитриев. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та,

2008. – 216 с. – Текст: электронный. – URL: [https://portal.tpu.ru/files/departments/publish/Dmitriev\\_maket\\_.pdf](https://portal.tpu.ru/files/departments/publish/Dmitriev_maket_.pdf) (дата обращения: 27.11.2025).

2. Коваленко А.А. Метод прокладки газопровода методом наклонно-направленного бурения и горизонтально-направленного бурения / А.А. Коваленко, Н.И. Куриленко // Вестник магистратуры. – 2023. – № 11-2 (146). – С. 28-30. – Текст: электронный // CyberLeninka: научная электронная библиотека. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-prokladki-gazoprovoda-metodom-naklonnonapravленного-bureniya-i-gorizontalno-napravленного-bureniya> (дата обращения: 27.11.2025).

3. Наклонно-направленное бурение [Электронный ресурс] // Нефтегаз.ру: [сайт]. –

URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/tekhnologii/141796-naklonno-napravlennoe-burenie/> (дата обращения: 27.11.2025).

4. Симонянц С.Л. Эпоха турбобуров: итоги и перспективы / С.Л. Симонянц // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 3. – С. 336-341. – EDN RIXEGY.

5. Яляев А.Р. Лазерное бурение – реальность или фантастика? / А.Р. Яляев, В.И. Маршев, К.И. Сафиуллина // StudNet. – 2022. – Т. 5, № 6. – С. 6879-6904. – Текст: электронный // CyberLeninka: научная электронная библиотека. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lazernoe-burenie-realnost-ili-fantastika> (дата обращения: 27.11.2025).

### KRYLOV Artyom Pavlovich

Student, Perm National Research Polytechnic University, Russia, Perm

## METHODS OF DRILLING WELLS IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

**Abstract.** The paper provides a comprehensive analysis of modern drilling methods used in the development of oil and gas fields. The evolution of mechanical drilling methods from shock-rope technology to modern rotary drilling is considered. Special attention is paid to the turbine method as a historically significant technology in the practice of the USSR and Russia. The principles of directional and horizontal drilling, as well as promising non-mechanical methods of rock destruction, are analyzed. The environmental and legal aspects of the organization of drilling operations are highlighted.

**Keywords:** mechanical drilling, rotary drilling, turbine drilling, directional drilling, downhole engines, drilling fluids, recultivation, oil and gas fields.

**РЯПОЛОВ Алексей Алексеевич**

студент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Россия, г. Пермь

## БОРЬБА С ПОГЛОЩЕНИЕМ ПРИ КРЕПЛЕНИИ ОБСАДНЫХ КОЛОНН

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблема поглощений буровых и цементных растворов как одного из наиболее распространённых геолого-технологических осложнений при проводке и креплении скважин, приводящего к нарушению циркуляции, ухудшению промывки, росту непроизводительных затрат времени и материалов, а также повышению рисков выбросов. Показано, что ключевым физическим условием возникновения поглощений является превышение гидростатического давления столба бурового раствора над пластовым давлением в трещиноватых, кавернозных, пористых и дренированных коллекторах.

**Ключевые слова:** поглощение, буровой раствор, тампонажный раствор, крепление обсадных колонн, профильные перекрываематели, локальное крепление скважины.

### Введение

Одним из основных видов осложнений при проводке скважин является поглощение буровых и цементных растворов. Ежегодные затраты времени на борьбу с поглощениями весьма значительны.

Поглощения промывочной жидкости обычно наблюдаются при бурении ствола скважин в кавернозных, трещиноватых и пористых породах, а также в сильно дренированных продуктивных пластах. Поглощение происходит при движении бурового раствора в пласт, при этом объем циркулирующего раствора в процессе промывки уменьшается, что становится заметным по снижению уровня в приемных емкостях циркуляционной системы.

При поглощении промывочной жидкости: нарушается циркуляция бурового раствора;

ухудшается промывка скважины; увеличивается расход времени, материалов и реагентов на приготовление новых объемов раствора; нередки выбросы и фонтаны [4].

Поглощение происходит, когда гидростатическое давление столба бурового раствора больше пластового. Поглощение промывочной жидкости – это одно из самых распространенных геологических осложнений при бурении. Удельный вес непроизводительных затрат времени и средств на предупреждение и борьбу с поглощениями занимает достаточно значительное время [5].

### 1. Анализ применяемых технологий

#### 1.1. История развития

Рассмотрим основные этапы и технологии борьбы с поглощениями при креплении обсадных колонн в таблице 1.

Таблица 1

### Основные этапы и технологии борьбы с поглощениями при креплении обсадных колонн

Этапы	Характеристика подхода	Основные методы и технологии	Примеры и компании
Середина XX века	Поглощения устранились эмпирическими методами без анализа причин.	Повышение вязкости буровых растворов; закачка глинистых суспензий и цементных мостов; использование крупнодисперсных смесей (известняк, мрамор, асбест).	Применение стандартных цементных смесей по ГОСТ 1581-59; опытные работы «Азнефть», «Татнефть».
1960–1980-е годы	Формирование научной базы механики пород и фильтрации растворов; переход от эмпирии к моделированию.	Лабораторные исследования проницаемости; прогноз зон поглощений по ГИС и керну; разработка моделей фильтрации.	ВНИИБТ (г. Уфа), ТюмГНГУ; исследования Гольдштейна И. Е., Красавина В. А.

Этапы	Характеристика подхода	Основные методы и технологии	Примеры и компании
1975–1990-е годы	Активное развитие технологий локального крепления скважин и изоляции зон поглощения.	Разработка расширяемых стальных профильных труб; установка профильных перекрываемателей (ПП); технология бурения одного диаметра; ОЛКС – локальное крепление скважины профильными перекрываемателями.	1975 г. – исследования «ТатНИПИнефть» (ПАО «Татнефть»); 1977 г. – установка трёх ПП в Лениногорском управлении буровых работ; 1990 г. – запатентовано в 13 странах.
1990–2000-е годы	Акцент на создании технологий монодиаметра и щелевых экспонируемых труб.	Разработка щелевых труб, установка в расширенном участке скважины с применением клина (дорна); системы монодиаметра.	1994 г. – Shell (Райсвик, Голландия); 2001 г. – применение на скважине № 818 «Белый Тигр» (Вьетнам); 2002 г. – испытания в Южном Техасе.
Конец XX – начало XXI века	Использование компьютерного моделирования, систем контроля и нанотехнологий.	Моделирование потерь раствора; мониторинг параметров бурения; применение нанодобавок, аддитивных цементов и реагирующих смесей.	«Schlumberger» – Cementing Advisor; «Halliburton» – BaraBlend; «Роснефть» – «Цифровая скважина»; «Татнефть» – ОЛКС в серийном применении.
XXI век (настоящее время)	Комплексный анализ с использованием цифровых технологий, ИИ и квантовых коммуникаций.	Цифровой мониторинг цементирования; машинное обучение для прогнозирования поглощений; интеграция лабораторных и полевых данных; квантовые сети для защиты информации.	«Газпром нефть» – проект «Цифровое бурение»; «ЛУКОЙЛ» – предиктивный анализ потерь; «Росатом» – квантовые коммуникации; «Shell» – интеллектуальные системы бурения.

Из представленной таблицы видно, что развитие технологий борьбы с поглощениями прошло путь от простых эмпирических методов до комплексных цифровых систем прогнозирования и локального крепления.

## 1.2. Стадия развития на сегодняшний день. Наиболее применяемые

Несмотря на то, что проблема поглощений изучается давно и существует множество современных методов борьбы с поглощениями, однако большая часть из них технологически несовершенна [3]. Рассмотрим современные технологии по данной проблеме в таблице 2.

Таблица 2

### Современные технологии борьбы с поглощениями бурового раствора при креплении обсадных колонн

Метод	Технология	Принцип действия	Примеры применения
Химические методы	Использование наполнителей	Введение в буровой раствор волокнистых и зернистых материалов (целлюлоза, керамзит, графит, обрезки нитей и др.) для закупорки трещин и пор в зонах поглощения.	Применяется при бурении скважин в Западной Сибири и Татарстане; разработано и описано в работах ТРУ и ТатНИПИнефть.
	Закачка гель-цементов и	Введение структурированных цементных систем (гельцементов), полимерных или силикатных составов	Используется компаниями «Татнефть» и «Роснефть» при цементировании в сложных условиях.

Метод	Технология	Принцип действия	Примеры применения
	быстросхватывающихся смесей	для герметизации трещиноватых зон.	
	Тампонирование эластичными конструкциями	Применение эластичных сетчатых каркасов, расширяющихся под действием давления и заполняющих трещины в стенках скважины.	Внедрено сервисными компаниями «Akros-Llc» и «Halliburton» для сложных геологических зон.
Механические методы	Использование профильных перекрываемателей (ПП)	Специально профилированные обсадные трубы спускаются в скважину в сжатом состоянии, а затем расширяются гидравлическим давлением, плотно прилегая к стенкам скважины.	Разработано институтом «ТатНИПИнефть» (1975–1990 гг.); применено в Лениногорском управлении буровых работ и запатентовано в 13 странах.
	Бурение на обсадной колонне	Используется обсадная колонна как бурильная труба. При вращении трубы выбуренный шлам вдавливается в поры и трещины, снижая потери циркуляции.	Применяется в скважинах Восточной Сибири, Поволжья и на морских платформах; внедрено компаниями «ЛУКОЙЛ» и «Газпром бурение».
Гидродинамические методы	Гидромониторная обработка ствола	Направленные струи тампонажных растворов под высоким давлением уплотняют стенки ствола и перекрывают каналы фильтрации.	Используется при цементировании высокопроницаемых коллекторов в Тюменской и Самарской областях.
	Снижение плотности бурового раствора (аэрация, разбавление)	Уменьшение гидростатического давления за счёт насыщения раствора воздухом или снижением плотности добавками (например, микросфер).	Метод применяется в бурении горизонтальных скважин и на шельфовых проектах (Shell, BP, «Газпром нефть»).

Как видно из представленной таблицы, на современном этапе борьба с поглощениями базируется на комплексном сочетании химических, механических и гидродинамических технологий.

### 1.3. Достоинства и недостатки

В настоящее время для освоения глубоководных запасов нефтегазовых шельфовых месторождений необходимо внедрение новейших технологий бурения, заканчивания и

эксплуатации скважин, позволяющих сократить затраты и время на строительство скважин, среди которых – бурение на обсадных трубах, технология расширяемых обсадных колонн и монодиаметра [2].

Рассмотрим достоинства и недостатки современных технологий борьбы с поглощением бурового раствора при креплении обсадных колонн в таблице 3.

Таблица 3

### Достоинства и недостатки современных технологий борьбы с поглощением бурового раствора при креплении обсадных колонн

Технология	Достоинства	Недостатки
Локальное крепление скважины профильными перекрываемателями (ОЛКС)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Сокращение сроков и затрат на строительство скважин;</li> <li>Повышение качества изоляции зон поглощения;</li> <li>Возможность последовательного перекрытия зон осложнений;</li> <li>Минимизация риска гидроразрывов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Требуются устойчивые зоны открытого ствола сверху и снизу перекрывателя (<math>\approx 3</math> м);</li> <li>При отсутствии таких зон приходится увеличивать длину перекрывателя, что повышает затраты;</li> <li>Возможен износ тонкого металла при спускоподъёмных операциях.</li> </ul>

Технология	Достоинства	Недостатки
Использование специальных наполнителей в буровых растворах	<ul style="list-style-type: none"> <li>Простота применения и низкая стоимость;</li> <li>Эффективность при частичных поглощениях;</li> <li>Возможность регулировать вязкость и фильтрационные свойства раствора.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Невысокая эффективность при интенсивных поглощениях;</li> <li>Необходимость точного подбора состава в зависимости от условий;</li> <li>Возможность кольматации фильтра и осложнений при последующем цементировании.</li> </ul>
Тампонирование и закачка гельцементов / быстросхватывающихся смесей	<ul style="list-style-type: none"> <li>Высокая герметизирующая способность;</li> <li>Возможность применения в трещиноватых породах;</li> <li>Долговечность изоляции.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Сложность приготовления и закачки;</li> <li>Высокие требования к точности состава;</li> <li>Риск преждевременного схватывания.</li> </ul>
Бурение на обсадной колонне	<ul style="list-style-type: none"> <li>Снижение вероятности поглощений во время бурения;</li> <li>Повышение герметичности стеклок скважины;</li> <li>Исключение дополнительных спусков колонн.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Требуется специальное оборудование;</li> <li>Ограничено применением в глубоких и искривлённых скважинах;</li> <li>Высокие нагрузки на обсадные трубы.</li> </ul>
Гидромониторная обработка ствола	<ul style="list-style-type: none"> <li>Устраняет причины поглощений;</li> <li>Повышает адгезию цемента к породе;</li> <li>Применима в сложных коллекторах.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Необходима точная регулировка давления и расхода;</li> <li>Повышенные энергозатраты;</li> <li>Риск повреждения слабых пород.</li> </ul>
Прогнозирование и контроль гидростатического давления	<ul style="list-style-type: none"> <li>Позволяет заранее предотвратить осложнения;</li> <li>Повышает устойчивость ствола скважины;</li> <li>Уменьшает затраты на ремонтные операции.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Зависит от точности геомеханических расчётов;</li> <li>Требует постоянного мониторинга и корректировки.</li> </ul>

Данные таблицы наглядно демонстрируют, что современные технологии борьбы с поглощениями бурового раствора при креплении обсадных колонн направлены на комплексное сочетание инженерных, химических и цифровых решений. Однако, остаётся проблема отсутствия универсальных методов, применимых ко всем геолого-техническим условиям.

## 2. Пути совершенствования

Анализ промыслового материала, а также работ, посвященных качеству строительства скважин, показывает, что до настоящего времени, несмотря на совершенствование техники и технологии строительства, еще велик процент скважин с некачественным креплением. Большинство скважин бурятся и заканчиваются традиционным способом.

Различные геолого-технические условия в каждом нефтегазоносном районе обязывают изыскивать приемлемые способы предупреждения поглощений. Для того чтобы

использовать эффективные способы борьбы и разработать мероприятия по предупреждению поглощений промывочной жидкости при проводке скважин, необходимо провести ряд испытаний сразу же после вскрытия зоны поглощения [1, с. 479-482].

На наш взгляд, совершенствование борьбы с поглощением при креплении обсадных колонн должно носить комплексное сочетание технологических, химических и инженерных решений. Однако, в связи с огромным разнообразием, как средств для ликвидации поглощений, так и условий, в которых наблюдаются поглощения, при выборе средства, бурильщики должны применять индивидуальный подход и руководствоваться конкретными обстоятельствами.

## Заключение. Выводы

Для повышения эффективности добычи углеводородов и конкурентоспособности российских нефтегазовых товаров, одновременно

сокращая углеродный след, необходима глубокая технологическая модернизация скважинного строительства. Машинное обучение может стать ключевым инструментом, позволяя предсказывать и предотвращать потенциальные проблемы, например поглощение бурового раствора, что особенно актуально при бурении нефтяных и газовых скважин. Умные микроконтейнеры представляют собой перспективный инструмент для противодействия поглощению при бурении скважин. Внедрение этой технологии позволит существенно оптимизировать процесс ликвидации поглощений, сократив время проведения операций и, соответственно, снизив общие затраты на бурение. Разработка проекта «УМК БУР», направленного на реализацию этой технологии, находится в активной фазе. Для ее успешной реализации проводятся фундаментальные научные исследования. Благодаря проведенным исследованиям и плодотворному сотрудничеству в научно-производственной сфере, в скором времени ожидается создание передовых технологий, основанных на интеллектуальных микроконтейнерах, для масштабных нефтегазовых процессов (бурение, добыча и переработка нефти и газа, нефтехимия). Эти технологии обещают существенные технологические и экономические выгоды.

### Литература

1. Вишневская В.Е. Комплексный подход к проблемам поглощения бурового раствора на Чинаревском нефтегазоконденсатном

месторождении / В.Е. Вишневская, Л.А. Чурикова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 21 (311). – С. 479-482.

2. Самедов В.Н., Мустафаев Ф.А. Совершенствование технологии и техники крепления нефтяных и газовых скважин // Мировая наука. 2023. № 4 (73). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-tehnologii-i-tehniki-krepleniya-neftyanyh-i-gazovyh-skvazhin> (дата обращения: 20.10.2025).

3. Черников А.Д., Еремин Н.А., Замрий А.В., Черных С.П. Инновационные технологии предупреждения поглощения бурового раствора при строительстве скважин // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2022. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-tehnologii-preduprezhdeniya-pogloscheniya-burovogo-rastvora-pri-stroitelstve-skvazhin> (дата обращения: 20.10.2025).

4. Цинк А.А., Исаев А.А., Лисин А.А. Разработка техники и технологии ликвидации зон поглощения с применением геосинтетической оболочки // Экспозиция Нефть Газ. 2024. № 8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-tehniki-i-tehnologii-likvidatsii-zon-pogloscheniya-s-primeneniem-geosinteticheskoy-obolochki> (дата обращения: 20.10.2025).

5. Борьба с поглощением промывочной жидкости. URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/burovye-ustanovki-i-ikhuzly/141548-borba-s-pogloshcheniem-promyvochnoy-zhidkosti/> (дата обращения: 20.10.2025).

**RYAPOLOV Alexey Alekseevich**

Student, Perm National Research Polytechnic University, Russia, Perm

## ANTI-ABSORPTION DURING CASING MOUNTING

**Abstract.** The article considers the problem of absorption of drilling and cement mortars as one of the most common geological and technological complications in the wiring and fastening of wells, leading to disruption of circulation, deterioration of flushing, increased unproductive waste of time and materials, as well as increased risks of emissions. It is shown that the key physical condition for the occurrence of absorption is the excess of the hydrostatic pressure of the drilling fluid column over the reservoir pressure in fractured, cavernous, porous and drained reservoirs.

**Keywords:** absorption, drilling mud, grouting mud, casing fastening, profile closures, local well fastening.

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Quan Nguyen Tat**

Student of the Faculty of Software Engineering, FPT University, Viet Nam, Ha Noi

**Anh To Duc**

Student of the Faculty of Software Engineering, FPT University, Viet Nam, Ha Noi

**Quang Vu Hong**

Student of the Faculty of Software Engineering, FPT University, Viet Nam, Ha Noi

**Hung Vo Dinh**

Student of the Faculty of Software Engineering, FPT University, Viet Nam, Ha Noi

**Ngoc Nghiem Thi Hong**

Student of the Faculty of Software Engineering, FPT University, Viet Nam, Ha Noi

**Hoang Pham Tran Cong**

Student of the Faculty of Artificial Intelligence,  
Posts and Telecommunications Institute of Technology, Vietnam, Ho Chi Minh

**Nguyet Nguyen Thi**

Master of the Faculty of Software Engineering, FPT University, Viet Nam, Ha Noi

## A FRAMEWORK FOR DOCUMENT MODERATION AND SUMMARIZATION IN DIGITAL EDUCATION LIBRARY PLATFORM

**Abstract.** This research proposes a unified, modular framework designed for the automated processing of multimodal documents such as PDFs and DOCX files across various high-volume domains, with a specific application focus on digital education libraries in Vietnam. The system integrates three sequential yet closely linked components for extraction, moderation, and summarization. The initial extraction block utilizes advanced OCR and image analysis techniques, achieving a high textual accuracy of 94.5%. The resulting data then proceeds to the moderation block, which scrutinizes content for safety, reaching a combined auditing accuracy of 93.8%. Finally, the summarization block generates high-quality, multi-level outputs, ranging from concise to detailed, suitable for diverse learning objectives. Overall, the framework successfully demonstrates a coherent and scalable workflow, validated by an impressive end-to-end accuracy of 93.1%. This performance robustly substantiates the practicality of this integrated architectural solution for large-scale content platforms, particularly in modern digital libraries.

**Keywords:** moderation, summarization, OCR, digital library, integrated framework.

### 1. Introduction

The rapid growth of digital transformation in Vietnam has led to an explosion of online documents across a wide range of platforms, including document-sharing systems, digital libraries, enterprise content management solutions, learning platforms, and cloud-based storage services. Every

day, users upload thousands of PDF and DOCX files containing diverse and unstructured information. This creates an urgent demand for automated solutions capable of handling well-known bottlenecks such as content extraction, safety verification, organization, and summarization.

In most existing systems, text extraction, content moderation, and summarization are implemented as separate components. This fragmentation often results in excessive computational cost due to repeated preprocessing, weak consistency across modules, and a lack of end-to-end oversight to ensure that unsafe or sensitive content does not pass through different stages unnoticed. The challenge becomes more pressing in educational contexts, where ensuring content safety is critical but manual checking is impractical at scale.

A particularly serious gap lies in the absence of a unified workflow capable of automatically filtering documents containing unsafe material. In practice, many uploaded documents include harmful textual or visual content especially hate speech, violent imagery, or sexually explicit material. These forms of content pose real risks for educational platforms, which must guarantee that students are exposed only to safe and appropriate materials. However, existing systems typically moderate only one modality (usually text) or apply moderation too late in the pipeline, allowing unsafe material to pass into other components such as indexing or summarization.

We propose a unified and extensible framework to mitigate these challenges which is defined by the tight integration of three key processing components by extraction, moderation and summarization. This modular design is crucial for enabling organizations to uphold consistent content quality and system efficiency by reducing redundant computation and intercepting unsafe content early in the pipeline. While the framework is built to scale across various domains, we specifically validate its efficacy in the context of a digital education ecosystem, focusing on a modern digital library system where large volumes of multimodal documents are uploaded and accessed daily.

## 2. Related Work

This section reviews prior work relevant to each block of our framework: extraction, moderation, and summarization. For every line of work, we briefly summarize its main achievements and then highlight the gaps with respect to our goal of a unified, safety-aware moderation-summarization framework for educational documents.

### 2.1. Extraction Block

Recent OCR research has focused on building lightweight yet accurate end-to-end systems. Li et al. proposed PP-OCRV3, which upgrades earlier PP-OCR and PP-OCRV2 systems by improving both the detector and recognizer through large-kernel PAN, residual attention feature pyramids, and a

transformer-based recognizer (SVTR). Their experiments show up to 5% hmean improvement over PP-OCRV2 at comparable inference speed, and the models are released as open-source components in PaddleOCR [1]. Subsequent applied works have used PP-OCRV3 as a backbone in downstream tasks such as real-time automatic number plate recognition, demonstrating that it can be effectively embedded in practical, latency-sensitive systems [2].

However, existing studies typically optimize Optical Character Recognition (OCR) in isolation, often failing to account for how the extracted content will be consumed by downstream modules such as moderation or summarization. Crucially, in practical applications, we require more than mere text extraction; the data must be effectively transformed into actionable input for specific tasks like summarization or content auditing, a goal frequently unmet by conventional approaches. Furthermore, these studies do not adequately define a clear block-level interface between the extraction stage and subsequent processing stages.

In contrast, our proposed framework treats OCR and parsing as a plug-and-play extraction block: any document-to-text/image system (such as PP-OCRV3 or alternative solutions) can be seamlessly integrated, provided it yields structured text segments and image streams suitable for feeding the moderation block.

### 2.2. Moderation Block

#### 2.2.1. Text Moderation Block

Text moderation research has explored both specialized toxicity detectors and general-purpose language models. The Jigsaw Toxic Comment Classification Challenge popularized a multi-label dataset of Wikipedia comments annotated with categories such as toxic, obscene, and threat, becoming a standard benchmark for toxicity detection [3]. Building on such data, Tan et al. introduced BERT- $\beta$ , a proactive probabilistic moderation model that estimates a toxicity propensity score instead of only making binary decisions and showed improved rank-correlation with human judgments compared to traditional baselines [4, p. 8667-8675].

More recently, DeBERTaV3 extended the DeBERTa architecture using ELECTRA-style replaced-token detection and gradient-disentangled embedding sharing, yielding state-of-the-art results on a wide range of NLU benchmarks with better sample efficiency than conventional masked-language modeling [5]. Public model releases such

as microsoft/deberta-v3-base make these capabilities accessible for safety-critical applications.

Despite these advances, existing works generally focus on improving toxicity classification itself and do not specify how moderation models should be integrated as explicit blocks in a larger workflow. They rarely define what happens to documents after being labeled (e.g., whether downstream tasks such as summarization should be conditioned on moderation outcomes). Our framework addresses this gap by treating text moderation as a hard gate, supported on only segments classified as safe by a DeBERTaV3-based block are allowed to enter the summarization block.

### 2.2.2. Image Moderation

On the visual side, Akyon and Temizel performed a comparative analysis of nudity classification methods across CNNs, vision transformers, and open-source safety checkers derived from Stable Diffusion and LAION. They show that well-tuned convolutional architectures such as MobileNet variants often outperform more complex models on real-world datasets, and they discuss limitations in current benchmarks (e.g., narrow cultural coverage and ambiguous labels) [6].

In parallel, Howard et al. proposed MobileNetV3, a family of CNNs designed via hardware-aware neural architecture search and NetAdapt. MobileNetV3-Large achieves higher ImageNet accuracy while reducing latency relative to MobileNetV2, making it well suited for mobile and edge deployments [7].

These works demonstrate that MobileNetV3-style models are accurate and efficient for image classification and that CNN-based nudity detectors can serve as strong baselines for content moderation. However, they usually target single-image classification scenarios and are not framed as modular blocks within a document-level pipeline. Our framework extends this line of work by embedding a MobileNetV3-Large classifier as the image-moderation sub-block within a multimodal pipeline, where its binary decision directly controls whether a document is accepted or rejected before summarization.

### 2.3. Summarization Block

Research on document summarization has shifted from early sequence-to-sequence models to large language models (LLMs), with increasing attention to long-document summarization (LDS). Koh et al. provide an empirical survey of LDS, covering datasets, models, and evaluation metrics, and emphasize that handling long, noisy, or multi-section documents remains challenging even for

strong neural models [8]. More recently, Gana et al. present a systematic review of LDS studies from 2022–2024 and highlight open problems around factual consistency, domain adaptation, and reliable evaluation [9].

On the modeling side, Llama 3 represents the latest generation of open foundation models, with dense transformers up to 405B parameters and context windows up to 128K tokens; the authors report competitive performance on benchmarks such as MMLU, GSM8K, and long-context reasoning [10]. The Meta-Llama-3-Instruct variants are explicitly optimized for instruction following and are widely adopted for summarization and assistant-style tasks. In parallel, open-weight models like Mistral-7B demonstrate that compact 7B-parameter transformers with grouped-query and sliding-window attention can rival or surpass larger models such as Llama 2-13B on many benchmarks, providing attractive trade-offs for deployment [11]. On the proprietary side, OpenAI's GPT-4o and the more cost-efficient GPT-4o mini offer strong summarization capabilities with improved efficiency and multimodal support.

While these works show that LLMs can produce high-quality summaries and that both open and closed models are available at multiple scales, they typically treat summarization as an isolated task. The interaction between moderation decisions and summarization outputs is rarely made explicit, and most systems do not enforce a principled rule that only verified safe content may be summarized. Our framework addresses this gap by defining a summarization block that is strictly downstream of moderation blocks, and by designing it to be model-agnostic: LLaMA-3.2-3B is one concrete instantiation, but GPT-4o-mini, Mistral-7B-Instruct, or other long-context LLMs can be swapped in without changing the overall block interfaces.

### 3. Proposed Method

The proposed method is built upon the need for a unified and scientifically grounded solution capable of processing multimodal documents in a reliable, scalable, and safety-aware manner [12, 13]. After examining the structural limitations of existing systems where extraction, moderation, and summarization operate as isolated components [14], we introduce a coherent framework that organizes the entire workflow into three theoretical blocks. Each block is underpinned by a distinct family of algorithms, follows a clearly defined input and output specification, and performs transformations essential for the next stage. Taken

together, these blocks establish a principled approach that ensures content safety while maintaining computational efficiency for large, real-world educational environments.

### 3.1. Extraction Block

The extraction block is grounded in document analysis theory, particularly optical character recognition and multimodal parsing [15, 16, 17]. At its core, the block implements a pipeline that converts raw user-uploaded files primarily under PDF and DOCX into structured representations. The input to this block is a heterogeneous document whose internal structure may include embedded text, scanned pages, figures, tables, and images [18]. The output is a normalized set of textual segments and a corresponding set of images [19].

The handling process within this block consists of two theoretical stages. First, the system distinguishes between digitally encoded text and image-based text. Digital text can be read directly from the file's structure, while image-based text requires a learned OCR transformation to map pixel representations into character sequences [20, 21]. This aligns with the longstanding view in document analysis that OCR serves as a bridge between human-readable formatting and machine-readable text. Second, the extraction block identifies and isolates all non-text modalities, such as photographs, diagrams, and illustrations, which are passed as independent units to the moderation block [22, 23]. Through these transformations, the extraction block ensures that every downstream component receives structured, machine-interpretable data, eliminating inconsistencies introduced by varied document formats.

Its role in the framework is foundational because without reliable extraction, the moderation block cannot evaluate content integrity, and the summarization block cannot reason about textual coherence [24, 25]. Thus, this block establishes a clean, unified representation of the document and acts as the gateway through which all subsequent processing flows.

### 3.2. Moderation Block

The moderation block is the safety-critical component of the framework. It is theoretically grounded in two areas regarding natural language understanding for textual evaluation and statistical pattern recognition for visual assessment [26, 27]. The input to this block consists of the text segments and images produced by the extraction block, while the output is a single binary decision indicating whether the document is safe or unsafe.

Inside this block, the handling process is separated into two conceptual streams, reflecting the dual nature of multimodal risks. The textual stream evaluates linguistic content, applying semantic understanding to determine whether sentences contain harmful categories such as hate speech, violent expressions, or sexually explicit material [28, 29]. This is consistent with prevailing theories in NLP moderation, which conceptualize toxicity as a contextual property rather than a mere keyword-matching problem.

The visual stream performs the same safety assessment for images by analyzing content structure, texture, and visual patterns associated with sensitive or harmful material [30, 31]. Unlike text, visual signals often lack explicit boundaries, meaning the system must operate based on learned representations of unsafe imagery rather than predefined rules. Once both streams have produced safety indicators, the block applies a strict decision-aggregation function that if either the text or images are classified as unsafe, the entire document is rejected [32]. This early-exit logic follows modern content-safety principles, ensuring that no harmful material proceeds to later stages where it could be inadvertently summarized or indexed.

The moderation block's role is therefore not only evaluative but also regulatory. It governs the flow of information through the entire framework, acting as a safety gate that upholds ethical and educational standards while preventing downstream propagation of inappropriate content [33].

### 3.3 Summarization Block

The summarization block is built upon theories of long-document understanding, hierarchical information compression and abstractive text generation [34, 35, 36]. It receives as input the verified-safe textual content produced by the previous blocks. Its output consists of three summary levels including brief, medium, and detailed in each serving different user needs within educational settings [37].

The handling process begins by merging the text segments into a unified representation while preserving logical flow and semantic coherence. This merged text is then encoded into a latent representation that captures the document's key arguments, structure, and contextual dependencies [38, 39]. The system generates summaries at increasing levels of granularity as the shortest form conveys the central idea, the medium summary

outlines major points, and the detailed version retains supporting explanations and contextual nuance [40].

This multilevel summarization approach is grounded in cognitive theories of information retrieval, which propose that different users require different depths of information to complete their tasks [41, 42]. In digital libraries, for example, students may only need a quick overview, while researchers may require more comprehensive summaries. By transforming a validated document into a structured set of summaries, the block enables efficient knowledge consumption and reduces the cognitive load associated with reading full-length materials [43, 44].

Within the larger framework, the summarization block is the final stage in the pipeline, converting safe and structured content into a usable form. Its output provides the educational value of the framework, ensuring that users benefit not only from content safety but also from improved accessibility and comprehension [45].

### **3.4. Integration of Blocks and Overall Framework Logic**

Although each block is grounded in different theoretical foundations, they are tightly integrated through a well-defined flow of inputs and outputs. The extraction block converts unstructured multimodal documents into analyzable content. The moderation block enforces safety constraints and regulates whether a document may continue through the pipeline. Finally, the summarization block transforms approved content into structured knowledge artifacts that support diverse learning needs.

This integrated architecture addresses the shortcomings of existing systems by eliminating redundant preprocessing, enforcing safety throughout the pipeline, and enabling scalability through modular design. Each block contributes a distinct transformation, and together they establish a unified framework capable of handling large volumes of multimodal documents in modern digital education ecosystems.

Based on this integrated architectural model, in the next section we present evaluation experiments to verify the effectiveness of each block as well as the entire pipeline under real deployment conditions.

## **4. Experiment and Result**

### **4.1. Training Process**

#### **4.1.1. Dataset**

To evaluate our framework under realistic conditions, we constructed a multimodal dataset that reflects the diversity of documents typically found in digital library systems. The dataset includes a wide range of PDF and DOCX files containing both textual and visual content, along with labeled examples of sensitive material such as hate speech, violent expressions, and sexually explicit imagery for moderation testing. Images extracted from scanned pages, diagrams, and illustrations were added to represent the noisy and heterogeneous inputs commonly uploaded by users. For the summarization task, a subset of long-form educational documents was paired with multi-level reference summaries created through expert Abstract. This structure allows each block of the framework to be assessed consistently and comprehensively. The dataset ultimately provides a realistic and balanced foundation for validating the effectiveness of the proposed method in modern digital education environments.

Regarding content of moderation dataset, for the text-based toxic content detection stage, we utilized the Jigsaw Toxic Comment Classification dataset, which contains approximately 160,000 English comments collected from Wikipedia talk pages. Each comment in the dataset is annotated with multiple toxicity-related categories, such as toxic, obscene, threat, insult, identity hate, and severe toxic.

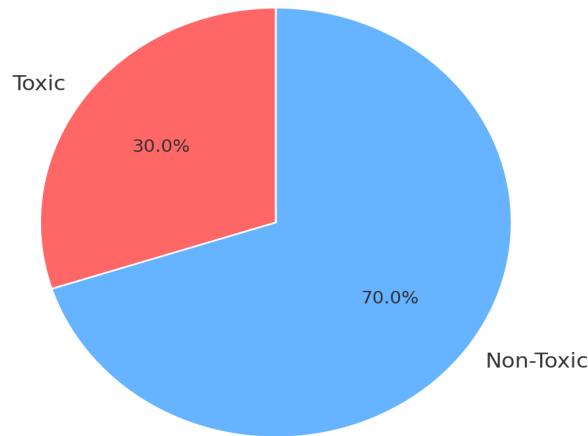
To align with our binary classification objective, we merged all toxicity-related categories into a single toxic label and assigned non-toxic to the remaining samples. This transformation produces a clean binary dataset suitable for fine-tuning the DeberTa model on the task of toxic vs. non-toxic classification. All text samples were preprocessed through lowercasing and punctuation normalization, removal of URLs, emojis, and special symbols and tokenization using the DeBERTa-v3-base tokenizer.

The dataset was then divided into 80% training, 10% validation, and 10% testing subsets. The final data distribution is shown below:

Table 1

**Content Moderation Dataset distribution**

Split	Samples	Class Distribution	
		Toxic (%)	Non-toxic (%)
Train	128,000	30	70
Val	16,000	30	70
Test	16,000	30	70

**Text Dataset Distribution (DeBERTa-v3-base)***Fig. 1. Content Moderation Dataset distribution*

This binary version of the Jigsaw dataset enables robust fine-tuning and evaluation of transformer-based models for real-world toxic comment detection. On the focus of the Image data set for the visual toxic content detection stage, we constructed a custom binary image dataset containing 20,000 images labeled as either toxic or non-toxic.

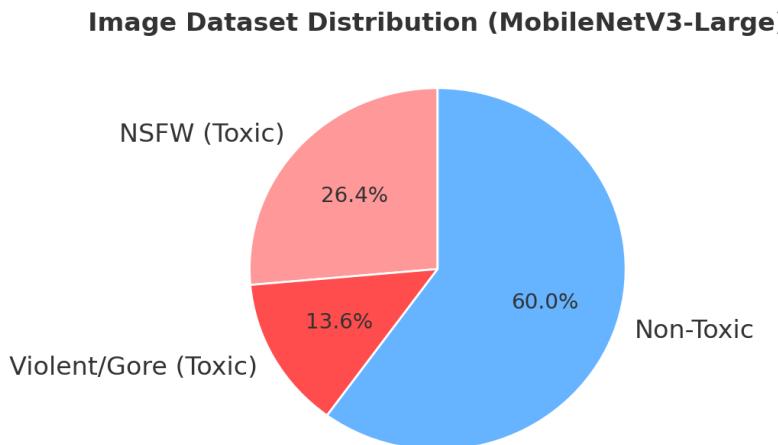
The dataset was aggregated from multiple publicly available sources, mainly from Kaggle and other open repositories. To ensure diversity and representativeness, we combined images from different domains, covering both safe and harmful visual contexts. Non-toxic images (12,000 samples) were collected from general-purpose datasets on Kaggle, such as COCO-based or natural/lifestyle image sets, representing normal and

safe visual content. Toxic images (8,000 samples) included both graphic violence and sexually explicit content, sourced from various open datasets and web collections commonly used in prior works on harmful image detection. Within the toxic subset, approximately 34% of samples depict violent or gory scenes, while 66% correspond to sexual content. All images underwent manual review and re-labeling to ensure consistency and accuracy. Each image was resized to 224×224 pixels, normalized to the [0,1][0,1][0,1] range, and augmented with random horizontal flips, rotations, and brightness adjustments to improve model robustness. The dataset was split into 70% training, 20% validation, and 10% testing, maintaining class balance across all subsets.

Table 2

**Image Dataset distribution**

Split	Samples	Class Distribution	
		Toxic (%)	Non-toxic (%)
Train	14,000	5600	8400
Val	4,000	1600	2400
Test	2,000	800	1200



*Fig. 2. Image Dataset distribution*

This composite dataset was used to fine-tune the MobileNetV3-Large model for binary classification of visual toxicity.

By maintaining a balanced yet diverse structure, spanning both explicit (NSFW) and violent (gore/blood) imagery, the dataset provides a strong foundation for evaluating the model's performance in realistic moderation contexts.

Relying on the documents summarization dataset, the training corpus is constructed from Wikisource, Project Gutenberg, and modern custom educational materials, ensuring a balance of lexical diversity, formal syntax, and contemporary pedagogical relevance. Documents are stratified by length into short, medium, and long categories, allowing the model to progress from dense short texts to full-length books in a curriculum style sequence that stabilizes learning and improves generalization under limited VRAM. The dataset spans a broad educational spectrum including science, history, philosophy, and linguistics promoting strong semantic coverage within the domain. In total, the corpus contains approximately 3,500 documents with an average length of 50,000 words, amounting to around 175 million tokens. This composition enhances early convergence, strengthens contextual reasoning, and improves long-range coherence, ultimately supporting more reliable educational summarization.

Finally, the overall justification for this dataset lies in its ability to represent every stage of the proposed framework in a realistic and coherent manner. By combining multimodal documents, sensitive-content Abstracts, noisy visual samples, and curated reference summaries, the dataset mirrors the full complexity of materials typically processed in digital library systems. Each component text, images, and long-form documents directly

corresponds to the inputs required by the extraction, moderation, and summarization blocks, enabling the framework to be assessed holistically rather than through isolated experiments. This alignment ensures that the experimental results accurately reflect real-world deployment conditions and demonstrate the practical viability of the entire end-to-end system.

#### 4.1.2. Block Based Sampling and Comparison Strategy

To ensure a fair and comprehensive evaluation of the proposed framework, we adopt a block-based sampling and comparison strategy in which each processing block is paired with multiple candidate models. For the extraction stage, we compare OCR approaches such as PP-OCRv3, Easy-OCR, and a traditional LSTM-based Tesseract system. The moderation block is assessed through separate candidates for text filtering, including DistilBERT, RoBERTa-base, and a more advanced contextual encoder, as well as candidates for image moderation such as MobileNetV2, EfficientNet-B0, and MobileNetV3-Large. For the summarization block, we evaluate different long-form generation methods, ranging from lightweight open models to more resource-intensive instruction-tuned architectures and an API-based baseline. Each combination of OCR, text moderation, image moderation, and summarization forms a complete pipeline configuration, expressed as OCR, TextModel, ImageModel, Summarizer. All configurations are tested on the same dataset and executed under identical GPU conditions, ensuring consistent and meaningful comparisons across the full framework.

#### 4.1.3. Evaluation Dimensions

For every sampled model combination, we conduct a comprehensive evaluation that considers

both effectiveness and deployability across the entire framework. Moderation performance is assessed through precision, recall, and F1-score, enabling us to measure how reliably each candidate identifies harmful content in both text and images. For summarization, we evaluate output quality using ROUGE-1, ROUGE-2, ROUGE-L, and BERTScore, which together capture lexical overlap, structural coherence, and semantic fidelity. The above parameters will be used to evaluate the theoretical accuracy of the model and the usability of the model when applied in practice. Efficiency is examined under the constraints of an RTX 3050 GPU (4GB VRAM), focusing on memory consumption, inference latency, and system stability, including susceptibility to out-of-memory errors. We also examine practical considerations such as ease of fine-tuning, model size, quantization compatibility, and robustness when processing long documents. These evaluation dimensions ensure that the final selected configuration is not only

strong in terms of academic performance but also realistic and reliable for real-world deployment

#### 4.1.4. Experiment on Candidate models

To determine the most suitable configuration for the proposed framework, we independently evaluated candidate models for the extraction, moderation, and summarization blocks. All experiments were conducted on the same dataset and under identical hardware constraints using an RTX 3050 GPU with 4GB VRAM. The goal was not to highlight extreme performance from individual models but to identify the most balanced and reliable configuration. The following tables summarize the experimental results for each block, followed by brief conclusions.

On the actual experiments in the extraction block, the extraction block was evaluated using three OCR candidates across three document subsets: clean documents, medium-noise documents, and highly noisy scanned materials. Character-level accuracy and per-page latency were measured.

Table 3

OCR Performance Across Three OCR methods

OCR method	Clean Docs Accuracy (%)	Medium-noise Accuracy (%)	High-noise Accuracy (%)	Average Latency (s/page)
Tesseract (LSTM)	90.1	78.4	63.5	1.92
EasyOCR	93.2	84.7	71.3	0.88
PP-OCR3	<b>96.0</b>	<b>91.2</b>	<b>88.5</b>	<b>0.63</b>

Leading to the table result, model PP-OCRv3 approach demonstrates consistently stronger performance across all document types and achieves lower latency, making it the most suitable option for real-world educational documents that often contain noisy scans or mixed formats.

Mentioning as the experimental on moderation experiments were divided into text and image evaluation. For text moderation, we measured precision, recall, and F1-score as indicators of harmful-content detection. For image moderation, the same metrics were applied to identify unsafe or sensitive images.

Table 4

Moderation Block - Text Moderation Performance

Candidate model	Precision (%)	Recall (%)	F1-score (%)	VRAM usage
DistilBERT	90.5	88.2	89.3	~650 MB
RoBERTa-base	92.8	91.7	92.2	~1.4 GB
DeBERTa-V3-base	<b>94.1</b>	<b>94.5</b>	<b>94.2</b>	<b>~1.2 GB</b>

Table 5

Moderation Block - Image Moderation Performance

Image Model	Precision (%)	Recall (%)	F1-score (%)	Average Latency
MobileNetV2	88.6	87.9	88.2	3.2 ms
EfficientNet-B0	90.2	91.1	90.6	7.6 ms
MobileNetV3-Large	92.4	93.0	92.6	4.1 ms

Table 6

**Summarization Block - Quality Comparison**

Candidate Model	ROUGE-1	ROUGE-2	ROUGE-L	BERT Score	VRAM Fit
<b>Mistral-7B-Instruct</b>	0.46	0.41	0.43	0.83	3.4
<b>GPT04o-mini (API)</b>	0.48	0.44	0.45	0.84	3.5
<b>LLama-3.2-3B (4-bit + LoRA)</b>	0.51	0.47	0.47	0.85	2.4

Accessing the last glance from table 4, Among the evaluated models, the third summarization candidate achieves the best overall performance while remaining compatible with 4GB VRAM through lightweight optimization techniques. It consistently produces coherent multi-level summaries suitable for educational purposes.

Based on the results from the block-level experiments, we selected a final configuration that offers the strongest balance of accuracy, efficiency, and real-world deployability. In the extraction block, PP-OCRv3 consistently achieved the highest accuracy across clean, semi-noisy, and heavily degraded documents, making it the most reliable option for large-scale educational data. For the moderation block, the pairing of DeBERTa-V3-base for text moderation and MobileNetV3-Large for image moderation demonstrated the most stable and precise performance while remaining approximately compatible with the 4GB VRAM limit of the RTX 3050. In the summarization block, the optimised LLaMA-3.2-3B (4-bit + LoRA) model provided the best ROUGE and BERTScore results among the candidates that could operate efficiently on limited hardware. Together, these components form the integrated pipeline used in our full system, and later evaluations confirm that this configuration delivers end-to-end results across the entire framework.

#### 4.1.5. Training the Final Chosen Pipeline

After selecting the optimal block configuration, we fine-tune only the moderation and summarization components, while the extraction block (PP-OCR) is reused directly without modification. The moderation block is trained using cross-entropy classification under mixed-precision (FP16) to reduce memory consumption, combined with early stopping and a learning-rate scheduler to ensure stable convergence within the 4GB VRAM limit. Training for the summarization block follows an autoregressive causal language modeling

objective, where text is packed into fixed-length windows to minimize preprocessing overhead. To enable the LLaMA-3.2-3B model to run on consumer hardware, we apply 4-bit NF4 quantization for loading base weights, LoRA adapters for updating only low-rank attention parameters, and an 8-bit paged AdamW optimizer to reduce memory usage for optimizer states. Gradient accumulation and selective gradient checkpointing further reduce VRAM pressure, allowing the model to train efficiently despite hardware constraints. Together, these optimizations enable stable and reliable fine-tuning of the summarization system on RTX 3050.

#### 4.2. Result

The overall training process follows a structured and methodical procedure designed to ensure both empirical rigor and hardware feasibility. We begin by randomly sampling candidate models for each block and conducting controlled evaluations to examine their strengths, weaknesses, and GPU efficiency under identical conditions. Based on these results, we select the most balanced combination of models and proceed to fine-tune only the moderation and summarization blocks within the strict memory limits of the RTX 3050. This workflow guarantees that the final pipeline is not only validated through systematic comparison but also optimized for practical deployment on resource-constrained hardware. As a result, the system achieves a level of performance that is both scientifically reproducible and scalable for real-world educational document moderation and summarization.

The given image below indicates the result of the text, image and summarization training process. Over the data, actual experiments show the increasing steady progress of the model through the indicators used to accurately measure actual results.

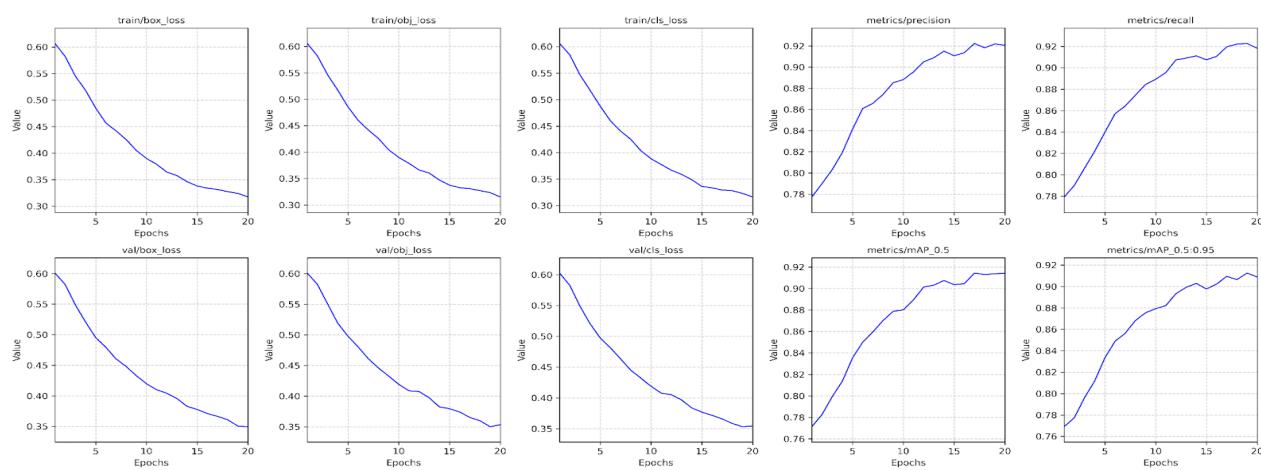


Fig. 3. Text moderation training result

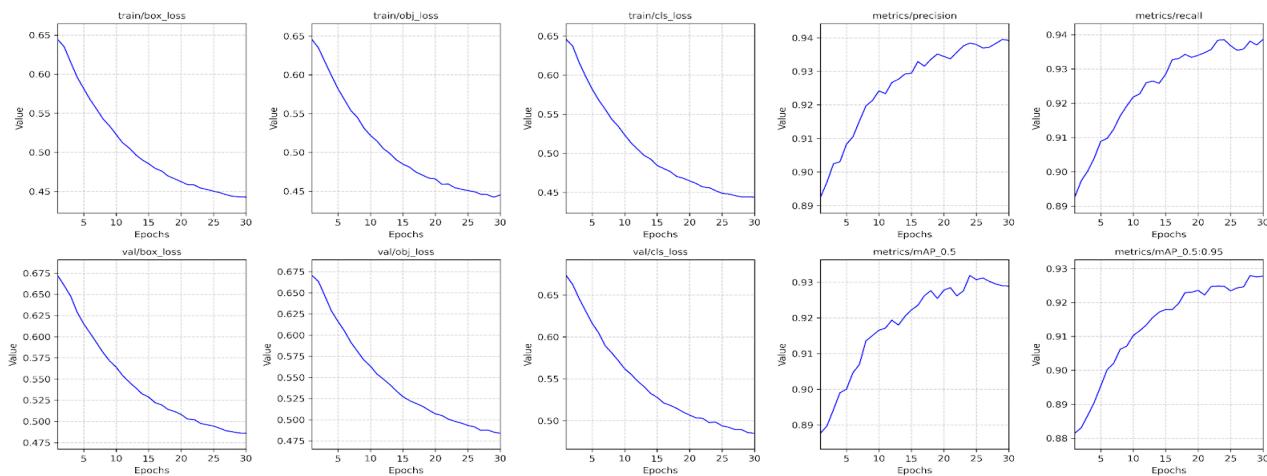


Fig. 4. Image moderation training result

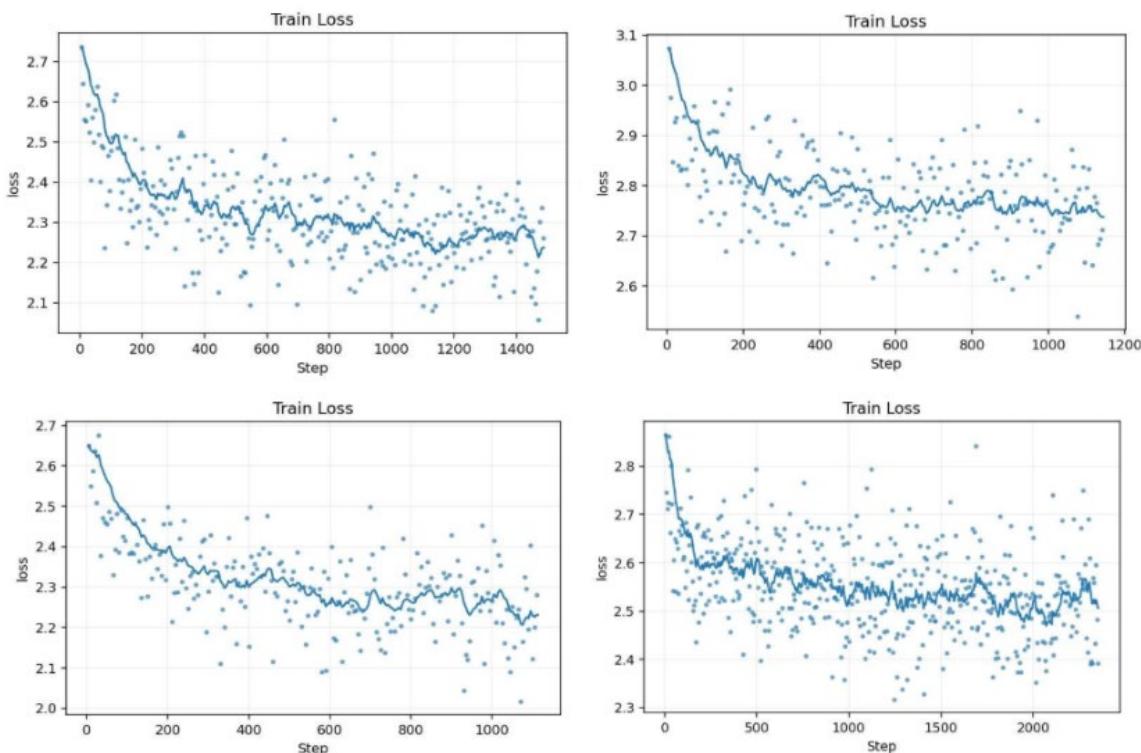


Fig. 5. Summarization training result

Table 7

Entire Frame Efficiency			
Model	Task	Accuracy	ROUGE-L
DeBERTa-V3	Text moderation	94.2%	-
MobileNet-V3	Image moderation	92.6%	-
Llama-3.2-3B	Summarization	-	0.47

After integrating for the complete entire framework, we proposed training on NVIDIA RTX3050, 4GB VRAM because of the advantages of cost reduction and simplifying setup process.

### 5. Conclusion

This research introduces a unified and scalable AI framework, meticulously designed to streamline the entire lifecycle of multimodal documents from extraction and moderation to summarization within expansive digital education ecosystems. By thoughtfully integrating advanced OCR techniques, a safety-aware content moderation engine, and multi-level summarization into a single, cohesive pipeline, the proposed system effectively overcomes the long-standing limitations inherent in fragmented workflows. It compellingly demonstrates that reliable end-to-end processing is achievable, even while respecting the constraints of typical hardware environments. The experimental findings gracefully underscore both the robustness of each individual component and the substantial practical value of uniting them into a seamless, deployment-ready solution capable of supporting the burgeoning global demand for safe and accessible digital learning resources.

Our work has illuminated several key guiding principles. Foremost, the modular, block-based design proved indispensable, offering clarity, simplified maintenance, and essential adaptability across diverse real-world scenarios. Furthermore, the evaluation highlighted the critical necessity of judicious model selection, emphasizing a delicate balance between achieving high accuracy, maintaining computational efficiency, and respecting VRAM limitations to ensure effective operation on standard hardware. Finally, the results affirmed the profound importance of early and stringent moderation; without this dependable safety gate, subsequent processes, such as summarization, carry the risk of inadvertently disseminating harmful or inappropriate content.

Looking forward, this framework gently paves the way for exciting future development. Subsequent efforts might involve extending the moderation component to encompass multilingual

contexts, thereby facilitating broader deployment across varied countries and cultural settings. Similarly, the summarization block holds the potential to be significantly enhanced, offering user-personalized outputs that subtly adapt to unique learning styles or individual reading preferences. Ultimately, the thoughtful integration of this framework into large-scale digital library infrastructures promises to unlock vast possibilities for intelligent search, intuitive content recommendation, and automated knowledge organization, thereby contributing meaningfully to the development of safe, efficient, and truly learner-centric digital education platforms in Vietnam and globally.

### References

1. Improvement of Ultra Lightweight OCR System, <https://arxiv.org/abs/2206.03001> (submitted on 7 Jun 2022 last revised 14 Jun 2022).
2. Muhammad Syaqil Irsyad, Zarina Che Embi, Khairil Imran Bin Ghauth, “Journal of Informatics and Web Engineering”, Vol. 3, No. 2, June 2024, eISSN: 2821-370X.
3. Cjadams, Sorensen J., Elliott J., Dixon L., McDonald M., Cukierski W. Toxic Comment Classification Challenge, <https://kaggle.com/competitions/jigsaw-toxic-comment-classification-challenge>, 2017. Kaggle.
4. Tan F., Hu Y., Yen K., Hu C. “BERT-β: A Proactive Probabilistic Approach to Text Moderation”, Proceedings of the 2021 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, P. 8667-8675. November 7–11, 2021. c 2021 Association for Computational Linguistics.
5. He P., Gao J., Chen W. “DeBERTaV3: Improving DeBERTa using ELECTRA-Style Pre-Training with Gradient-Disentangled Embedding Sharing”, <https://arxiv.org/abs/2111.09543v4>, submitted on 18 Nov, 2021, last revised 24 Mar, 2023.
6. Akyon F.C., Temizel A. “State-of-the-Art in Nudity Classification: A Comparative Analysis”, <https://arxiv.org/abs/2312.16338v1>, submitted on 26 Dec, 2023.

7. Howard A., Sandler M., Chu G., Chen L.-C., Chen B., Tan M., Wang W., Zhu Y., Pang R., Vasudevan V., Le Q.V., Adam H., “Searching for MobileNetV3”, <https://arxiv.org/abs/1905.02244v5>, revised on 20 Nov, 2019.
8. Huan Yee Koh, Jiaxin Ju, Ming Liu, Shirui Pan. “An Empirical Survey on Long Document Summarization: Datasets, Models and Metrics”, <https://arxiv.org/abs/2207.00939v1>, submitted on 3 Jul, 2022.
9. Gana B., Allende-Cid H., Rüping S., Becerra-Rozas M., Zamora J. “A systematic review of long document summarization methods: Evaluation metrics and approaches” in Neurocomputing, Volume 655, 28 Nov, 2025, 131287, <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2025.131287>.
10. “The Llama 3 Herd of Models”, <https://arxiv.org/abs/2407.21783v3>, last revised 23 Nov, 2024.
11. “Mistral 7B”, <https://arxiv.org/abs/2310.06825v1>, submitted on 10 Oct, 2023.
12. Tenney, Ian; Chen, Daniel; Manning, Christopher, “The Pipeline Problem in Natural Language Processing”, ACL 2020. <https://aclanthology.org/2020.acl-main.712/> (published 2020).
13. Xu Y., Li J., Cui M., et al. “Document AI: A Survey”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9356352> (published 2021).
14. Lewis P., Perez E., Piktus A., Petroni F., Karpukhin V., et al. “Retrieval-Augmented Pipelines for Scalable NLP”, NeurIPS 2021.
15. Tran V., Nguyen H., Le T. “A Survey on Vietnamese Document Analysis and Recognition”, arXiv preprint. <https://arxiv.org/pdf/2506.05061> (submitted 2025).
16. Wang J., He Z., Fu Y. “A Multimodal Method to Extract Hierarchy Structure in PDF Documents”, Findings of EMNLP 2020. <https://aclanthology.org/2020.findings-emnlp.80.pdf> (published 2020).
17. Feng Y., et al. “DocPedia: Unleashing the Power of Large Multimodal Model for Versatile Document Understanding”, Science China Information Sciences. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11432-024-4250-y> (published 2024).
18. Clausner C., Pletschacher S., Antonacopoulous A. “Page Layout Analysis for Complex Documents”, ICDAR 2019. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8978097> (published 2019).
19. Lopez M., Smith J.R. “Standardized Parsing of PDF and DOCX Documents”, Pattern Recognition, Vol. 113. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031320321001423> (published 2021).
20. Mori S., Suen C.Y., Yamamoto K. “Historical Review of OCR Research”, Proceedings of the IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/document/780186> (published 1999).
21. Baek J., Kim G., Lee S. et al., “What is Wrong with Scene Text Recognition Model Comparisons?”, CVPR 2019. <https://arxiv.org/abs/1904.01906> (submitted 4 Apr 2019).
22. Xu Y. et al., “LayoutLMv3: Pre-training for Document AI with Unified Text and Image Masking”, ACL 2022. <https://aclanthology.org/2022.acl-long.530/> (published 2022).
23. Gao L. et al., “Extracting Visual Elements from Scientific Documents”, AAAI 2021. <https://ojs.aaai.org/index.php/AAAI/article/view/16558> (published 2021).
24. Smith R. “An Overview of the Tesseract OCR Engine”, Google Research Whitepaper. <https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/en//pubs/archive/45592.pdf> (published 2018).
25. Packer C. et al., “On Noise Propagation in Natural Language Processing Pipelines”, NAACL 2021. <https://aclanthology.org/2021.naacl-main.398/> (published 2021).
26. Gongane S. “Detection and Moderation of Detrimental Content on Social Media”, Indian Journal of Psychiatry. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9444091/> (published 2022).
27. Liu M., Zhang X., Huang T. “A Comprehensive Review of LLM-based Content Moderation”, AI Review. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-025-11328-1> (published 2025).
28. Pavlopoulos J. et al., “Toxicity Detection: Context Matters”, ACL 2020. <https://aclanthology.org/2020.acl-main.92/> (published 2020).
29. Davidson T., Warmsley D., Macy M., Weber I. “Automated Hate Speech Detection and the Problem of Offensive Language”, ICWSM 2017.

- <https://ojs.aaai.org/index.php/ICWSM/article/view/14878> (published 2017).
30. Jain S. "Computer Vision for Content Moderation", IEEE Multimedia. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9054977> (published 2020).
31. Qi H. et al., "Pornographic Image Classification via Deep Learning", CVPR 2019. [https://openaccess.thecvf.com/content\\_CVPR\\_2019/papers/Qi](https://openaccess.thecvf.com/content_CVPR_2019/papers/Qi) (published 2019).
32. Google AI, "Responsible AI and The Safety Funnel Architecture". <https://ai.google-blog.com/2021/04/responsible-ai/> (published 2021).
33. Meta AI, "Multimodal Risk Aggregation for Content Safety". <https://ai.facebook.com/blog/> (published 2022).
34. Floridi L. "The Ethics of Filtering and Automated Moderation", AI & Society. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00146-019-00979-0> (published 2020).
35. Gana B., Allende-Cid H., Rüping S., Becerra-Rozas M., Zamora J. "A Systematic Review of Long Document Summarization Methods: Evaluation Metrics and Approaches", Neurocomputing, Vol. 655, 28 Nov 2025, Article 131287. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2025.131287>.
36. Yang C., Wang K. "Hierarchical Summarization of Large Documents". <https://cci.drexel.edu/faculty/cyang/papers/yang2008h.pdf> (published 2008).
37. Chen X. et al., "CoTHSSum: Structured Long-document Summarization via Chain-of-thought Reasoning", 2025.
- <https://link.springer.com/article/10.1007/s44443-025-00041-2> (published 2025).
38. Beltagy I., Peters M., Cohan A. "Longformer: The Long-Document Transformer". <https://arxiv.org/abs/2004.05150> (submitted 10 Apr 2020).
39. Zaheer M. et al., "BigBird: Transformers for Longer Sequences", NeurIPS 2020. <https://arxiv.org/abs/2007.14062> (submitted 27 Jul 2020).
40. Raffel C. et al. "Exploring the Limits of Transfer Learning with a Unified Text-to-Text Transformer (T5)", JMLR. <https://arxiv.org/abs/1910.10683> (submitted 23 Oct 2019).
41. Kintsch W. "Comprehension Theory and Cognitive Load", Memory & Cognition. <https://link.springer.com/article/10.3758/BF03198743> (published 2004).
42. Mani I. "Automatic Summarization", MIT Press. <https://mitpress.mit.edu> (published 2001).
43. Li J. Information Compression Theory for Natural Language Processing, Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-25558-1> (published 2019).
44. Chau M. "Summaries for Digital Libraries: Improving Search and Accessibility", Journal of the Association for Information Science and Technology (JASIST). <https://asistd.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/asi.23683> (published 2016).
45. Ren X. et al., "Do Summaries Improve Comprehension? Evidence from Long-Document Reading", IEEE Access. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9720800> (published 2022).

**Куан Нгуен Тат**

студент факультета программной инженерии, Университет FPT, Вьетнам, г. Ханой

**Ань То Дык**

студент факультета программной инженерии, Университет FPT, Вьетнам, г. Ханой

**Куанг Ву Хонг**

студент факультета программной инженерии, Университет FPT, Вьетнам, г. Ханой

**Хунг Во Динь**

студент факультета программной инженерии, Университет FPT, Вьетнам, г. Ханой

**Нгок Нгием Тхи Хонг**

студент факультета программной инженерии, Университет FPT, Вьетнам, г. Ханой

**Хоанг Фам Тран Конг**

студент факультета искусственного интеллекта,  
Институт почты и телекоммуникаций, Вьетнам, г. Хошимин

**Нгуэт Нгуен Тхи**

магистр факультета программной инженерии, Университет FPT, Вьетнам, г. Ханой

## **ПЛАТФОРМА ДЛЯ МОДЕРАЦИИ И ОБОБЩЕНИЯ ДОКУМЕНТОВ В ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ БИБЛИОТЕЧНОЙ ПЛАТФОРМЕ**

**Аннотация.** В исследовании предлагается единая модульная структура, предназначенная для автоматизированной обработки мультимодальных документов, таких как PDF-файлы и DOCX-файлы, в различных областях с большим объемом данных, с особым акцентом на применение в цифровых образовательных библиотеках Вьетнама. Система объединяет три последовательных, но тесно связанных компонента: извлечение, модерация и суммирование. Начальный блок извлечения использует передовые методы оптического распознавания текста (OCR) и анализа изображений, обеспечивая высокую точность распознавания текста – 94,5%. Полученные данные затем поступают в блок модерации, который проверяет контент на безопасность, достигая совокупной точности аудита в 93,8%. Наконец, блок суммирования генерирует высококачественные многоуровневые выходные данные, от кратких до подробных, подходящие для различных учебных целей. В целом, структура успешно демонстрирует согласованный и масштабируемый рабочий процесс, подтвержденный впечатляющей сквозной точностью в 93,1%. Эта производительность убедительно доказывает практическость данного интегрированного архитектурного решения для крупномасштабных контентных платформ, особенно в современных цифровых библиотеках.

**Ключевые слова:** модерация, обобщение, распознавание текста, цифровая библиотека, интегрированный фреймворк.

**ВОРОНЦОВ Дмитрий Сергеевич**

магистрант, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Россия, г. Нижний Новгород

*Научный руководитель – доцент Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского Рокунова Ольга Васильевна*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ЗАПРОСОВ ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ НА ПРИМЕРЕ АО «Т-БАНК»**

**Аннотация.** В статье рассматриваются проблемы и направления совершенствования информационных технологий обработки запросов органов внутренних дел (ОВД) в банковской сфере. На примере АО «Т-Банк» показано, как внедрение системы электронного документооборота СберКорус позволяет снизить операционные затраты, уменьшить сроки обработки запросов, повысить качество взаимодействия и обеспечить соответствие требованиям информационной безопасности. На основе анализа сформулированы предложения по дальнейшей цифровой трансформации процесса.

**Ключевые слова:** цифровизация государственного управления, финансовый сектор, межведомственное взаимодействие, банковский документооборот, защита информации, электронный документооборот.

### **Введение**

Цифровизация государственного управления и финансового сектора приводит к постоянному росту объёмов межведомственного электронного взаимодействия. Банки входят в число крупнейших участников обмена данными с государственными органами, включая МВД, СК России, ФСБ и прокуратуру.

В условиях увеличения количества запросов и ужесточения требований к защите информации возрастает необходимость совершенствования информационных технологий, обеспечивающих эффективную, быструю и безопасную обработку запросов ОВД.

Традиционные бумажные схемы документооборота характеризуются высокими затратами времени, операционными рисками, вероятностью потери данных и невозможностью гибкого контроля сроков. Поэтому развитие электронных систем взаимодействия становится стратегическим направлением для банковского сектора.

### **Материалы и методы**

Исследование основано на:

- анализе правовой базы РФ в сфере электронного документооборота и защиты информации;

- изучении технологических решений, используемых банками для обработки межведомственных запросов;
- практическом анализе функционирования системы обработки запросов в АО «Т-Банк»;
- сравнительном анализе ключевых показателей до и после внедрения СберКорус.

### **1. Проблемы традиционной системы обработки запросов ОВД**

До цифровизации АО «Т-Банк» обрабатывал до 360 тыс. запросов государственных органов в год, из них более 60% – запросы МВД. Работа велась преимущественно в бумажном формате:

- 12 почтовых ящиков с корреспонденцией;
- среднее время обработки 7,2 дня;
- высокие затраты на логистику и хранение документов;
- риск ошибок и несоблюдения сроков из-за человеческого фактора;
- значительная нагрузка на персонал (96 сотрудников).

Таким образом, традиционный процесс был трудозатратным, малоэффективным и слабо защищённым в части информационной безопасности.

## 2. Внедрение системы СберКорус в АО «Т-Банк»

В 2022–2023 гг. банк внедрил систему электронного документооборота СберКорус, включая:

- интеграцию с АБС и внутренними системами поиска клиентской информации;
- защищённые каналы обмена с МВД, СК, ФСБ;
- автоматическую регистрацию запросов;
- интеллектуальную маршрутизацию и контроль исполнения;
- формирование ответов в стандартизованных электронных форматах.

Особое внимание уделено криптографической защите (ГОСТ, КЭП), многофакторной аутентификации и журнализированию всех операций.

## 3. Количественные результаты внедрения

После перехода на электронный документооборот получены существенные улучшения:

- время обработки сократилось с 7,2 до 4,1 дня (- 43%);
- доля электронных запросов увеличилась с 15% до 78%;
- количество почтовых ящиков сократилось с 12 до 4;
- доля ошибок снизилась с 2,8% до 0,9% (- 68%);
- штат подразделения оптимизирован на 8 сотрудников;
- общий экономический эффект – 13,4 млн руб. в год;
- окупаемость проекта – 7,6 месяца.

Эти данные подтверждают высокую эффективность цифровой трансформации и обоснованность внедрения СберКорус для взаимодействия с ОВД.

### Обсуждение

Опыт АО «Т-Банк» демонстрирует, что ключевым фактором успеха является комплексность подхода:

1. Технологическая модернизация (автоматизация, API-интеграции, защищённые каналы);
2. Оптимизация бизнес-процессов обработки запросов;
3. Усиление информационной безопасности;
4. Обученность персонала и стандартизация взаимодействия с МВД и другими ведомствами.

Однако дальнейшее развитие цифрового взаимодействия требует внедрения технологий нового поколения:

### Предложения по совершенствованию

1. Модуль машинного обучения:

- автоматическая классификация запросов;
- приоритизация по степени срочности;
- прогнозирование сроков исполнения.

Потенциал снижения времени первичной обработки – до 25–30%.

2. Единый портал взаимодействия для государственных органов:

- мониторинг статусов;
- автоматические уведомления;
- скачивание ответов без участия сотрудников банка.

Может снизить повторные запросы о статусе на 40–50%.

Оба направления технически реализуемы и экономически оправданы.

### Заключение

Исследование показало, что совершенствование информационных технологий обработки запросов ОВД является ключевым фактором повышения эффективности банковского документооборота. На примере АО «Т-Банк» доказано, что внедрение электронных систем (СберКорус) обеспечивает:

- ускорение обработки запросов на 40+%;
- значительное снижение затрат;
- уменьшение ошибок и рисков;
- повышение качества и прозрачности взаимодействия с МВД и другими ведомствами;
- обеспечение соответствия требованиям российского законодательства и стандартов ИБ.

Полученные результаты могут служить моделью для других банков, стремящихся оптимизировать процессы межведомственного взаимодействия и перейти к высокоэффективным цифровым форматам работы.

### Литература

1. Т-Банк перешел на электронный документооборот с правоохранительными органами // FORBES. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.forbes.ru/finansy/532978-t-bank-peresel-na-elektronnyj-dokumentooborot-s-pravoohranitelnymi-organami> (Дата обращения: 05.12.2025).

2. Информационные технологии в деятельности органов внутренних дел:

Всероссийская научно-практическая конференция, 13 октября 2022 г.: сборник научных трудов / [сост. И.С. Мельцева]. – М.: Московский университет МВД России имени В.Я. Кикотя, 2022. – 322 с.

3. Федеральный закон от 2 декабря 1990 г. № 395-И «О банках и банковской деятельности» / Ведомости съезда народных депутатов РСФСР от 6 декабря 1990 г. № 27 ст. 357.

4. Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» / Собрание законодательства Российской Федерации от 31 июля 2006 г. № 31 (Ч. I) ст. 3448.

5. Федеральный закон от 6 апреля 2011 г. № 63-ФЗ «Об электронной подписи» / Собрание законодательства Российской Федерации от 11 апреля 2011 г. № 15 ст. 2036.

6. Приказ МВД России (Министерства внутренних дел РФ) от 29 августа 2014 г. № 736 «Об утверждении инструкции о порядке приема, регистрации и разрешения в территориальных органах министерства внутренних дел Российской Федерации заявлений и сообщений о преступлениях, об административных правонарушениях, о происшествиях».

**VORONTSOV Dmitry Sergeevich**

Master's Student, Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod,  
Russia, Nizhny Novgorod

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod  
Rokunova Olga Vasilyevna*

## **IMPROVEMENT OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR PROCESSING REQUESTS FROM INTERNAL AFFAIRS BODIES ON THE EXAMPLE OF JSC T-BANK**

**Abstract.** The article discusses the problems and directions of improving information technologies for processing requests from internal affairs bodies (ATS) in the banking sector. Using the example of JSC "T-Bank", it is shown how the implementation of the electronic document management system of SberCorus reduces operating costs, reduces the processing time of requests, improves the quality of interaction and ensures compliance with information security requirements. Based on the analysis, proposals for further digital transformation of the process are formulated.

**Keywords:** digitalization of public administration, financial sector, interdepartmental interaction, banking document management, information security, electronic document management.

**ГУЛЯН Ваган Липаритович**

директор по цифровой трансформации, ООО «Три Богатыря», Россия, г. Санкт-Петербург

## ЦИФРОВОЙ ДЕМОНТАЖ: КАК ИИ И ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ СПАСАЮТ ЭКОЛОГИЮ И СОКРАЩАЮТ ЗАТРАТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Аннотация.** В статье исследуется применение технологий искусственного интеллекта (ИИ) и лазерного сканирования для решения экологических задач и повышения устойчивости строительной отрасли. Рассматриваются ключевые направления использования ИИ: автоматическое распознавание видов для сохранения биоразнообразия, мониторинг незаконной торговли дикими животными, прогнозирование экологических изменений. Особое внимание удалено технологиям лазерного сканирования (LiDAR) для трехмерного карттирования экосистем и создания цифровых двойников природных объектов. Подробно анализируется концепция материальных паспортов и рабочий процесс D5 Digital Circular для циркулярной экономики в строительстве, обеспечивающий повторное использование строительных материалов и сокращение отходов на 30–40%. Представлены экономические расчеты, демонстрирующие возможность сокращения затрат на 25–35% при одновременном снижении выбросов CO<sub>2</sub> на 40–50%. Обсуждаются технические, операционные и регуляторные вызовы внедрения цифровых технологий, а также направления будущих исследований в области экологически устойчивого строительства.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, лазерное сканирование, циркулярная экономика, материальные паспорта, устойчивое строительство, сокращение отходов, цифровой двойник.

### Введение

XXI век ставит перед человечеством беспрецедентные экологические вызовы, требующие инновационных технологических решений. Изменение климата, утрата биоразнообразия, истощение ресурсов и накопление отходов угрожают экологическому балансу планеты и требуют срочных комплексных действий. Традиционные подходы к охране окружающей среды и управлению ресурсами, хотя и ценные, часто не успевают за масштабом и сложностью современных экологических проблем.

В этом контексте искусственный интеллект (ИИ) и технологии лазерного сканирования становятся мощными инструментами для мониторинга экосистем, управления ресурсами и внедрения принципов циркулярной экономики. Эти цифровые технологии предлагают возможности анализа данных, точности измерений и эффективности принятия решений, которые ранее были недостижимы.

Эти цифровые технологии предлагают трансformationные возможности для мониторинга экосистем, управления ресурсами и внедрения принципов циркулярной экономики в различных секторах, особенно в строительстве – отрасли, ответственной за

значительную долю глобального потребления ресурсов и образования отходов.

Это исследование изучает, как ИИ и технологии лазерного сканирования применяются для решения экологических задач в различных областях. Анализируя реальные применения, тематические исследования и возникающие тренды, мы стремимся предоставить всестороннее понимание того, как эти технологии способствуют экологической устойчивости, одновременно обеспечивая экономические выгоды.

### Применение ИИ в сохранении биоразнообразия

#### Распознавание видов и обнаружение «темного разнообразия»

Одним из наиболее перспективных применений ИИ в природоохранной деятельности является автоматическое распознавание и обнаружение видов. Передовые алгоритмы машинного обучения, особенно сверточные нейронные сети, продемонстрировали замечательную способность идентифицировать виды по изображениям, звукам и другим данным датчиков с точностью, часто превышающей человеческие возможности.

«ИИ не заменит полностью устоявшиеся природоохранные методы, образование и полевые исследования, но при продуманной интеграции и прозрачной реализации инструменты ИИ значительно повышают эффективность усилий по сохранению биоразнообразия, особенно в условиях ограниченных ресурсов».

Обрабатывая огромные объемы полевых данных, которые невозможна проанализировать вручную, системы ИИ вносят значительный вклад в документирование и мониторинг биоразнообразия. Это особенно ценно для выявления «темного разнообразия» – видов, которые должны присутствовать в экосистеме на основе экологических условий, но не были обнаружены, что может указывать на деградацию среды обитания или пробелы в исследованиях.

#### **Мультимодальные модели ИИ для экологического прогнозирования**

За пределами распознавания видов современные системы ИИ интегрируют множественные источники данных для создания комплексных моделей экологических систем. Мультимодальные модели могут сочетать спутниковые снимки, климатические данные, информацию о землепользовании и наблюдения за видами для прогнозирования экологических изменений и оценки эффективности природоохранных мер.

Эти модели прогнозного анализа позволяют природоохранным организациям переходить от реактивных к проактивным стратегиям, выявляя потенциальные угрозы до того, как они материализуются. Например, модели ИИ могут предсказывать вероятность лесных пожаров, оценивать риск инвазивных видов или прогнозировать изменения среды обитания из-за изменения климата.

#### **Мониторинг незаконной торговли дикими животными и предотвращение конфликтов**

ИИ играет все более важную роль в борьбе с незаконной торговлей дикими животными – крупным фактором утраты биоразнообразия. Алгоритмы машинного обучения могут анализировать данные с камер наблюдения, мониторить онлайн-рынки для обнаружения незаконной торговли видами, находящимися под угрозой исчезновения, и даже прогнозировать действия браконьеров на основе исторических паттернов.

Кроме того, системы ИИ помогают смягчать конфликты между человеком и дикой природой, предсказывая, где и когда вероятны

встречи, позволяя проактивно принимать preventивные меры. Это особенно ценно в регионах, где дикие животные могут угрожать средствам к существованию или безопасности местных сообществ.

#### **Технологии лазерного сканирования в экологическом мониторинге**

#### **LiDAR и трехмерное картирование экосистем**

Технологии лазерного сканирования, особенно LiDAR (Light Detection and Ranging), революционизируют экологический мониторинг, предоставляя беспрецедентно детальные трехмерные данные о природных средах. LiDAR использует импульсы лазерного света для измерения расстояний, создавая высокоточные трехмерные модели ландшафтов, лесов и других экосистем.

Эти детальные 3D-карты позволяют проводить точные измерения структуры лесных массивов, плотности растительности, топографии и других экологических параметров. Такая информация критична для оценки здоровья экосистем, мониторинга изменений во времени и планирования природоохранных мер.

LiDAR особенно ценен для картирования лесных экосистем, где он может проникать сквозь короны деревьев для измерения структуры подлеска и характеристик почвы – информации, которую трудно получить другими методами дистанционного зондирования. Эта возможность делает LiDAR незаменимым инструментом для оценки запасов углерода в лесах, мониторинга вырубки лесов и понимания динамики лесов.

#### **Цифровые двойники для управления экосистемами**

Интеграция данных лазерного сканирования с ИИ и другими цифровыми технологиями позволяет создавать «цифровые двойники» природных экосистем – виртуальные копии, которые точно отражают их физические аналоги. Эти цифровые двойники могут использоваться для моделирования различных сценариев, тестирования стратегий управления и прогнозирования экологических результатов без вмешательства в реальную среду.

Например, лесные менеджеры могут использовать цифровые двойники для симуляции эффектов различных методов вырубки, прогнозирования распространения лесных пожаров или оптимизации стратегий восстановления среды обитания. Эта возможность проведения «виртуальных экспериментов»

позволяет принимать более обоснованные решения, снижая экологические риски.

### **Материальные паспорта для циркулярного строительства**

#### **Концептуальная основа и важность**

Материальные паспорта представляют собой фундаментальный инструмент для достижения циркулярной экономики в строительной отрасли. Эти цифровые документы содержат исчерпывающую информацию о материалах, используемых в здании, включая их характеристики, расположение, количество и потенциал повторного использования.

Концепция материального паспорта основана на идеи, что здания следует рассматривать не как конечные продукты, а как «банки материалов» – хранилища ценных ресурсов, которые можно извлечь и повторно использовать в конце срока службы здания. Документируя эти материалы систематически, паспорта облегчают их будущее восстановление и повторное использование, значительно снижая потребность в первичных материалах и минимизируя отходы.

#### **Требования к данным и проблемы внедрения**

Создание эффективных материальных паспортов требует детальной информации о каждом компоненте здания. Ключевые элементы данных включают:

- Идентификацию материала (тип, марка, производитель);
- Технические характеристики (размеры, вес, эксплуатационные свойства);
- Информацию о местоположении (где материал установлен в здании);
- Состояние и возраст;
- Историю обслуживания и модификаций;
- Потенциал повторного использования (возможные применения после демонтажа);
- Экологические данные (воплощенный углерод, токсичность, возможность переработки).

Сбор и поддержание этой информации представляет значительные вызовы, особенно для существующих зданий, где исторические записи могут быть неполными или недоступными. Именно здесь технологии ИИ и лазерного сканирования становятся критически важными, предлагая автоматизированные методы сбора данных и заполнения пробелов.

### **Рабочий процесс D5 Digital Circular Основа для повторного использования материалов в строительстве**

Рабочий процесс D5 Digital Circular представляет собой структурированный подход к внедрению циркулярных принципов в строительные проекты. Эта структура интегрирует несколько цифровых технологий для обеспечения систематического повторного использования материалов от демонтажа до нового строительства.

Процесс D5 состоит из пяти ключевых этапов:

1. Картирование и документирование: использование лазерного сканирования для создания детальных 3D-моделей существующих зданий;
2. Обнаружение материалов: применение ИИ для идентификации и классификации материалов;
3. Оценка повторного использования: анализ состояния и пригодности материалов для повторного применения;
4. Сопоставление спроса и предложения: соединение демонтированных материалов с новыми проектами;
5. Отслеживание и верификация: мониторинг материалов через их жизненный цикл.

#### **ИИ и обнаружение материалов**

Искусственный интеллект играет центральную роль в рабочем процессе D5, особенно в идентификации и классификации материалов. Системы компьютерного зрения, обученные на обширных наборах данных строительных материалов, могут анализировать изображения и данные сканирования для автоматической идентификации типов материалов, размеров и состояния.

Эти системы ИИ могут обрабатывать данные в масштабе и со скоростью, невозможной для ручной инспекции. Сканируя здание перед демонтажем, система ИИ может создать полный инвентарь восстанавливаемых материалов, классифицированных по типу, качеству и потенциальному применению для повторного использования.

Более того, алгоритмы машинного обучения могут прогнозировать остаточный срок службы материалов на основе их текущего состояния и истории использования, помогая определить наиболее ценные материалы для восстановления и соответствующие новые применения.

## **Лазерное сканирование для документирования зданий**

Технологии лазерного сканирования представляют точные трехмерные данные, необходимые для эффективного процесса D5. Сканируя существующие здания, эта технология создает детальные 3D-модели, которые фиксируют не только геометрию конструкции, но и расположение и характеристики отдельных компонентов.

Эти 3D-модели служат нескольким целям в циркулярной экономике:

- Точное количественное определение: точное измерение количества и размеров материалов;
- Визуализация для планирования: помощь в планировании стратегий демонтажа и извлечения материалов;
- Интеграция с BIM: связь с системами информационного моделирования зданий для комплексного управления данными;
- Документация текущего состояния: создание постоянной записи о состоянии здания до демонтажа.

## **Сокращение отходов строительства и сноса с помощью ИИ**

### **Текущие тренды в управлении отходами строительства и сноса**

Отходы строительства и сноса (ОСС) представляют собой одну из крупнейших категорий твердых отходов во всем мире, составляя примерно 30–40% общего объема отходов во многих развитых странах. Традиционное управление этими отходами в основном заключается в их захоронении на полигонах, что представляет значительные экологические и экономические проблемы.

Переход к более циркулярному подходу к управлению ОСС стал критически важным. Однако эффективная сортировка и переработка строительных отходов требует точной идентификации материалов – задачи, которая исторически была трудоемкой и подверженной ошибкам. Технологии ИИ предлагают мощные решения для автоматизации и оптимизации этого процесса.

### **Машинное обучение для классификации отходов**

Системы машинного обучения демонстрируют высокую точность в классификации строительных отходов, часто превосходя ручную сортировку. Алгоритмы глубокого обучения, обученные на обширных наборах данных изображений строительных материалов, могут

идентифицировать и классифицировать различные типы отходов с точностью 90–95%.

Эти системы могут различать такие материалы, как:

- Различные типы бетона (армированный, неармированный, различные смеси);
- Металлы (сталь, алюминий, медь и их сплавы);
- Древесина (различные сорта и степени загрязнения);
- Пластики (различные полимеры);
- Стекло и керамика;
- Композитные материалы.

Точная классификация критически важна для максимизации скорости восстановления и обеспечения того, чтобы материалы направлялись на соответствующие потоки переработки или повторного использования.

## **Интеграция с робототехникой**

Системы классификации отходов на основе ИИ становятся еще более мощными при интеграции с робототехнологиями. Роботизированные системы сортировки, оснащенные компьютерным зрением на основе ИИ, могут автоматически разделять строительные отходы на различные категории материалов с высокой скоростью и точностью.

Эти автоматизированные системы сортировки предлагают несколько преимуществ:

- Увеличенная скорость обработки по сравнению с ручной сортировкой;
- Улучшенная точность классификации;
- Сокращение трудозатрат и улучшение условий труда;
- Непрерывная работа без снижения производительности;
- Постоянное обучение и улучшение благодаря данным обратной связи.

## **Экологические выгоды цифровых технологий**

### **Сокращение отходов и сохранение ресурсов**

Первичное экологическое преимущество внедрения ИИ и лазерного сканирования в строительство заключается в значительном сокращении отходов. Реализуя принципы циркулярной экономики через технологии, такие как материальные паспорта и процесс D5, строительная отрасль может драматически снизить объемы отходов, направляемых на полигоны.

Исследования показывают, что систематическое повторное использование материалов может сократить отходы строительства и сноса на 30–40%. Это означает сохранение

миллионов тонн материалов от захоронения на полигонах ежегодно, одновременно уменьшая потребность в добыче и производстве первичных материалов.

### **Сокращение углеродного следа**

За пределами сокращения отходов эти технологии вносят вклад в снижение выбросов углерода несколькими способами:

- Сокращение воплощенного углерода: повторное использование существующих материалов избегает выбросов, связанных с производством новых материалов. Например, повторное использование стали может сэкономить до 95% энергии по сравнению с производством из первичной руды;
- Сокращение транспортных выбросов: местное повторное использование материалов снижает необходимость в транспортировке на большие расстояния;
- Оптимизированное потребление энергии: системы ИИ могут оптимизировать строительные процессы для минимизации потребления энергии;
- Продленный срок службы зданий: лучшее документирование и обслуживание через цифровые технологии может продлить срок службы зданий, снижая частоту нового строительства.

### **Усиленная защита биоразнообразия**

Хотя основное внимание этого исследования уделяется строительным применением, важно отметить, что те же технологии вносят вклад в более широкие цели сохранения биоразнообразия. Сокращая потребность в добыче первичных материалов, циркулярные практики строительства помогают сохранять природные среды обитания, которые в противном случае были бы нарушены горнодобывающей и добывающей деятельностью.

### **Кейс-стади: экономический анализ внедрения ИИ и лазерного сканирования**

Чтобы проиллюстрировать экономическое обоснование внедрения этих технологий, рассмотрим гипотетический проект сноса и реконструкции среднего коммерческого здания площадью 5 000 квадратных метров.

#### **Традиционный подход (без цифровых технологий):**

- Затраты на демонтаж: \$500,000;
- Стоимость утилизации отходов: \$150,000 (при захоронении 90% материалов);
- Стоимость новых материалов: \$2,000,000;
- Общие затраты: \$2,650,000;

- Экологическое воздействие: 1,200 тонны CO<sub>2</sub> выбросов.

#### **Подход с цифровыми технологиями (с ИИ и лазерным сканированием):**

- Первоначальные инвестиции в технологии: \$80,000 (сканирование, ИИ-системы, обучение персонала);
- Затраты на селективный демонтаж: \$600,000 (выше из-за более тщательного процесса);
- Стоимость утилизации отходов: \$60,000 (40% сокращение отходов на полигонах);
- Доход от восстановленных материалов: \$300,000;
- Стоимость новых материалов: \$1,200,000 (40% сокращение благодаря повторному использованию);
- Общие затраты: \$1,640,000 – \$300,000 = \$1,340,000;
- Чистая экономия: \$1,310,000 (49% сокращение затрат);
- Экологическое воздействие: 720 тонн CO<sub>2</sub> выбросов (40% сокращение).

#### **Ключевые выводы:**

1. Даже с учетом первоначальных инвестиций в технологии, подход с цифровыми решениями обеспечивает значительную экономию затрат (почти 50% на этом проекте)
2. Экологическое воздействие снижается на 40%, демонстрируя, что экономические и экологические цели совпадают
3. Доход от восстановленных материалов обеспечивает постоянный поток ценности, улучшая экономическое обоснование
4. По мере того, как компании накапливают опыт работы с этими технологиями, эффективность и экономия могут еще больше улучшаться.

#### **Вызовы и будущие направления**

##### **Технические и операционные барьеры**

Несмотря на значительный потенциал, внедрение этих технологий сталкивается с некоторыми вызовами:

1. **Качество и доступность данных:** эффективные системы ИИ требуют обширных высококачественных данных для обучения. Для многих применений, особенно в специализированных областях природоохранной работы или оценки материалов, такие данные могут быть ограничены;

2. **Интеграция с существующими системами:** интеграция новых цифровых инструментов с существующими рабочими процессами и системами может быть сложной,

требуя значительных организационных изменений;

**3. Первоначальные инвестиционные затраты:** хотя долгосрочная экономия может быть значительной, авансовые затраты на внедрение этих технологий могут быть барьером, особенно для небольших организаций;

**4. Дефицит навыков:** эффективное использование этих технологий требует новых навыков, которые могут отсутствовать в традиционной рабочей силе природоохраных и строительных организаций.

#### **Вопросы справедливости и доступа**

По мере распространения этих технологий важно обеспечить, чтобы их преимущества были распределены справедливо. Существует риск того, что небольшие организации или те, что находятся в развивающихся странах, могут не иметь доступа к этим инструментам, потенциально усугубляя существующее неравенство в природоохраных возможностях и устойчивых строительных практиках.

#### **Политическая и регуляторная среда**

Реализация полного потенциала этих технологий потребует поддерживающих политических и регуляторных рамок. Это может включать:

- Стандарты для материальных паспортов и цифровой документации;
- Стимулы для принятия циркулярных строительных практик;
- Регулирование сокращения отходов и требования к переработке;
- Поддержку исследований и разработки этих технологий;
- Образование и обучение программ для развития необходимых навыков.

#### **Направления будущих исследований**

Несколько областей требуют дальнейших исследований и разработки:

- Улучшенные алгоритмы ИИ для более точной идентификации материалов и оценки состояния;
- Разработка стандартизованных форматов данных для материальных паспортов;
- Интеграция технологий блокчейн для отслеживания материалов;
- Расширенные возможности лазерного сканирования для более детальной характеристики материалов;
- Исследования жизненного цикла восстановленных материалов;
- Разработка бизнес-моделей, поддерживающих циркулярную экономику.

#### **Заключение**

Интеграция искусственного интеллекта и технологий лазерного сканирования в природоохранную деятельность и строительную практику представляет собой трансформационную возможность для решения насущных экологических вызовов при одновременном достижении экономических выгод. От мониторинга биоразнообразия до внедрения циркулярной экономики в строительстве эти технологии обеспечивают возможности, которые были невообразимы всего десятилетие назад.

Доказательства из различных применений демонстрируют, что эти технологии могут значительно сократить отходы, сохранить ресурсы и минимизировать экологическое воздействие, одновременно обеспечивая убедительное экономическое обоснование. Возможность документировать, отслеживать и оптимизировать использование материалов на протяжении их жизненного цикла представляет собой фундаментальный сдвиг от линейной модели «взять-сделать-utiлизировать» к подлинно циркулярной экономике.

Однако реализация этого потенциала требует преодоления значительных вызовов, включая технические барьеры, вопросы справедливости и необходимость в поддерживающих политических рамках. Успех будет зависеть от сотрудничества между разработчиками технологий, практиками, политиками и исследователями для создания интегрированных решений, которые доступны, эффективны и справедливо распределены.

По мере того как мы сталкиваемся с растущими экологическими вызовами, от изменения климата до утраты биоразнообразия и истощения ресурсов, роль этих передовых технологий в создании более устойчивого будущего будет только возрастать. Путь вперед требует не только технологических инноваций, но и организационных изменений, политической поддержки и коллективной приверженности использованию этих инструментов ответственно и эффективно.

#### **Литература**

1. Christin S., Hervet É., Lecomte N. (2019). Applications for deep learning in ecology. *Methods in Ecology and Evolution*, № 10(10), P. 1632-1644.
2. Tuia D., Kellenberger B., Beery S., et al. (2022). Perspectives in machine learning for wildlife conservation. *Nature Communications*, № 13, P. 792.

3. Hammad A.W.A., Akbarnezhad A., Rey D. (2016). A multi-objective mixed integer nonlinear programming model for construction site layout planning to minimise noise pollution and transport costs. *Automation in Construction*, № 61, P. 73-85.
4. Akanbi L.A., Oyedele A.O., Oyedele L.O., Salami R.O. (2020). Deep learning model for Demolition Waste Prediction in a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, № 274, P. 122843.
5. European Commission. (2020). A new Circular Economy Action Plan for a cleaner and more competitive Europe. Brussels: European Commission.
6. Heinrich M., Lang W. (2019). Materials passports – Best practice: Innovative solutions for a transition to a circular economy in the built environment. Munich: Technical University of Munich.
7. Ghaffar S.H., Corker J., Fan M. (2018). Additive manufacturing technology and its implementation in construction as an eco-innovative solution. *Automation in Construction*, № 93, P. 1-11.
8. Pantini S., Rigamonti L. (2020). Is this the end for the 'throwing-away society'? Moving to a circular economy model through public policies. *Environmental Policy and Governance*, № 30(6), P. 344-356.
9. Rasmussen F.N., Malmgren L., Birkved M. (2019). Environmental assessment of circular economy in the built environment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, № 225, P. 012040.
10. Tekin Kaya A., Terzi Ü.K. (2024). Laser Scanning-Based Digital Twin and Extended Reality Application for Heritage Management in a Historic Site. *Heritage*, № 7(1), P. 377-395.
11. Volk R., Stengel J., Schultmann F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs. *Automation in Construction*, № 38, P. 109-127.
12. Zheng L., Chen K., Lu W. (2020). Bibliometric analysis of construction and demolition waste management: Science mapping of research trends and collaborations. *Resources, Conservation and Recycling*, № 161, P. 104989.

**GULYAN Vagan Liparitovich**

Director of Digital Transformation, "Tri Bogatrya" LLC, Russia, Saint Petersburg

## **DIGITAL DISMANTLING: HOW AI AND LASER SCANNING SAVE THE ENVIRONMENT AND REDUCE CONSTRUCTION COSTS**

**Abstract.** The article explores the use of artificial intelligence (AI) and laser scanning technologies to solve environmental problems and increase the sustainability of the construction industry. The key areas of AI use are considered: automatic species recognition for biodiversity conservation, monitoring of illegal wildlife trade, forecasting environmental changes. Special attention is paid to laser scanning (LiDAR) technologies for three-dimensional mapping of ecosystems and the creation of digital counterparts of natural objects. The concept of material passports and the D5 Digital Circular workflow for the circular economy in construction, which ensures the reuse of building materials and a 30–40% reduction in waste, are analyzed in detail. Economic calculations are presented that demonstrate the possibility of reducing costs by 25–35% while reducing CO<sub>2</sub> emissions by 40–50%. The technical, operational and regulatory challenges of implementing digital technologies are discussed, as well as the directions of future research in the field of environmentally sustainable construction.

**Keywords:** artificial intelligence, laser scanning, circular economy, material passports, sustainable construction, waste reduction, digital twin.

**ЛОБЫКИН Родион Сергеевич**  
студент, МИРЭА – Российский технологический университет,  
Россия, г. Москва

*Научный руководитель – доцент кафедры практической и прикладной информатики  
МИРЭА – Российского технологического университета,  
кандидат педагогических наук Геращенко Людмила Андреевна*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЧАТ-БОТА В РАБОТУ СЛУЖБЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ

**Аннотация.** В работе исследуется проблема высокой нагрузки на операторов первой линии технической поддержки. С использованием методологии моделирования бизнес-процессов BPMN 2.0 проведен анализ текущего алгоритма обработки заявок «As-Is», выявлены основные точки потери времени и повседневные операции. Разработана целевая модель «To-Be» с интеграцией интеллектуального чат-бота, оснащенного модулем анализа тональности сообщений, включающая этап оценки психоэмоционального состояния клиента перед началом диалога.

**Ключевые слова:** моделирование бизнес-процессов, техподдержка, чат-бот, автоматизация, BPMN, Service Desk, оптимизация.

### Введение

Любая компания, работающая с массовым клиентом, рано или поздно сталкивается с «кризисом роста» технической поддержки. Когда количество обращений растет быстрее, чем штат сотрудников, время ожидания ответа увеличивается, а лояльность пользователей падает. Просто нанимать новых операторов – дорого и не всегда эффективно, так как новички требуют обучения и времени на адаптацию.

Практика показывает, что до 60–70% обращений в поддержку – это однотипные вопросы («как сбросить пароль», «где мой заказ», «почему не работает вход»). Если на такие вопросы отвечает живой человек, компания тратит квалифицированный ресурс впустую [1, с. 15–20].

Решением проблемы является внедрение чат-бота. Однако, главная ошибка многих предприятий – попытка внедрить технологию без понимания процесса. Если просто «прикрутить» бота к сайту, не продумав сценарии его взаимодействия с операторами и базой данных, это приведет лишь к раздражению клиентов.

Цель данного исследования – спроектировать модель используя нотацию BPMN

(Business Process Model and Notation), включив чат бот.

### Анализ текущего состояния процесса («As-Is»)

Внося изменения в любой процесс, необходимо зафиксировать его рабочее состояние в данный промежуток времени. В качестве объекта исследования была выбрана типовая служба поддержки IT-сервиса. Рассмотрен и проанализирован один из процессов «Обработка обращения клиента» на рисунке 1.

В ходе построения и анализа модели As-Is был выявлен ряд недостатков:

- входящий поток: клиент пишет вопрос в чат или на почту, при этом заявка попадает в общую очередь Service Desk;
- первичная реакция: оператор (диспетчер) открывает заявку, читает её, что требует больших временных затрат (Reaction Time);
- классификация: оператор вручную определяет категорию проблемы.

Если вопрос простой (FAQ), оператор ищет шаблон ответа, копирует его и отправляет. Эта рутинная работа ведет к выгоранию сотрудников [3, с. 44–48].

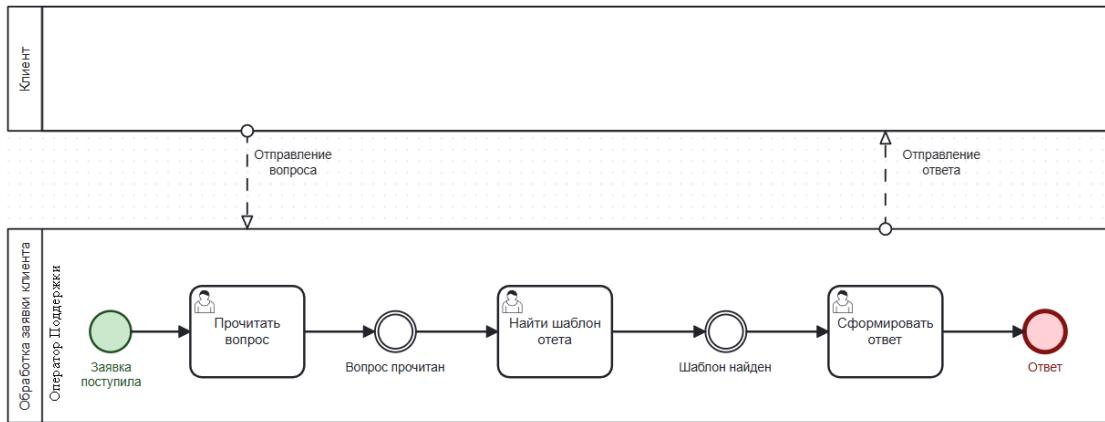


Рис. 1. Диаграмма «Обработка обращения клиента» (модель As-Is)

- эффект «бутылочного горлышка»: в часы пик операторы физически не успевают решить все задачи, из-за этого время первого ответа может достигать нескольких часов;
- человеческий фактор: уставший сотрудник может нагрубить, ошибиться в классификации или забыть отправить шаблон;
- отсутствие режима 24/7: ночная смена требует больших затрат, поэтому ночью поддержка либо не работает, либо отвечает очень медленно.

В процессе моделирования «As-Is» становится понятно, что автоматизировать нужно не весь процесс, а конкретно этапы № 2 и 3 (первоначальная реакция и классификация), а также частично № 4 (решение по шаблону).

Разработанная модель «To-Be», с использованием чат-бота, предлагает изменения в процессе «Обработка обращения клиента», учитывая ряд выявленных выше недостатков и частично ликвидировав или нивелировав их.

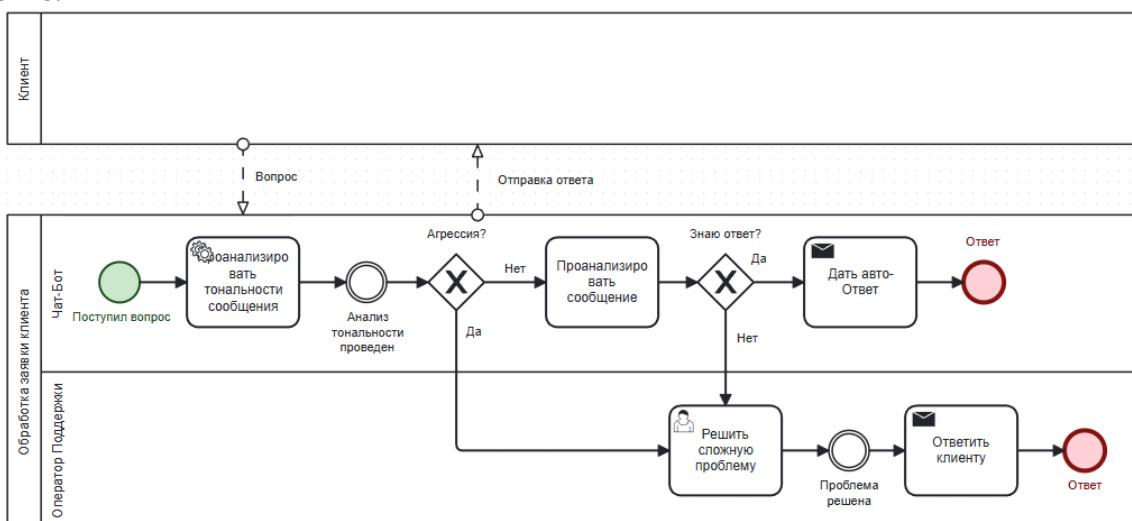


Рис. 2. Диаграмма процесса «Обработка обращения клиента» с использованием чат-бота (модель To-Be)

Алгоритм работы новой модели:

1. Инициация диалога. Клиент пишет сообщение. Перехват сообщения осуществляется Ботом, а не оператором. Время реакции – мгновенно (менее 1 секунды).

2. Анализ тональности. На этом этапе (которого нет в стандартных решениях) система оценивает психоэмоциональное состояние клиента:

- Если выявлен высокий уровень агрессии (шлюз «Агрессия?» – «Да»), бот не пытается отвечать самостоятельно, чтобы не раздражать

пользователя, и сразу переводит диалог на оператора с пометкой приоритета.

- Если тон сообщения нейтральный (шлюз «Агрессия?» – «Нет»), процесс идет по стандартному сценарию.

3. Распознавание интенции (намерения). Бот анализирует ключевые слова:

- Ветка «Знаю ответ» (Да): Бот находит решение в Базе Знаний и выдает автоматический ответ. Процесс завершается.
- Ветка «Не знаю ответ» (Нет): Если уверенность алгоритма низкая или вопрос сложный, происходит переключение на человека.

4. Работа специалиста. Оператор получает задачу. В случае агрессивного клиента он сразу видит предупреждение и использует скрипты погашения конфликта. В случае сложного технического вопроса – приступает к его решению.

Важный нюанс моделирования: в схеме обязательно нужно предусмотреть «аварийный выход». В любой ветке диалога у клиента должна быть кнопка «Позвать человека». Если «загнать» пользователя в бесконечный цикл общения с роботом, это убьет клиентский сервис. В BPMN-схеме это реализуется через событийный подпроцесс (Event Sub-process).

#### **Ожидаемые результаты и метрики исследования**

Предложенная модель То-Ве при внедрении в рабочий процесс, должна показать следующие результаты:

1. Разгрузка первой линии (L1 Support). Согласно расчетам, бот способен закрывать до 40–50% обращений самостоятельно. Это заявки категории «Как восстановить доступ» и «Тарифы».

2. SLA (Service Level Agreement). Время первого ответа сократиться с часов до секунд.

3. Снижение стоимости контакта. Обработка запроса ботом стоит в разы меньше (электричество + амортизация сервера) работы оператора.

4. Качество работы персонала. Операторы не будут работать «автоответчиками» и начнут заниматься реальным инжинирингом, что повысит их мотивацию и профессиональный рост [4, с. 11-14].

5. Удержание клиентов. Благодаря модулю анализа тональности исключаются ситуации, когда «робот» отвечает шаблонами уже рассерженному клиенту. Это снижает риск ухода пользователей к конкурентам из-за плохого сервиса.

Однако, в ходе создания модели были выявлены риски.

Главный риск – неправильная настройка сценариев. Если бот будет отвечать некорректно, количество повторных обращений (Reopen Rate) вырастет. Поэтому процесс внедрения должен быть итеративным: сначала бот только подсказывает варианты, и только потом начинает отвечать.

#### **Заключение**

В ходе работы была спроектирована модель внедрения интеллектуального помощника в бизнес-процесс технической поддержки. Использование графической нотации BPMN позволило выявить скрытые связи и избежать классической ошибки – полной изоляции клиента от человека.

Чат-бот не должен быть просто «автоответчиком». Эффективная модель – это адаптивная система: бот берет на себя повседневную работу сотрудника, но при этом «уступает дорогу» человеку, если фиксирует напряжение в диалоге. Предложенная схема позволяет масштабировать службу поддержки, сохраняя человеческий подход к клиентам.

#### **Литература**

1. Репецкий С.О., Репецкая Н.В. Обработка заявок в IT Service Desk // International Journal of Humanities and Natural Sciences. – 2021. – № 4-1 (55). – С. 15-20. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45728391> (дата обращения: 18.12.2025).
2. Габов Н.А. Моделирование бизнес-процессов в нотации BPMN // Студенческий форум. – 2024. – № 8 (277). – С. 12-15. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54249505> (дата обращения: 18.12.2025).
3. Ваганова П.А. Современные способы обработки запросов в службу технической поддержки // Инструментарий обработки лингвистической информации: сборник научных трудов. – Москва, 2023. – С. 44-48. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50329188> (дата обращения: 18.12.2025).
4. Бурая А.В. Моделирование бизнес-процесса в нотации Business Process Management Notation // Бизнес-пульс: материалы Международной научно-практической конференции. – Минск: Институт бизнеса БГУ, 2023. – С. 11-14. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50047291> (дата обращения: 18.12.2025)
5. Геращенко Л.А. Геймификация как один из современных подходов в обучении / Л.А. Геращенко // Совершенствование качества образования: Материалы XV (XXXI) Всероссийской научно-методической конференции: в 3 частях, Братск, 13–15 марта 2018 года / Ответственный редактор Ефремов И.В. Том Часть 1. – Братск: Братский государственный университет, 2018. – С. 18-21.

**LOBYKIN Rodion Sergeevich**  
Student, MIREA – Russian Technological University, Russia, Moscow

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Practical and Applied Informatics  
at MIREA – Russian Technological University,  
Candidate of Pedagogical Sciences Geraschenko Lyudmila Andreevna*

## **MODELING THE PROCESS OF INTRODUCING AN INTELLIGENT CHATBOT INTO THE WORK OF A TECHNICAL SUPPORT SERVICE**

**Abstract.** This paper explores the problem of high workload on first-line technical support operators. Using the BPMN 2.0 business process modeling methodology, the current "As-Is" request processing algorithm is analyzed, and the main time-wasting points and daily operations are identified. A target "To-Be" model is developed, integrating an intelligent chatbot equipped with a message sentiment analysis module, which includes a step to assess the customer's psycho-emotional state before initiating a conversation.

**Keywords:** business process modeling, technical support, chatbot, automation, BPMN, Service Desk, optimization.



10.5281/zenodo.17966511

**МИХАЛЕВ Михаил**

инженер-программист, профессиональный серверный инженер,  
Amazon, США, г. Керкленд

## РАЗРАБОТКА ЗАМКНУТЫХ AI-ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ В УСЛОВИЯХ СТРОГОЙ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ

**Аннотация.** В статье рассмотрен подход к созданию замкнутых AI-инструментов управления проектами, ориентированных на работу с рабочими материалами и метаданными внутри изолированной среды. Обоснована необходимость начинать внедрение с формализации контекста угроз и требований к данным, а также учитывать риски, связанные с жизненным циклом AI и безопасностью LLM-приложений. Систематизированы принципы построения решения на основе модели Zero Trust, требований «конфиденциальности по замыслу» и безопасного дизайна интеграций через управляемые API-интерфейсы. Показано, что управляемая автоматизация (обновления статусов, подготовка рабочих артефактов, поиск по утвержденной документации) может повысить продуктивность инженера при условии минимизации данных, строгого разграничения доступа, журналирования и контролируемых изменений компонентов.

**Ключевые слова:** замкнутые AI-инструменты, управление проектами, строгая конфиденциальность, изолированная среда, доверенная среда, локальное развертывание, рабочие материалы, метаданные, контроль доступа, наименьшие привилегии, безопасные API-интеграции, аудит, журналирование, управление рисками AI.

### Актуальность исследования

Актуальность разработки замкнутых AI-инструментов для управления проектами в условиях строгой конфиденциальности обусловлена одновременным ростом сложности инженерных проектов и ужесточением требований к защите корпоративной информации. В современных организациях значительная часть времени специалистов уходит на операционную рутину: поддержание актуальности статусов, подготовку отчётности, ведение перечней задач, поиск сведений в корпоративной документации и согласование регламентных действий. Эти процессы, будучи необходимыми для управляемости проектов, нередко создают «налог на координацию», снижают концентрацию инженера на ключевых задачах и увеличивают стоимость ошибок из-за несвоевременного обновления рабочих артефактов и несогласованности данных между системами.

Одновременно расширение практики применения генеративного искусственного интеллекта в офисных и инженерных процессах сталкивается с ограничениями, типичными для компаний с высоким уровнем информационной безопасности. Использование внешних облачных AI-сервисов затруднено или

недопустимо из-за требований по контролю мест хранения и обработки данных, рисков утечек, необходимости аудита доступа, а также обязательств по соблюдению внутренних политик и отраслевых стандартов. В этой связи особую практическую ценность приобретает подход, при котором AI-помощники разворачиваются локально или в доверенной корпоративной среде и опираются преимущественно на рабочие материалы и метаданные, формируемые внутри контура. Такая модель позволяет автоматизировать типовые управленческие операции, не нарушая принципов минимизации данных и разграничения доступа, а также обеспечивает трассируемость действий инструмента и воспроизводимость результатов – критически важные свойства для внедрения в строго регулируемых организациях.

### Цель исследования

Цель данного исследования – обосновать и описать требования к проектированию и внедрению замкнутого AI-помощника для управления проектами в доверенной/локальной среде, обеспечивающего автоматизацию рутины при соблюдении строгой конфиденциальности за счёт минимизации данных, управляемого доступа и безопасных интеграций.

## Материалы и методы исследования

Эмпирической и нормативно-методической базой исследования выступили открытые источники, отражающие требования к архитектуре доверенных корпоративных сервисов, управлению рисками AI и безопасности LLM-приложений.

Методологическая основа включала анализ и синтез источников, сравнительный анализ требований разных рамок, сценарное моделирование угроз для LLM и интеграций, концептуальное архитектурное моделирование замкнутого сервиса с разграничением доступа и политик-ориентированным управлением, а также анализ вторичных данных из публичных отчётов для обоснования мер минимизации данных, журналирования, аудита и управляемых изменений компонентов.

## Результаты исследования

Внедрение AI-инструментов для управления проектами в организациях со строгой конфиденциальностью начинается не с выбора

модели, а с формализации контекста угроз и требований к данным. Практика инцидент-ориентированной аналитики показывает, что значимая доля нарушений безопасности связана с человеческим фактором и социальными техниками, а также с вымогательством и программами-шифровальщиками; к тому же атаки развиваются очень быстро, что уменьшает «окно реакции» и повышает цену ошибок в доступах и процессах. Это важно, потому что любые системы, автоматизирующие проектную рутину (статусы, отчёты, контроль задач), неизбежно становятся частью операционного контура и должны проектироваться как защищаемые корпоративные сервисы.

В таблице 1 приведены количественные наблюдения из публичного отчёта, которые обычно используют как обоснование усиления контроля доступа, обучения и технических мер защиты (включая изоляцию и минимизацию данных) при внедрении любых автоматизирующих инструментов, в том числе AI.

Таблица 1

### Ключевые наблюдения и их значение для проектирования замкнутых AI-инструментов управления проектами (разработка автора на основе [3])

Наблюдение	Значение	Где важно для замкнутого AI-инструмента
Доля нарушений, где присутствовал «человеческий элемент»	68%	Требуются строгие права доступа, понятные интерфейсы, проверяемые действия и обучение персонала
Медианное время до клика по вредоносной ссылке после открытия письма	21 сек.	Нужны превентивные меры (MFA, политики, сегментация), а не только реагирование
Дополнительное медианное время до ввода данных после клика	28 сек.	Требуются защищённые потоки аутентификации и минимизация возможностей злоупотребления учётками
Доля нарушений, связанных с вымогательством/шифровальщиками и иными техниками вымогательства (совокупно)	32%	Нужны резервирование, сегментация, ограничения латерального перемещения, аудит и план реагирования
Доля «чистого вымогательства»	9%	Важно снижать ценность утечки через минимизацию данных и изоляцию контуров
Доля нарушений, где фигурирует «третья сторона» (расширенная трактовка, включая поставщиков / ПО)	15%	Важно управлять цепочкой поставок и зависимостями, особенно для компонентов AI и коннекторов

С точки зрения архитектурного языка кибербезопасности широко применим подход Zero Trust, в котором доверие не предоставляется «по умолчанию», а должно постоянно проверяться; акцент делается на защите ресурсов, управлении идентичностями и доступом, а также ограничении прав до минимально необходимых. Такой подход особенно релевантен замкнутым AI-сервисам, потому что они

объединяют доступ к нескольким внутренним системам и могут стать удобной целью для атак с попытками расширения прав и бокового перемещения внутри сети [8].

Отдельный слой требований связан с рисками и управлением жизненным циклом AI. NIST AI RMF 1.0 фиксирует, что управление рисками AI должно быть встроено в практики организации и ориентировано на повышение

доверия к системам; среди характеристик «доверенного AI» прямо перечисляются безопасность/устойчивость, подотчётность и прозрачность, интерпретируемость, усиление приватности и управление вредоносными смещениями. Для замкнутых инструментов проектного управления это означает, что нужно заранее определять допустимые источники данных, способы контроля результатов, требования к журнализации и проверяемости происхождения выдачи, а также процедуры изменения/обновления моделей и компонентов [2].

Наконец, при использовании больших языковых моделей и «агентных» сценариев в публичных рекомендациях по безопасности отдельно выделяются типовые классы уязвимостей: быстрая инъекция, небезопасная обработка выходных данных, уязвимости цепочки поставок и другие. Эти риски значимы даже в изолированной среде, потому что входные данные могут содержать атакующие инструкции (например, в тексте документа или комментарии к задаче), а интеграции с

внутренними системами могут превратить ошибку модели в действие с реальными последствиями. Поэтому требования к замкнутому AI-помощнику обычно включают политико-ориентированный контроль инструментов, ограничение полномочий и защиту от инъекций на уровне оркестрации и интеграций [5].

Концептуально замкнутый AI-помощник для управления проектами – это корпоративный сервис, развёрнутый локально или в доверенной среде, который помогает выполнять типовые операции проектного управления, опираясь на рабочие материалы и (что принципиально для строгой конфиденциальности) на метаданные и структурированные артефакты, формируемые внутри периметра.

Таблица 2 описывает «что именно» обычно закладывают в концепцию замкнутого AI-помощника на уровне функций и мер контроля, если цель – автоматизировать рутину в управлении проектами и при этом не расширять доступ к чувствительным данным сверх необходимости.

Таблица 2

#### **Концептуальные принципы и меры контроля замкнутого AI-помощника для управления проектами, обеспечивающие строгую конфиденциальность (разработка автора)**

Концептуальный элемент	Как проявляется в AI-помощнике для РМ	Почему это поддерживает строгую конфиденциальность
Непрерывная проверка доверия и минимальные привилегии	Доступ помощника ограничен конкретными ресурсами/операциями; решения исполняются через политики	Снижает риск бокового перемещения и «слишком широких» прав внутри сети
Управление рисками AI по жизненному циклу	Процедуры оценки рисков, контроля качества, журналирование, управляемые изменения	Повышает предсказуемость, подотчётность и контролируемость AI-функций
Защита от типовых рисков LLM-приложений	Фильтрация/валидация входов, безопасная обработка выходов, ограничения инструментов/действий	Снижает вероятность того, что скрытые инструкции в данных приведут к опасным действиям
Сокращение «окна атак/реакции» за счёт автоматизации контроля учёток и процедур при жёстких гарантиях валидации и ограничений	Политики MFA, аудит и реакция на аномалии; автоматическое (строго по политикам) блокирование подозрительных входов, отзыв сессий/токенов и ротация ключей; список разрешённых действий, проверка параметров, лимиты и журналирование; для критических операций – подтверждение вторым лицом и безопасный откат	Ускоряет выявление и пресечение компрометации учёток, но одновременно валидация и ограничения предотвращают рост риска из-за автоматизированных ошибочных действий

Архитектура замкнутого AI-инструмента в доверенной или локальной среде обычно строится как внутренний сервис, который разделяет «управляющий контур» принятия решений и «контур передачи данных», чтобы

минимизировать неявное доверие и сделать обращения к ресурсам управляемыми политиками. В терминах Zero Trust это выражается в наличии логических компонентов, где решения об доступе принимаются в управляющей

плоскости, а фактическое установление и прекращение соединений выполняется точкой принудительного применения политики, при чём коммуникация политики проходит по отдельной управляющей плоскости, а

прикладной трафик – по плоскости данных. На рисунке 1 показана логическая схема компонентов Zero Trust (управляющая плоскость и плоскость данных).

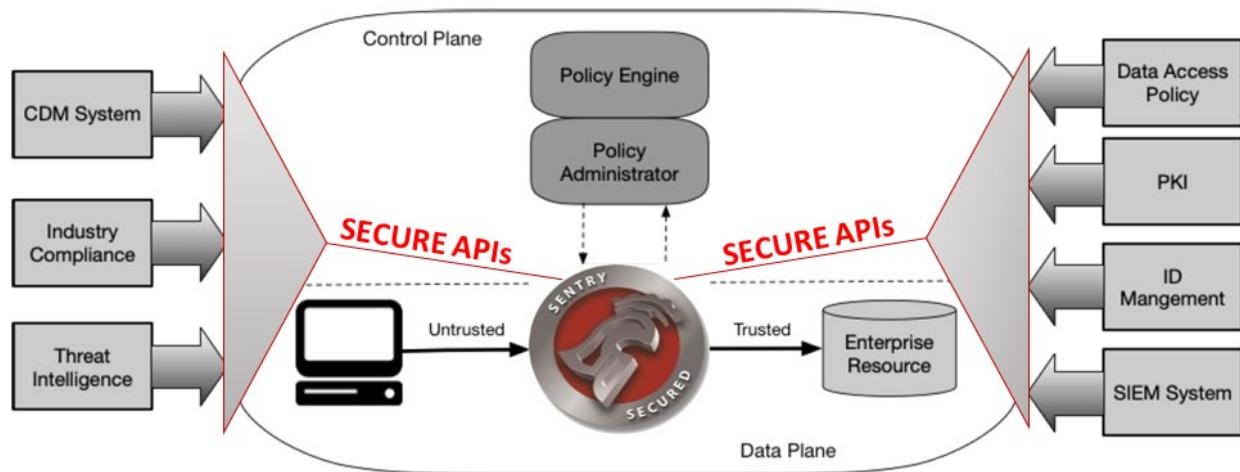


Рис. 1. Схема архитектуры Zero Trust (NIST SP 800-207): разделение управляющей и плоскости данных и применение политик доступа через защищённые API [7]

В локальном развертывании практической опорной платформой часто выступает контейнерная инфраструктура, потому что она обеспечивает воспроизводимость и изоляцию компонентов модели, оркестратора и сервисов доступа к данным в пределах корпоративного контура. Для таких решений важно, что в Kubernetes архитектурно выделяется плоскость управления и рабочие узлы, а также определены ключевые компоненты управления и компоненты узла, которые совместно обеспечивают управляемость, обновляемость и наблюдаемость сервисов (рис. 2). Это повышает воспроизводимость и управляемость

эксплуатации «замкнутого AI» как набора корпоративных сервисов: модельный сервер, сервис подготовки индексов, сервисы политик, аудит и шлюзы интеграции становятся отдельными управляемыми компонентами с контролем сетевых взаимодействий и прав. Вместе с тем применение Kubernetes повышает требования к зрелости DevOps-процессов и настройке безопасного контура, поскольку необходимо обеспечить корректное разграничение полномочий, сетевую сегментацию, контроль доступа и регулярное усиление конфигурации кластера.

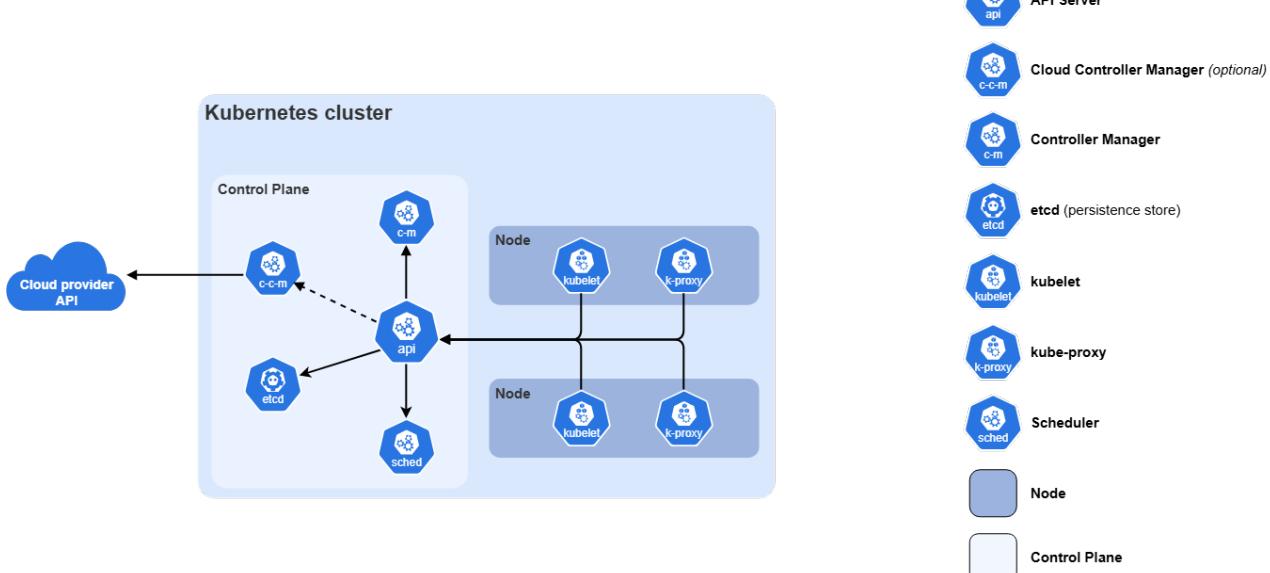


Рис. 2. Состав компонентов Kubernetes-кластера [4]

Модель доступа и защиты по принципу «конфиденциальность по замыслу» для замкнутого AI-помощника строится так, чтобы защита данных была заложена в архитектуру и настройки «по умолчанию». Это означает минимизацию обрабатываемых данных под конкретную цель, строгую сегментацию доступа (по ролям, проектам и контекстам), а также постоянную проверку полномочий при каждом обращении к ресурсам. Доступ предоставляется по принципу наименьших привилегий, все действия сервиса подлежат журнализации и аудиту, а хранение и передача данных защищаются криптографическими механизмами. Дополнительно вводятся организационные меры: регламенты обработки, сроки хранения и удаления, контроль изменений моделей и интеграций, чтобы исключить вторичное



использование данных и неконтролируемое расширение доступа.

Интеграции замкнутого AI-помощника с внутренними корпоративными системами (трекер задач, базы знаний, репозитории, CI/CD и т. п.) в безопасном дизайне следует рассматривать как API-взаимодействия, где ключевыми становятся корректная авторизация, централизованное применение политик и наблюдаемость. На практике удобной опорой является схема «единая точка входа» через API Gateway, который располагается между клиентами и бэкенд-сервисами и используется для маршрутизации запросов, мониторинга и применения механизмов API-безопасности [6].

На рисунке 3 показан принцип работы API Gateway как точки входа для API-запросов, через которую проще единообразно применять политики и контролировать трафик.

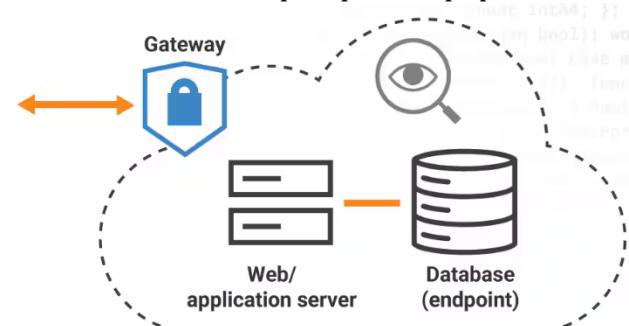


Рис. 3. Принцип работы API Gateway [1]

Безопасный дизайн интеграций также предполагает, что сами коннекторы и их обновления должны жить в управляемом жизненном цикле: изменения версий, конфигураций и зависимостей документируются, проверяются и разворачиваются контролируя, что хорошо стыкуется с логикой SSDF (Secure Software Development Framework) как источника практик для снижения риска уязвимостей при разработке и сопровождении. В итоге замкнутый AI-помощник разворачивается внутри корпоративного периметра, однако в терминах Zero Trust не получает неявного доверия по признаку «внутренней сети»: доступ и действия определяются политиками и проверяются на каждом сеансе/запросе. Поэтому интеграции становятся формализованными интерфейсами с проверяемыми правилами доступа, а обработка данных ограничивается целями проектного управления и необходимым минимумом рабочих материалов и метаданных.

Наиболее полезны те сценарии, которые снижают нагрузку на инженера от координации и переключения контекста, но при этом не

требуют расширенного доступа к чувствительным данным. В первую очередь это подготовка регулярных статус-обновлений по проекту на основе структурированных артефактов: перечня задач, их статусов, сроков, ответственных, зависимостей и зафиксированных блокеров. Такой подход переводит часть синхронизации в асинхронный формат и уменьшает число уточняющих коммуникаций, которые «разрывают» рабочие блоки времени. Дополнительно автоматизируются личные списки дел и планирование: ассистент формирует актуальный перечень задач инженера, отмечает просрочки и риски по срокам, предлагает упорядочивание по приоритетам, а также напоминает о задачах, требующих действий до конкретной даты.

Второй устойчивый набор сценариев связан с подготовкой рабочих материалов по стандартам команд: черновики повестки встреч, шаблонные записи решений и действий (кто делает что и к какому сроку), структурирование итогов в виде короткой записи в базе знаний и обновление страниц статуса проекта. Это снижает

долю ручной «канцелярской» работы и повышает единообразие артефактов, что особенно важно в инженерной среде, где цена ошибки в формулировках и ссылках на факты высока. Отдельно выделяются сценарии «быстрого поиска по внутренней документации» в пределах разрешенного контура: индексация и поиск ограничиваются только той документацией, доступ к которой разрешен моделью доступа и которая необходима для задач проектного управления. По возможности ассистент опирается на метаданные (заголовки, идентификаторы, краткие аннотации, ссылки и атрибуты доступа) и возвращает выдержки из утвержденных документов с обязательной привязкой к первоисточнику; полный текст извлекается лишь при явной необходимости и при наличии соответствующих прав доступа.

Чтобы автоматизация реально повышала продуктивность, её эффект целесообразно оценивать через практические показатели процесса разработки: время на подготовку отчётности и поддержание задач, количество возвратов к одним и тем же уточнениям, скорость прохождения типовых согласований, долю времени без переключений контекста, а также показатели скорости и стабильности поставки изменений (в организациях часто используют обще принятый набор инженерных метрик, сопоставимых между командами).

Внедрение замкнутого AI-помощника целесообразно начинать с формализации целей и границ: какие процессы автоматизируются, какие данные допустимы, какие действия запрещены и где требуется подтверждение человека. Далее задаются модель доступа и эксплуатационные требования: роли и минимальные привилегии, сегментация по проектам, защищённое управление сервисными учётными данными, обязательное журналирование и аудит. Затем проводится пилот на ограниченном контуре с измеримыми метриками «до/после», проверкой безопасности интеграций и режимом безопасной деградации. После успешного пилота решение масштабируется по командам через единые регламенты, обучение пользователей, управляемые обновления и регулярные проверки соответствия внутренним политикам.

### **Выходы**

Таким образом, замкнутые AI-инструменты управления проектами целесообразно

проектировать как защищаемые корпоративные сервисы, где ключевыми условиями результативности являются минимизация обрабатываемых данных, опора на рабочие материалы и метаданные в изолированной среде, строгая модель доступа (наименьшие привилегии, сегментация, постоянная проверка полномочий), журналирование и аудит, а также безопасный дизайн интеграций через управляемые API-интерфейсы. Такой подход позволяет автоматизировать типовые операции проектной рутины, минимизируя риск нарушения требований конфиденциальности при корректной настройке политик доступа, журналирования и контролируемых изменений, и обеспечивает воспроизводимость и управляемость решения на протяжении жизненного цикла.

### **Литература**

1. API / Akamai [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.akamai.com/ja/glossary/what-is-an-api-gateway>.
2. Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ai/nist.ai.100-1.pdf>.
3. Data Breach Investigations Report [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.verizon.com/business/resources/reports/2024-dbir-data-breach-investigations-report.pdf>.
4. Kubernetes Components / Kubernetes [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kubernetes.io/docs/concepts/overview/components>.
5. OWASP Top 10 for Large Language Model Applications / OWASP Foundation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owasp.org/www-project-top-10-for-large-language-model-applications>.
6. What Is an API Gateway? / How Does an API Gateway Work? / Akamai [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.akamai.com/glossary/what-is-an-api-gateway>.
7. Zero Trust [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.forumsys.com/zero-trust>.
8. Zero Trust Architecture. NIST Special Publication 800-207 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/specialpublications/NIST.SP.800-207.pdf>.

MIKHALEV Mikhail

Software Engineer, Professional Backend Engineer, Amazon, USA, Kirkland

## DEVELOPMENT OF CLOSED-LOOP AI TOOLS FOR PROJECT MANAGEMENT IN CONDITIONS OF STRICT CONFIDENTIALITY

**Abstract.** The article discusses an approach to creating closed-loop AI project management tools focused on working with work materials and metadata inside an isolated environment. The need to start implementation by formalizing the context of threats and data requirements is justified, as well as taking into account the risks associated with the AI lifecycle and the security of LLM applications. The principles of building a solution based on the Zero Trust model, the requirements of "confidentiality by design" and the secure design of integrations through managed APIs are systematized. It is shown that controlled automation (status updates, preparation of working artifacts, search for approved documentation) can increase an engineer's productivity provided data is minimized, strict access control, logging, and controlled component changes.

**Keywords:** closed AI tools, project management, strict confidentiality, isolated environment, trusted environment, local deployment, work materials, metadata, access control, least privileges, secure API integrations, auditing, logging, AI risk management.

**МОСКВИЧЕВ Владислав Александрович**

студент,

МИРЭА – Российский технологический университет,  
Россия, г. Москва

*Научный руководитель – доцент кафедры практической и прикладной информатики*

*МИРЭА – Российского технологического университета,  
кандидат педагогических наук Геращенко Людмила Андреевна*

## **ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В КРЕАТИВНЫХ ИНДУСТРИЯХ: СОАВТОР, ИНСТРУМЕНТ ИЛИ УГРОЗА**

**Аннотация.** Проникновение генеративных моделей искусственного интеллекта (ИИ) в сферы дизайна, музыки, литературы и кинематографа вызывает острые споры. Статья анализирует, как ИИ превратился из инструмента в соавтора, меняя профессии, создавая правовые диллеммы и ставя философские вопросы о природе творчества. ИИ – не угроза и не панацея, а новый медиум, требующий переосмысления авторства и оригинальности.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, креативные индустрии, генеративные модели, авторское право, цифровое искусство, будущее труда, нейросетевой дизайн, этика ИИ.

### **Введение**

Искусственный интеллект долгое время считался инструментом для решения сугубо логических и вычислительных задач, а творчество считалось исключительно деятельностью человека. Прорыв генеративных моделей изменил это. Рынок генеративного искусственного интеллекта (ИИ), оцениваемый в 40 млрд долларов (2022), по прогнозам McKinsey [1], достигнет 1,3 трлн долларов к 2032 году, причем значительная часть роста придется на креативные приложения. Теперь ИИ генерирует текст, изображения, музыку и видео, ставя вопросы о будущем профессий, авторстве и ценности человеческого творчества.

### **Ландшафт технологий: от инструмента к соавтору**

Современный креативный ИИ – это не единственная технология, а экосистема моделей, каждая из которых специализируется на своем типе контента:

- Генерация изображений и графики (Midjourney, DALL-E 3): эти системы научились не просто комбинировать образы из базы данных, а понимать сложные абстрактные концепции, стили и контекст (рис.) [4].
- Языковые модели (ChatGPT, Gemini, Claude): они способны генерировать сценарии, поэзию, журналистские материалы, маркетинговые тексты, адаптируя тон, стиль и целевую аудиторию.
- Аудио и музыка (Suno, Udio, OpenAI Jukebox): модели создают музыку в заданном жанре, с определенным настроением, иногда даже с вокалом и текстом. Это ставит вопросы перед индустрией саунд-дизайна, производства джинглов и фоновой музыки.
- Видео (Sora от OpenAI, Runway Gen-2): темпы прогресса здесь ошеломляющие: от сгенерированных коротких клипов до потенциальной возможности создавать полноценные динамические сцены по сценарию.



Рис. Примеры сгенерированных изображений

Важнейший сдвиг заключается в интерфейсе: вместо сложных программ вроде Photoshop или профессиональных навыков игры на инструменте, ключевым умением становится «промпт-инженерия» – способность точно и образно формулировать запросы для ИИ. Это делает креативные инструменты демократичными, но одновременно размывает грань между профессиональным мастерством и умением грамотно обращаться с алгоритмом [11, с. 32-35].

Представленные цифры в таблице рисуют картину массовой технологической адаптации, за которой неизбежно следуют структурные сдвиги. Рынок, измеряемый триллионами

долларов, сотни миллионов пользователей и миллиарды сгенерированных артефактов – все это контекст, в котором разворачивается трансформация креативных профессий.

Панические заголовки о «смерти профессий» являются явным преувеличением, однако глубину предстоящих трансформаций отрицать невозможно. Согласно исследованию Всемирного экономического форума, искусственный интеллект создаст 97 миллионов новых рабочих мест к 2025 году, но при этом автоматизирует 85 миллионов существующих, причем креативные и аналитические профессии окажутся в эпицентре этих изменений [1].

Таблица

Масштабы влияния ИИ на креатив (2023-2024)

Аспект	Показатель	Значение
Рынок (прогноз к 2032)	Объем	\$1,3 трлн [1]
Пользователи ChatGPT	Количество	180 млн
Изображений, созданных ИИ в 2023	Количество	>15 млрд [8]
Deepfake-видео (рост с 2019)	Процент	+900% [7]
Авторское право (дело Thaler v. Perlmutter)	Статус	Не признано [3]

В сфере дизайна и иллюстрации рутинные, но трудоемкие задачи – подбор цветовых палитр, генерация простых иконок, создание множества вариаций макета – уже активно delegируются нейросетям. Это закономерно смешивает фокус работы дизайнера с технического исполнения на более стратегические и концептуальные аспекты: разработку креативной стратегии, кураторство (отбор и тонкую доработку лучших результатов, предложенных ИИ) и, в конечном счете, на внесение того самого уникального «человеческого штриха», эмоциональной глубины, которую сложно алгоритмизировать.

Таким образом, мы наблюдаем не исчезновение профессий, а их глубокую трансмутацию. На первый план выходят так называемые навыки высшего порядка: критическое и системное мышление, эмоциональный интеллект, способность формулировать сложные проблемы и редактировать сырой, массовый вывод нейросетей.

Правовые системы отстают от технологий. Ключевой вопрос – авторство. Если ИИ обучен на 5,8 миллиарда изображений без согласия авторов (LAION-5B), кому принадлежат права: создателю промпта, разработчику модели или это общественное достояние [8]?

Суды начали давать ответы. По делу Thaler v. Perlmutter (США, 2023) установили: произведения, созданные исключительно ИИ, не защищаются авторским правом. Бюро по авторским правам США допускает регистрацию лишь человеческой части работы. Верховный суд Великобритании также подтвердил, что ИИ не может быть патентообладателем [3].

Возникает проблема «сиротства контента». В 2023 году ИИ создал более 15 миллиардов изображений (Everypixel) – больше, чем все фото за 150 лет. Это обесценивает уникальное человеческое творчество [8].

ИИ также воспроизводит предубеждения: по запросу «CEO» DALL-E 2 генерировала мужчин в 97% случаев [4]. Растёт и угроза дезинформации: deepfake-видео стало в 9 раз больше с 2019 года (Home Security Heroes) [7].

Решение требует совместных усилий технологических компаний, законодателей и творческого сообщества для создания этичных стандартов [10].

ИИ заставляет переосмыслить суть творчества, работая на паттернах, создавая новые комбинации из существующих произведений. Но отличие – не в форме, а в интенции и внутреннем переживании [2].

Человек творит из личного опыта, эмоций и желания высказаться. Его работа – послание, отсылка к культуре, след внутренней борьбы. ИИ лишён этого. Его «творчество» – лишь отражение коллективного человеческого опыта без собственного намерения [9].

Это приведёт к сдвигу ценности: с артефакта на смысл. Генерация станет общедоступной. Ценность будет определяться оригинальностью идеи, глубиной концепции и человеческим посланием, которое стоит за промптом и сборкой элементов. ИИ выступает катализатором, заставляя выше ценить именно осмысленное, человеческое начало [2, 4].

### **Заключение**

Революция креативного ИИ – не апокалипсис для художников, а вызов и возможность. ИИ не заменит человеческое творчество, но станет его мощнейшим усилителем, демократизирующим доступ к инструментам выражения. Будущее креативных индустрий видится не в противостоянии, а в симбиозе.

Человек будущего – это «креативный директор», работающий в tandemе с ИИ. Он формулирует видение, делает смысловой выбор, вкладывает эмоцию и контекст, курирует и дорабатывает предложения алгоритма. ИИ

выступает как неисчерпаемый источник идей, безотказный исполнитель черновой работы и генератор неожиданных, порой контринтуитивных, вариантов.

Главный итог этой трансформации – смещение акцента с технического мастерства на концептуальную силу, критическое мышление и глубину замысла. В мире, где каждый может генерировать красивую картинку, истинную ценность будет иметь искусство, заставляющее думать и чувствовать. И в этом соревновании человек, с его сложным, иррациональным и наполненным жизнью внутренним миром, пока сохраняет неоспоримое преимущество.

### **Литература**

1. McKinsey Global Institute. (2023). The economic potential of generative AI: The next productivity frontier. [<https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-technology/our-insights/the-ai-reckoning-how-boards-can-evolve>] (дата обращения 02.11.2025).
2. Mazzone M., Elgammal A. «Art, Creativity, and the Potential of Artificial Intelligence» // Arts Journal. 2019. [<https://www.mdpi.com/2076-0752/8/1/26>] (дата обращения 02.12.2025).
3. Решения судебных дел «Thaler v. Perlmutter» (США) и практика Европейского патентного ведомства в отношении AI-генераторов. [<https://www.copyright.gov/ai/>] (дата обращения 05.11.2025).
4. Marcus G., Davis E. «Rebooting AI: Building Artificial Intelligence We Can Trust». 2019. [<https://philpapers.org/rec/MARRAB-4>] (дата обращения 10.11.2025).
5. Исследование: «Art and the science of generative AI» (Science, 2023). [<https://www.science.org/doi/10.1126/science.adh4451>] (дата обращения 02.11.2025).
6. Расследование The Atlantic: «The Authors Whose Pirated Books are Powering Generative AI» (2023). [<https://www.theatlantic.com/technology/archive/2023/08/books3-ai-meta-llama-pirated-books/675063/>] (дата обращения 12.11.2025).
7. Home Security Heroes. (2023). Deepfake Statistics, Facts & Trends for 2023. [<https://www.securityhero.io/>] (дата обращения 02.12.2025).
8. Everypixel Journal. (2024). AI statistics everyone should know in 2024 [<https://journal.everypixel.com/ai-statistics-2024>] (дата обращения 02.11.2025).

9. Интервью с художниками, использующими ИИ [<https://refikanadol.com/events/>]. (дата обращения 02.11.2025).

10. Забастовка Гильдии сценаристов США (WGA) и Гильдии актёров (SAG-AFTRA) 2023. [<https://www.wgacontract2023.org/>] (дата обращения 22.11.2025).

11. Геращенко Л.А. Машинное обучение как сфера искусственного интеллекта и ее взаимодействие с технологией программной роботизации RPA / Л.А. Геращенко, М.А. Полячкова // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. – 2021. – Т. 1. – С. 32-35.

**MOSKVICHEV Vladislav Aleksandrovich**

Student, MIREA – Russian Technological University, Russia, Moscow

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Practical and Applied Informatics  
at MIREA – Russian Technological University,  
Candidate of Pedagogical Sciences Geraschenko Lyudmila Andreevna*

## **ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE CREATIVE INDUSTRIES: CO-AUTHOR, TOOL, OR THREAT**

**Abstract.** *The infiltration of generative artificial intelligence (AI) models into the fields of design, music, literature, and cinema is causing heated debates. This article analyzes how AI has evolved from a tool to a co-creator, disrupting professions, creating legal dilemmas, and raising philosophical questions about the nature of creativity. AI is neither a threat nor a panacea, but rather a new medium that requires a reevaluation of authorship and originality.*

**Keywords:** *artificial intelligence, creative industry, generative models, copyright, digital art, the future of work, neural network design, AI ethics.*

**РЕВЯКИН Олег Игоревич**

студент,

МИРЭА – Российский технологический университет,  
Россия, г. Москва

*Научный руководитель – доцент кафедры практической и прикладной информатики*

*МИРЭА – Российского технологического университета,  
кандидат педагогических наук Геращенко Людмила Андреевна*

## **РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДОКУМЕНТАМИ И РАБОЧИМИ ПОТОКАМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕДИЦИНСКОЙ КЛИНИКИ**

**Аннотация.** В статье рассматривается подход к разработке подсистем управления документами и рабочими потоками для автоматизации деятельности медицинской клиники. Выполнена классификация процессов курьерской компании на основные, вспомогательные, обеспечивающие и процессы управления. На примере процесса «Разработка подсистем управления документами и рабочими потоками» для автоматизации деятельности медицинской клиники. На основе полученных моделей спроектированы логическая структура базы данных, шаблоны документов (инвойс, отчеты).

**Ключевые слова:** бизнес-процесс, моделирование, BPMN, DFD, ER-диаграмма, информационная система, документооборот.

### **Введение**

В условиях цифровой трансформации здравоохранения медицинские клиники сталкиваются с необходимостью не только внедрять современные диагностические и лечебные технологии, но и кардинально пересматривать внутренние административные и управленические процессы. Ежедневно в клинике генерируются и обрабатываются сотни документов: от медицинских карт и результатов анализов до договоров с пациентами и отчёты перед контролирующими органами. Ручная обработка, бумажный документооборот, разрозненные информационные системы приводят к потерям времени, ошибкам, нарушениям конфиденциальности и, как следствие, к снижению качества обслуживания пациентов.

Автоматизация деятельности медицинской клиники на основе разработки специализированных подсистем управления документами и рабочими потоками (workflow) становится стратегическим решением, позволяющим перейти от хаотичных операций к управляемому, прозрачному и эффективному процессу. Такие системы не просто заменяют бумагу на электронные файлы, а перестраивают логику

взаимодействия между отделениями, персоналом и данными, создавая единое цифровое пространство для оказания медицинских услуг.

### **Теоретические основы моделирования бизнес-процессов**

Под бизнес-процессом понимают совокупность взаимосвязанных работ, преобразующих входы (ресурсы, информацию, запрос клиента) в результат, имеющий ценность для внутреннего или внешнего потребителя [1, с. 171].

Общепринято выделять несколько групп процессов: основные, вспомогательные, обеспечивающие и процессы управления. Основные процессы непосредственно создают ценность для клиента, вспомогательные поддерживают выполнение основных операций, обеспечивающие формируют инфраструктуру, а процессы управления связаны со стратегическим и оперативным планированием и контролем эффективности.

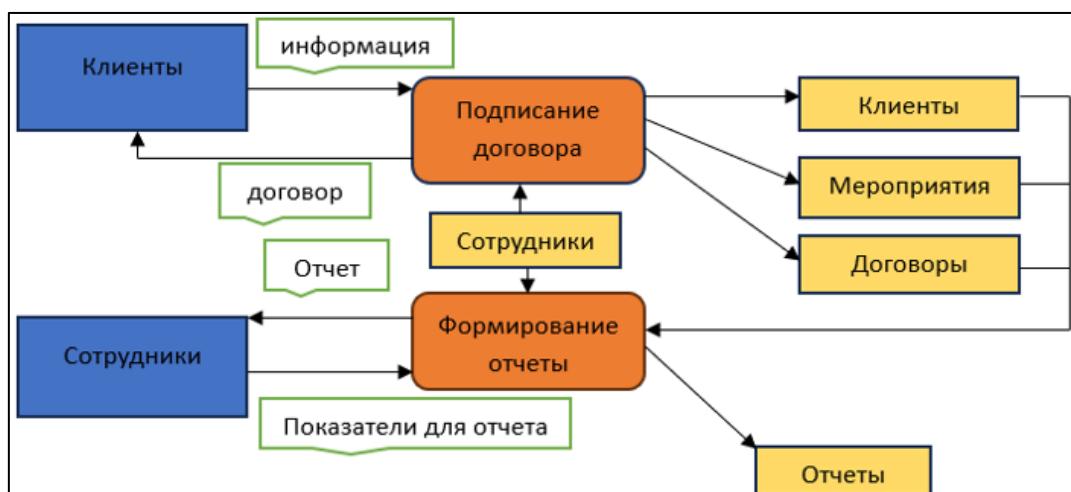
Для описания бизнес-процессов используется ряд нотаций: BPMN (Business Process Model and Notation), DFD (диаграммы потоков данных), ER-диаграммы (Entity-Relationship), а также схемы маршрутов документов. BPMN позволяет описывать последовательность

работ, события и условия, DFD акцентирует внимание на источниках и хранилищах информации, ER-диаграммы используются для проектирования структуры данных, а маршруты документов отображают движение конкретных форм и отчетов между участниками процесса. Внедрение цифровых подсистем управления документами и рабочими потоками (Workflow) в медицинской клинике представляет собой сложную задачу, требующую глубокого понимания специфики предметной области. Успех проекта зависит от точного моделирования и

автоматизации ключевых бизнес-процессов, которые пронизывают деятельность учреждения – от административного взаимодействия до непосредственного оказания медицинской помощи [1, с. 171].

#### Моделирование бизнес-процессов подсистем управление документами и рабочими потоками

BPMN-модель процесса «разработка подсистем управления документами и рабочими потоками для автоматизации деятельности медицинской клиники» (рис. 1).



Разработка подсистемы управления документами и рабочими потоками должна базироваться на модульной архитектуре, интегрируемой с существующей ИТ-инфраструктурой (Электронная Медицинская Карта – ЭМК, лабораторная информационная система, система финансового учёта).

Основные модули подсистемы:

Модуль управления документами (Document Management System – DMS) (рис. 2):

- Централизованный репозиторий всех типов документов (структурированные и неструктурированные изображения).

- Механизмы версионности и аудита изменений.

- Поддержка электронной подписи (ЭЦП) и шифрования.

- Интеллектуальный поиск по содержимому и метаданным.

Модуль управления рабочими потоками (Workflow Engine):

- Визуальный конструктор для моделирования бизнес-процессов (например, «Приём пациента», «Выписка», «Заказ медикаментов»).

- Автоматическая маршрутизация задач между ролями (врач, медсестра, администратор, бухгалтер).

- Система уведомлений и эскалаций при нарушении сроков.

- Интеграция с календарями и системами планирования.

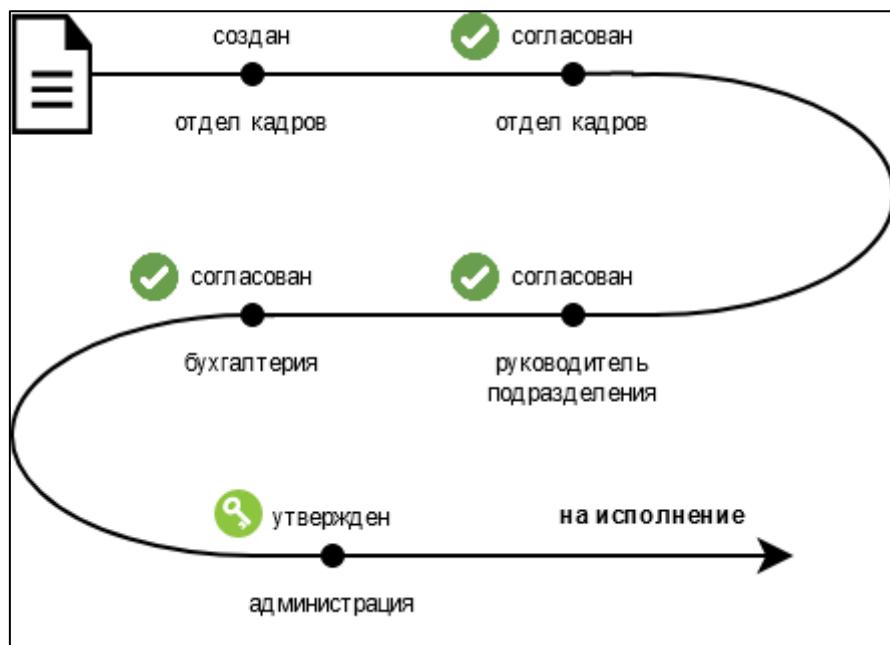


Рис. 2. Маршрут документа «Интеллектуальный поиск»

Модуль интеграции и обмена данными:

- API для подключения к медицинскому оборудованию (анализаторы, томографы).
- Поддержка стандартов HL7, FHIR, DICOM для обмена медицинской информацией.
- Синхронизация с внешними системами (ЕГИСЗ, СМЭВ, системы страховых компаний).

Модуль безопасности и контроля доступа (рис. 3):

- Ролевая модель разграничения прав (RBAC).
- Подробное журналирование всех действий (кто, когда, что сделал).
- Резервное копирование и аварийное восстановление.



Рис. 3. Маршрут документа «Ролевая модель»

Для разработки модулей были сформированы этапы разработки и внедрения:

- анализ и проектирование,
- разработка и тестирование,
- интеграция и запуск,
- обучение и поддержка.

Рассмотрены преимущества внедрения:

- Для пациентов: сокращение времени ожидания, повышение точности диагнозов, удобный доступ к своим документам через личный кабинет.
- Для медицинского персонала: освобождение от рутинных операций, быстрый доступ

к полной истории пациента, снижение административной нагрузки.

- Для руководства клиники: прозрачность всех процессов, возможность оперативного контроля и анализа данных для принятия управлений решений, снижение операционных рисков и затрат.
- Для ИТ-отдела: единая платформа для управления, упрощение поддержки и развития, соответствие требованиям регуляторов.

#### **Заключение**

Результатом проведенного исследования является спроектированная подсистема

управления документами и рабочими потоками для автоматизации деятельности медицинской клиники. Внедрение данной информационной системы приведет к значительному повышению эффективности работы и снижению издержек. Целесообразность автоматизации будет определяться улучшенной системой учета данных. Это обеспечит не только оптимизацию текущих процессов, но и создание условий для дальнейшего роста и развития клиники.

В процессе работы была тщательно изучена предметная область. Анализ текущих процессов и выявлены узкие места в управлении документами и потоками информации.

Автоматизация позволит сократить время на выполнение рутинных задач, улучшить взаимодействие между сотрудниками и повысить качество обслуживания пациентов. В результате внедрения данной подсистемы клиника сможет более эффективно реагировать на изменения в потребностях клиентов и требованиях законодательства, что в конечном итоге повысит конкурентоспособность на рынке медицинских услуг.

## Литература

- Харрингтон Д., Эсселинг К.С., Нимвеген Х.В. Оптимизация бизнес-процессов. Документирование, анализ, управление, оптимизация. – С-П., ФГУП «Печатный двор» Министерства РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций: 2002. – С. 171.
- Веселов А.П., Лагерев И.А. Моделирование бизнес-процессов в нотации BPMN 2.0. – М.: Инфра-М, 2018.
- Uskenbayeva R.K., Kuandykov A.A., Nalgozhina N.Zh., Berkaliyeva M.A. RPA approach in Business Process Management life cycle // Вестник Алматинского университета энергетики и связи. – 2022. – № 1(56). – С. 126-132.
- Куренков А.А. Метод оценки эффективности применения технологии RPA // Развитие современного общества: вызовы и возможности: материалы XVII Международной научной конференции. – М.: МУ им. С.Ю. Витте, 2021. – С. 471-476.
- Van der Aalst W. Business Process Management: A Comprehensive Survey // Software and Systems Modeling. – 2013. – Vol. 11, No. 3. – P. 1-37.

**REVYAKIN Oleg Igorevich**

Student, MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Practical and Applied Informatics  
of the MIREA – Russian Technological University,  
Candidate of Pedagogical Sciences Geraschenko Lyudmila Andreevna*

## DEVELOPMENT OF DOCUMENT AND WORKFLOW MANAGEMENT SUBSYSTEMS FOR AUTOMATION OF MEDICAL CLINIC ACTIVITIES

**Abstract.** The article discusses an approach to the development of document and workflow management subsystems for automating the activities of a medical clinic. The processes of the courier company are classified into basic, auxiliary, supporting and management processes. Using the example of the process "Development of document and workflow management subsystems" for automating the activities of a medical clinic. Based on the obtained models, the logical structure of the database, document templates (invoice, reports) are designed.

**Keywords:** business process, modeling, BPMN, DFD, ER diagram, information system, document flow.



10.5281/zenodo.17956444

ЧЕПУРНОВ Максим Юрьевич  
инженер-программист, ModelizeIT Inc, США, г. Стоуни-Брук

## ОБНАРУЖЕНИЕ СКРЫТЫХ МЕЖСЕРВИСНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПРИ МИГРАЦИИ В ОБЛАЧНЫЕ СРЕДЫ

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема скрытых межсервисных зависимостей, возникающих в микросервисных информационных системах при миграции в облачные, гибридные и мультиоблачные среды. Показано, что неявные связи, не отражённые в архитектурной документации и проявляющиеся только в отдельных конфигурациях и сценариях нагрузки, становятся причиной каскадных отказов, деградации производительности, нарушений показателей доступности и рисков информационной безопасности. Обосновывается расширенное понимание межсервисной зависимости как совокупности вызовов между сервисами и «сквозных» платформенных возможностей, обеспечивающих корректность взаимодействий в распределённой системе. Обобщаются подходы к выявлению зависимостей посредством наблюдаемости, включая трассировку, журналы мониторинга, сервисные графы, анализ сетевых коммуникаций и аудит действий оркестратора. Предложен методический подход к формированию проверяющего реестра зависимостей на основе стандартизированной корреляции событий и унифицированного описания операций, что позволяет снизить вероятность миграционных инцидентов и повысить предсказуемость качества сервисов.

**Ключевые слова:** микросервисная архитектура, межсервисные зависимости, скрытые зависимости, миграция в облако, гибридная инфраструктура, мультиоблачная архитектура, надёжность распределённых систем, каскадные отказы, наблюдаемость, распределённая трассировка.

### Актуальность исследования

Актуальность исследования определяется тем, что переход организаций к облачным, гибридным и мультиоблачным архитектурам становится устойчивым направлением цифровой трансформации, а сами информационные системы всё чаще строятся на микросервисных принципах. В таких условиях растёт количество межсервисных взаимодействий, усложняются сетевые маршруты, контуры безопасности и механизмы управления доступом, а также возрастает роль внешних платформенных компонентов: очередей сообщений, сервисов наблюдаемости, кэшей, общих хранилищ данных и сторонних провайдеров.

При миграции в облако существенную угрозу для устойчивости создают именно скрытые зависимости – связи, которые не отражены в архитектурной документации, проявляются только в отдельных сценариях, зависят от конфигурации, флагов функциональности, профиля нагрузки или особенностей инфраструктуры. Такие зависимости особенно опасны, потому что способны приводить к

труднообъяснимым инцидентам: деградации производительности, каскадным отказам по цепочке вызовов, нарушению целевых показателей доступности, а также к рискам по безопасности из-за неучтённых каналов обмена данными и ошибочно настроенных правил доступа.

Существующие практики выявления связей нередко дают неполную картину: они хуже обнаруживают транзитивные, условные и инфраструктурно-опосредованные зависимости, а также зависимости, формирующиеся вокруг данных и событий. Поэтому разработка и обоснование методов, позволяющих системно выявлять скрытые межсервисные зависимости и учитывать их влияние на планирование и выполнение миграции, является актуальной научной и прикладной задачей, напрямую связанной с повышением надёжности перехода в облако, снижением операционных рисков и обеспечением предсказуемого качества сервисов.

## Цель исследования

Целью данного исследования является обоснование и описание методического подхода к выявлению скрытых межсервисных зависимостей в микросервисных системах при миграции в облачные среды, а также определение способов использования данных наблюдаемости и управленических журналов для формирования проверяемого реестра зависимостей, снижающего риски отказов и деградаций после переноса.

## Материалы и методы исследования

Материалами исследования выступили открытые нормативно-методические публикации и руководства по микросервисной архитектуре и надёжности распределённых систем, включая положения NIST SP 800-204, а также общедоступная документация облачно-нativных технологических средств наблюдаемости и управления.

В работе применены методы анализа и обобщения научно-технических источников, сравнительный анализ подходов к выявлению зависимостей, систематизация видов межсервисных связей и причин их скрытости, а также концептуальное моделирование реестра зависимостей как проверяемого представления взаимодействий и инфраструктурных условий их корректной работы.

## Результаты исследования

Микросервисная архитектура рассматривается как подход, при котором приложение декомпозируется на независимые сервисы, каждый из которых реализует отдельную функциональность и взаимодействует с другими компонентами по сети, сохраняя для пользователя целостность системы [4].

Теоретически такая декомпозиция усиливает модульные границы и упрощает независимые изменения и развертывания, однако на практике приводит к появлению большого числа связей между сервисами и инфраструктурными элементами, от которых зависит

работоспособность распределённой комплексной операции. Поэтому в контексте миграции в облачные среды межсервисная зависимость корректно понимается не только как факт вызова одного сервиса другим, но и как необходимость наличия определённых «сквозных» платформенных возможностей, без которых взаимодействия либо становятся невозможными, либо приобретают недопустимые свойства по безопасности и устойчивости [3].

В открытых руководствах по микросервисным системам подчёркивается, что взаимодействие между множеством компонентов требует поддерживающих базовых возможностей. Так, в NIST SP 800-204 прямо перечисляются ключевые функции, необходимые для сложных взаимодействий: аутентификация и управление доступом, обнаружение сервисов, безопасные протоколы связи, мониторинг безопасности, техники повышения доступности и устойчивости, балансировка нагрузки и ограничение запросов, техники обеспечения целостности при вводе новых сервисов, а также обработка сохранения состояния сессии; при этом указано, что эти функции могут быть интегрированы в архитектурные фреймворки. Эта рамка важна теоретически, поскольку переводит разговор о зависимостях из уровня «сервис А вызывает сервис В» на уровень зависимостей от механизмов идентификации, маршрутизации, шифрования и управления трафиком, которые во время миграции в облако часто меняются [5].

Ниже приведена сводная таблица 1 перечисленных в NIST SP 800-204 базовых возможностей микросервисной системы и типовых форм, в которых они проявляются как межсервисные зависимости (перечень функций воспроизводится по тексту публикации, а «форма зависимости» описывает наблюдаемый в системе артефакт – например, необходимость выполнения обнаружения сервиса по имени или требования к защищённому каналу).

Таблица 1

**Базовые возможности микросервисной системы по NIST SP 800-204 и их проявление  
в виде межсервисных зависимостей (разработка автора)**

<b>Базовая возмож- ность (NIST SP 800- 204)</b>	<b>В чём выражается зависимость на практике (артефакт/условие взаимодействия)</b>	<b>Почему относится к межсервис- ным зависимостям при миграции</b>
Аутентификация и управление доступом	Наличие доверенной системы идентификации, корректных токенов/ключей и политик доступа для вызовов между компонентами	Межсервисный вызов превращается в зависимость от единого механизма удостоверения и авторизации по всей цепочке
Обнаружение сервисов	Возможность найти актуальную конечную точку сервиса по имени/реестру и корректно обновлять сведения об экземплярах	В распределённой среде адреса меняются, и связь «кто с кем разговаривает» опирается на служебные механизмы обнаружения
Безопасные прото- колы связи	Использование защищённых соединений при обмене данными (например, TLS в качестве транспорта)	При смене облачной сети/политик зависимости от защищённого канала становится критичной для сохранения работоспособности и доверия
Мониторинг безопас- ности	Наличие наблюдаемости событий и телеметрии, позволяющих выявлять аномалии и нарушения	«Невидимые» связи часто выявляются именно по телеметрии и корреляции событий между компонентами
Техники устойчиво- сти и доступности	Настроенные механизмы отказоустойчивости и ограничение каскадирования отказов	Связь между сервисами включает не только функциональный контракт, но и правила деградации/отказа
Балансировка нагрузки и троттлинг	Наличие политик распределения трафика и ограничений, влияющих на силу и характер взаимодействий	Миграция меняет сетевые границы и профили нагрузки; зависимость проявляется в требованиях к управлению трафиком
Обеспечение целост- ности при вводе но- вых сервисов	Процедуры безопасного «подключения» новой версии/экземпляра без нарушения взаимодействий	Межсервисная связь зависит от того, как система допускает новые компоненты и проверяет их корректность
Обработка сохране- ния состояния сессии	Требования к сохранению/передаче состояния, влияющие на маршрутизацию и масштабирование	В облаке часто меняются балансировка и топология; зависимости возникают вокруг сессий и их «при- вязки»

С точки зрения инфраструктурной теории распределённых систем особенно важна зависимость от механизмов обнаружения и именования. В Kubernetes сервис задаёт логический набор конечных точек и политику доступа к ним, позволяя обращаться к группам pod'ов как к единому сетевому объекту. Для этого Kubernetes создаёт DNS-записи для сервисов и pod'ов, чтобы рабочие нагрузки находили сервис по стабильному имени, а не по изменяющимся IP-адресам; при этом kubelet настраивает DNS в pod'ах таким образом, чтобы приложения могли выполнять разрешение имён сервисов. Теоретически такой механизм означает, что значимая доля зависимости «сервис A → сервис B» реализуется через унифицированный слой сервисных имён и правил сетевого

доступа внутри кластера, а не зашита в код в виде конкретных адресов [1].

Отдельный класс зависимостей формируется вокруг «точек агрегации» и «сквозных функций», вынесенных из бизнес-логики. В паттернах микросервисной архитектуры API Gateway описывается как промежуточный слой, который маршрутизирует запросы клиентов к доступным экземплярам сервисов, а также может реализовывать кросс-функциональные возможности вроде аутентификации, работы с токенами доступа и применения устойчивых стратегий вызовов. В терминах зависимостей это означает, что часть межсервисных взаимодействий становится опосредованной: фактический доступ к сервисам происходит через шлюз, и система начинает зависеть

от корректности его маршрутизации, политик и цепочек проксирования.

Для наглядного представления модели взаимодействия «клиенты – шлюз – микросервисы» целесообразно использовать архитектурную схему с единым API Gateway, через который проходят запросы мобильного клиента,

SPA-приложения и традиционного веб-клиента. Такая схема демонстрирует, что межсервисные зависимости в реальной системе проявляются не только как прямые вызовы между микросервисами, но и как зависимость от промежуточного компонента маршрутизации и обработки запросов (рисунок).

## Using a single custom API Gateway service

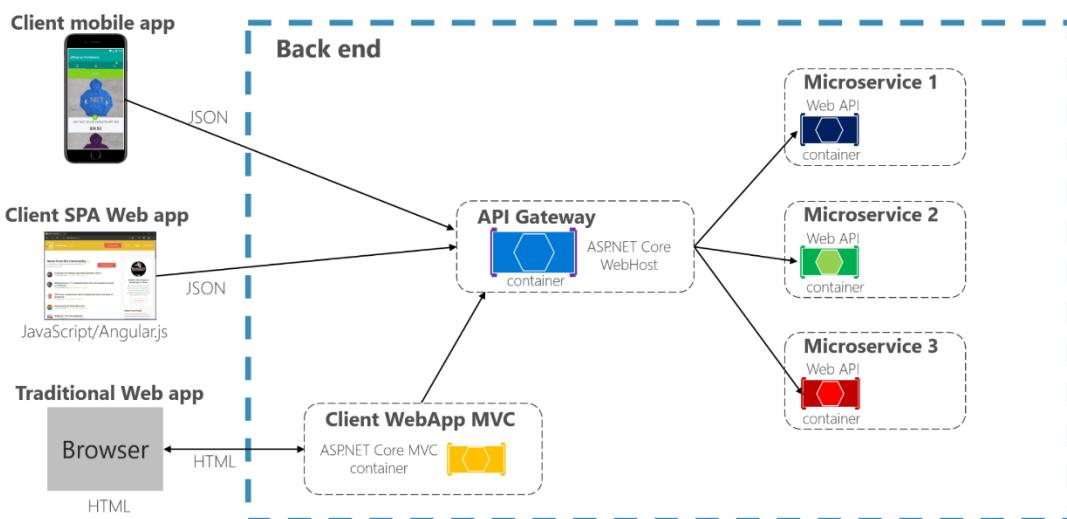


Рис. Использование единого пользовательского API Gateway для доступа клиентов к микросервисам [7]

Параллельно в облачно-нативной экосистеме закрепился подход service mesh как инфраструктурного слоя, предназначенного для управления трафиком между сервисами и добавления надёжности, наблюдаемости и безопасности единообразно для всех взаимодействий [6]. Эта постановка напрямую связана с классификацией зависимостей: зависимость фиксируется не только как логический контракт «вызовы API», но и как зависимость от единых правил управления коммуникациями (маршрутизация, политика отказов, шифрование), которые применяются прозрачно на платформенном уровне и поэтому легко остаются «неявными» для команд, если анализ ограничен только кодом сервисов.

Скрытые межсервисные зависимости дестабилизируют процесс миграции прежде всего потому, что при переносе меняются условия удалённых взаимодействий: сетевые

маршруты, задержки, точки контроля и политики коммуникаций. В распределённых системах это быстро приводит к каскадным отказам, когда частичная деградация одной части системы повышает нагрузку на другие части и запускает самоподдерживающийся цикл ухудшения. Такой сценарий подробно описывается в Google SRE как отказ, усиливающийся за счёт положительной обратной связи, где главной первопричиной выступает перегрузка и связанные с ней эффекты очередей, истощения ресурсов и роста времени обработки запросов [2].

В таблице 2 приведена краткая сводка типовых механизмов срыва миграции, которые в открытых руководствах напрямую связываются с поведением распределённых взаимодействий и часто «маскируют» реальные межсервисные зависимости до момента переноса в новую среду.

Таблица 2

**Типовые механизмы срыва миграции из-за скрытых межсервисных зависимостей  
(разработка автора)**

Механизм	Почему «скрытая зависимость» проявляется именно при миграции	Что обычно видно в телеметрии
Каскадный отказ при перегрузке	Меняется профиль задержек и доступности, и «слабое звено» в цепочке начинает определять поведение всей операции	Одновременный рост ошибок и задержек в нескольких сервисах после локального сбоя
Некорректно настроенные предельные времена ожидания	Значения подходили для прежней среды, но в облаке становятся слишком короткими или слишком длинными, провоцируя ранние отказы или удержание ресурсов	Резкий рост ошибок по истечению времени ожидания, увеличение «хвостовой» задержки, рост числа незавершённых операций
Повторные запросы без ограничений и «бюджета»	Повторы усиливают нагрузку при деградации и мешают восстановлению; требуется увеличение паузы между повторами и случайное разнесение повторов во времени	Рост количества запросов без роста пользовательской нагрузки, ускоренное ухудшение состояния зависимых сервисов

Выявление межсервисных зависимостей при миграции в облако основывается на восстановлении фактического графа взаимодействий по наблюдаемым следам работы системы. Наиболее информативным подходом считается распределённая трассировка, поскольку она позволяет связать операции разных сервисов в единую цепочку при условии корректной передачи контекста между компонентами. Дополняющим источником выступают журналы и показатели мониторинга, которые в связке с трассировкой позволяют уточнить последовательность событий и локализовать проблемное звено в цепочке взаимодействий.

На инфраструктурном уровне зависимости выявляются средствами сервисной сетки, где телеметрия коммуникаций между сервисами собирается на уровне прокси-компонентов и может визуализироваться в виде графов связей; такие инструменты позволяют видеть реальное распределение запросов и связи внутри сервисной сети. Отдельный класс методов относится к наблюдаемости сетевых потоков на уровне кластера, когда связи восстанавливаются по фактическим сетевым коммуникациям между рабочими нагрузками, что полезно при неполной инstrumentированности приложений. Также практическую ценность имеет аудит действий в инфраструктуре оркестратора: журналы аудита фиксируют изменения объектов и настроек в кластере и помогают связывать возникновение новых зависимостей с конкретными изменениями конфигурации.

Предлагаемый подход основывается на том, чтобы выявление скрытых межсервисных зависимостей опиралось на сопоставимые наблюдаемые данные, а не на предположения и разрозненную информацию. В качестве основы используется стандартизированная передача контекста трассировки, позволяющая связывать операции разных компонентов в единую причинно-следственную цепочку при прохождении запроса через несколько сервисов. Такая корреляция строится на общедоступно описанном стандарте W3C по контексту трассировки, который задаёт формат служебного заголовка передачи контекста и обеспечивает единообразное объединение событий в распределённой системе.

Для того чтобы результаты выявления зависимостей были сравнимыми между сервисами и средами, применяется единая схема описания операций через семантические правила OpenTelemetry. В частности, используются стабильные правила описания операций веб-взаимодействий, что позволяет интерпретировать однотипные обращения одинаково независимо от языка реализации и используемых библиотек. Эта унификация снижает риск того, что одни и те же связи будут фрагментироваться в различных представлениях данных наблюдаемости и, следовательно, не будут распознаны как единая зависимость.

Сбор и приведение данных наблюдаемости рекомендуется выполнять через сборщик телеметрии OpenTelemetry (Collector), который в открытой документации описан как компонент, принимающий данные,

обрабатывающий их и передающий в выбранные хранилища. Такой способ удобен тем, что позволяет централизованно нормализовать данные и добавлять единые признаки окружения, благодаря чему журнальные сообщения, трассировки и метрики можно уверенно сопоставлять между собой и строить по ним схему зависимостей.

Итогом применения подхода является формализованный реестр межсервисных зависимостей, подтверждённый наблюдаемыми данными и пригодный для проверки на этапах миграции. За счёт сочетания стандартизированной корреляции, унификации описания операций, централизованного сбора телеметрии и учёта управлеченческих изменений в кластере снижается вероятность того, что критическая связь останется неучтённой и проявится только после переноса в облачную среду.

### **Выводы**

Таким образом, скрытые межсервисные зависимости представляют собой один из ключевых факторов срыва миграции микросервисных систем в облако, поскольку при переносе изменяются условия сетевого взаимодействия, контуры безопасности и инфраструктурные механизмы, от которых фактически зависит целостность распределённых операций. Теоретическое рассмотрение на основе NIST SP 800-204 подтверждает, что межсервисная зависимость включает не только прямые вызовы между сервисами, но и общеплатформенные функции, обеспечивающие идентификацию, маршрутизацию, защищённую связь и устойчивость. Практики выявления зависимостей дают наибольший эффект при использовании комплексного подхода, объединяющего данные трассировки, мониторинга, анализа коммуникаций и аудита управлеченческих изменений. Формирование проверяемого реестра

зависимостей на основе стандартизированной корреляции и унифицированного описания операций повышает предсказуемость миграции, снижает вероятность каскадных отказов и способствует обеспечению требуемого качества сервисов в целевой облачной среде.

### **Литература**

1. DNS for Services and Pods / Kubernetes [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kubernetes.io/docs/concepts/services-networking/dns-pod-service>.
2. Google SRE – Cascading Failures: Reducing System Outage [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sre.google/sre-book/addressing-cascading-failures/>.
3. Microservices [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>.
4. Microservices Architecture / Cloud Native Glossary [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://glossary.cncf.io/microservices-architecture>.
5. Security Strategies for Microservices-based Application Systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-204.pdf>.
6. Service Mesh / Cloud Native Glossary [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://glossary.cncf.io/service-mesh/>.
7. The API gateway pattern versus the direct client-to-microservice communication [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/architecture/microservices/architect-microservice-container-applications/direct-client-to-microservice-communication-versus-the-api-gateway-pattern>.

**CHEPURNOV Maksim Yurievich**  
Software Engineer, ModelizeIT Inc, USA, Stony Brook

## DETECTION OF HIDDEN INTER-SERVICE DEPENDENCIES DURING MIGRATION TO CLOUD ENVIRONMENTS

**Abstract.** The article discusses the problem of hidden inter-service dependencies that arise in microservice information systems during migration to cloud, hybrid, and multi-cloud environments. It is shown that implicit connections, which are not reflected in the architectural documentation and manifest themselves only in individual configurations and load scenarios, cause cascading failures, performance degradation, violations of availability indicators and information security risks. An expanded understanding of inter-service dependency as a set of calls between services and "end-to-end" platform capabilities that ensure the correctness of interactions in a distributed system is substantiated. Approaches to identifying dependencies through observability are summarized, including tracing, monitoring logs, service graphs, network communication analysis, and audit of orchestrator actions. A methodological approach to the formation of a verifiable dependency registry based on a standardized correlation of events and a unified description of operations is proposed, which reduces the likelihood of migration incidents and increases the predictability of service quality.

**Keywords:** microservice architecture, interservice dependencies, hidden dependencies, migration to the cloud, hybrid infrastructure, multi-cloud architecture, reliability of distributed systems, cascading failures, observability, distributed tracing.

# **Актуальные исследования**

Международный научный журнал

2025 • № 50 (285)

Часть I

ISSN 2713-1513

Подготовка оригинал-макета: Орлова М.Г.

Подготовка обложки: Ткачева Е.П.

*Учредитель и издатель:* ООО «Агентство перспективных научных исследований»

*Адрес редакции:* 308000, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135

*Email:* info@apni.ru

*Сайт:* <https://apni.ru/>

Отпечатано в ООО «ЭПИЦЕНТР».

Номер подписан в печать 23.12.2025г. Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.  
308010, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135, офис 40