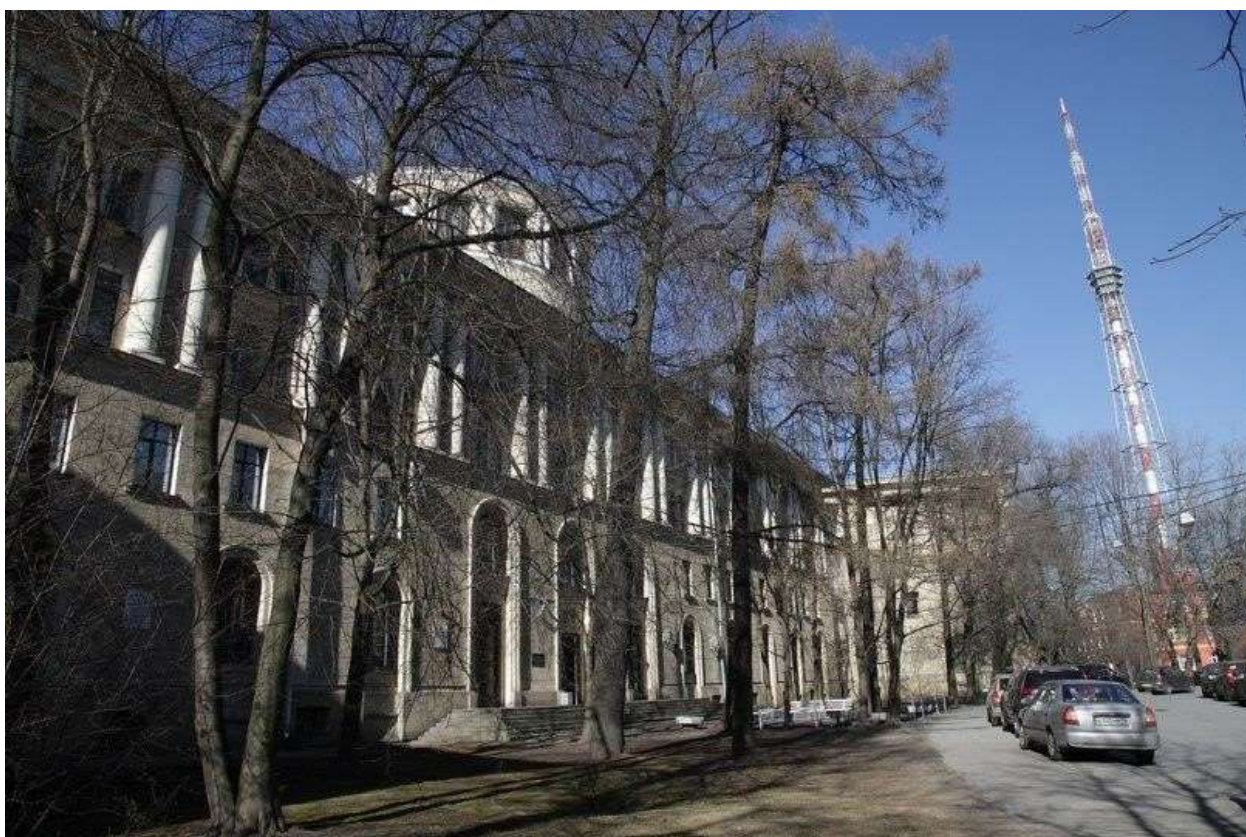


Министерство образования и науки РФ  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова (Ленина)

**ХII НАУЧНО- ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**  
**С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**  
**«НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО»**  
**ДЛЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**



**Сборник материалов конференции**  
**15 – 17 мая 2025**

**Том II**

Санкт-Петербург  
2025

**УДК 001.2**

**ХIII НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С  
МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «НАУКА НАСТОЯЩЕГО И  
БУДУЩЕГО» ДЛЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ  
УЧЕНЫХ. Том 2. Сборник материалов конференции. СПб.: Изд-во  
СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2025. 209 с.**

**Организаторы:**

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

**Тематика конференции включает следующие направления**

- *Информационные радиотехнические системы и устройства*
- *Информатика и управление в технических системах и ВТ*
- *Программная инженерия и автономные интеллектуальные системы*
- *Искусственный интеллект в прикладных областях*
- *Алгоритмическая математика*
- *Управление и обработка информации*
- *Приборостроение*
- *Лингвистика*
- *Электроника, нанотехнологии, наноматериалы*
- *Системный анализ и информационная безопасность*
- *Электропривод, автоматика и электротехнологии*
- *Биотехнические системы и технологии*
- *Техносферная безопасность*
- *Реклама и связи с общественностью*
- *Современные тренды управления качеством и цифровая экономика,*
- *Инновационное проектирование: от реальных объектов к цифровым двойникам.*

Сборник материалов содержит доклады, представленные на ХIII Научно-практической конференции с международным участием «Наука настоящего и будущего» для студентов, аспирантов и молодых ученых, состоявшейся 15 – 17 мая 2025 года в Санкт-Петербурге. Основной задачей конференции является развитие творческой активности студентов, привлечение их к решению актуальных задач в области науки и техники. Все доклады проходят рецензирование.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>СЕКЦИЯ ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И АВТОНОМНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ</b>	<b>8</b>
Алексеев А.С. НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ГАЛЛЮЦИНАЦИЯМИ LLM-МОДЕЛЕЙ.....	8
Басыров В.А. РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВЕБ-СИСТЕМЫ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ТЕСТОВ И ПРОВЕРКИ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ.....	11
Dustalev E., Vinitsky M., Zheltova E. DISTRIBUTION MODELS FOR V2X SERVICES .....	15
Виноградова М.О. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СИМУЛЯЦИИ ПОВЕДЕНИЯ ТОЛПЫ .....	18
Волков И.А. СИСТЕМА ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕГРАДАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПАРАМЕТРАХ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ.....	22
Доможиров Д.А., Коротков А.В., Ильин С.Е. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ НА ПРЕДМЕТ СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ОФОРМЛЕНИЯ И ЗАДАННОЙ СТРУКТУРЕ .....	26
Елисеев Е. И., Саламахин А., Масленникова Е.А. АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛЁТНЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НАВИГАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ .....	30
Князев И.А. РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОФОРАМИ .....	34
Королева П.А. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЭКГ С ПОМОЩЬЮ ШЕЙДЕРОВ В СРЕДЕ РАЗРАБОТКИ UNITY 3D .....	38
Кузнецов Н.А. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ .....	42
Ларионов Н.М. РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ ПАРСЕРА ДЛЯ ЯЗЫКА СПЕЦИФИКАЦИИ LIBSL .....	49
Си Чжэньчао, Константинов К.В. АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АНАЛИЗА ИМПЕДАНСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА .....	52
Слёзкин Д.А., Польчастый И.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ И КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ АВТОНОМНОГО РОБОТА.....	56

Фабричева Е.Д., Троицкая А.М. РЕАЛИЗАЦИЯ АДАПТИВНОГО ПИТЧ-ШИФТИНГА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ .....	60
<b>СЕКЦИЯ УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ .....</b>	<b>65</b>
Глущенко А.Г. Меньшиков В.М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕДУРНОЙ ГЕНЕРАЦИИ, ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛАНДШАФТА.....	65
Колесников М.Н. УПРАВЛЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ .....	68
Михайлов М.С., Герасимов И.В., Кузьмин С.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕСКРИПЦИОННОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА В ОНТОЛОГИИ В PROTEGE И GRAPHDB.....	72
Сильчев К.В. РАЗРАБОТКА ОПТИМИЗИРОВАННОГО МЕТОДА ПЕРЕДАЧИ НАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ ПО СТАНДАРТУ LORA.....	76
Шеляг А., Илатовская Е.В. ОРИЕНТАЦИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА.....	80
<b>СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОД, АВТОМАТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ.....</b>	<b>85</b>
Вдовин А.Д., Абдуллаева З.М. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ СУДОВОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА С ВНЕШНЕЙ ФОРСИРОВКОЙ .....	85
Жиляев Н.Е. ЗЕЛЁНАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ ОТ МИКРОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ .....	89
Ляховский А.С., Поляков И., Порохненко К.А. РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ШАГАЮЩЕГО РОБОТА.....	93
Приходько И.А., Абдуллаева З. М. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА СУДНЕ .....	95
Салихов К.Ф., Саппо А.А., Порохненко К.А. СИСТЕМЫ КОМПЕНСАЦИИ КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА ДЛЯ СУДОВЫХ КРАНОВ .....	99
Смирнов В.А., Соловьева Е.Б. СВОЙСТВА БИПОЛЯРНОЙ ПОРОГОВОЙ МОДЕЛИ МЕМРИСТОРОВ .....	101
Шляпцев К.М. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ШЕСТИФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ.....	105
<b>СЕКЦИЯ ИННОВАЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ: ОТ РЕАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ К ЦИФРОВЫМ ДВОЙНИКАМ .....</b>	<b>110</b>
Бермас В.Р., Парфёнов В.А., Нэту М.Л. АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАЗМЕРОВ ОБЪЕКТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ 3D-СКАНИРОВАНИЯ В РАЗЛИЧНОМ ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ.....	110

ННБ XIII, Санкт-Петербург, 15 – 17 мая 2025

Вериго М. В. ВНЕДРЕНИЕ BIM МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ХОЛДИНГА.....	114
И Г.А. ТИПОВАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РОБОТИЗИРОВАННЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ .....	117
Гайсина С. В., Иванов С. Г. ПРОЕКТ «ВОЛОНТЁРСТВО СТАРШЕКЛАССНИКОВ» В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ ПО МАТЕМАТИКЕ .....	120
Косаревская Е.О., Хлебников А.А. РАЗРАБОТКА ВИДЕОИГР КАК МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПРОЦЕСС: РОЛИ, ЭТАПЫ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ .....	124
Лучин Д.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ В РАМКАХ СППР ИТ-КОМПАНИИ .....	129
Любимов П.В. ИНТЕГРИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ АНОМАЛИЙ В ТРУБОПРОВОДАХ НА ОСНОВЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПЕЛЬТЬЕ: ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК, ТЕПЛОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ.....	133
Маврин Д.И. ОПТИМИЗАЦИЯ ЦИФРОВОГО ПРИСУТСТВИЯ БИЗНЕСА С ПОМОЩЬЮ RAG-УСИЛЕННЫХ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ .....	137
Кьяндский А.М., Денисов А.Р. УПРАВЛЕНИЕ АРХИТЕКТУРОЙ КОМПАНИИ НА ПЛАТФОРМЕ «1С:ПРЕДПРИЯТИЕ» .....	137
<b>СЕКЦИЯ СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА</b> .....	<b>146</b>
Большакова А. В., Леонова О. Г. ИНФОРМАЦИОННАЯ ПЕРЕГРУЗКА В IT: ТАЙМ-МЕНЕДЖМЕНТ ДЛЯ ТЕСТИРОВЩИКОВ.....	146
Бычков В.М. ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ: ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ .....	149
Васильева О.А., Александров К.С. ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ИНОСТРАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ .....	152
Рахматуллин Р.Б., Власенко М.М. УВЕЛИЧЕНИЕ СПРОСА НА СКЛАДСКИЕ ПОМЕЩЕНИЯ В РОССИИ В 2024 ГОДУ: КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТОРЫ И ТРЕНДЫ.....	156
Гриневич Е.Д., Оль Е.М. ПРОБЛЕМЫ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В СФЕРЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ .....	160

Звонцов А.В., Фомина И.Г. УПРАВЛЕНИЕ ДЕБИТОРСКОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТЬЮ КОММЕРЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ .....	164
Крячко К.В. ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ: РОЛЬ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ЗАПАСАМИ И МЕРЧЕНДАЙЗИНГЕ .....	167
Лускарёв Н.Д. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ESG-ФАКТОРОВ В СОВРЕМЕННОЙ ЛОГИСТИКЕ.....	169
Маслова Н.А. ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОГНОЗНОГО БЮДЖЕТА.....	171
Раджабова М.Г., Сафарова М.Р. РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ.....	178
Рахматуллин Р.Б., Власенко М.М. УВЕЛИЧЕНИЕ СПРОСА НА СКЛАДСКИЕ ПОМЕЩЕНИЯ В РОССИИ В 2024 ГОДУ: КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТОРЫ И ТРЕНДЫ.....	181
Толстихин Д.В., Ваганова В.А. РОЛЬ ОТДЕЛА ЗАКУПОК КОММЕРЧЕСКОЙ КОМПАНИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ КАЧЕСТВА СНАБЖЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОСТАВЩИКАМИ .....	181
Фитисова Е.И. СОКРАЩЕНИЕ ПОТЕРЬ ПРОИЗВОДСТВА ПУТЕМ ВОВЛЕЧЕНИЯ СОТРУДНИКОВ В ПРОЦЕСС НЕПРЕРЫВНОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АО "ВЕРТЕКС" .....	184
<b>СЕКЦИЯ РЕКЛАМА И СВЯЗИ С ОБЩЕСТВЕННОСТЬЮ.....</b>	<b>187</b>
Гаркуша В.Н. СОВРЕМЕННАЯ КОММУНИКАЦИЯ И НЕЙРОСЕТИ.....	187
Лукьянова В.В., Порт М.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОШЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ К БРЕНДУ APPLE .....	190
Смирнова М.С. СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОДВИЖЕНИЯ КОМПАНИИ: СТРАТЕГИЯ, ТАКТИКА И ИЗМЕРЕНИЕ УСПЕХА .....	194
Коротаева К.С., Алексушин Г.В. PR-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОДВИЖЕНИЯ УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ .....	199
Коротаева П.С., Алексушин Г.В. САМЫЕ ПОПУЛЯРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОДВИЖЕНИЯ БРЕНДОВ ОДЕЖДЫ.....	202
Мурзакова Е.М., Алексушин Г.В. ОСОБЕННОСТИ РЕКЛАМЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА МУНИЦИПАЛЬНОМ ОБЩЕСТВЕННОМ ТРАНСПОРТЕ.....	204

ННБ XIII, Санкт-Петербург, 15 – 17 мая 2025

## СЕКЦИЯ ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И АВТОНОМНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

### НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ГАЛЛЮЦИНАЦИЯМИ LLM- МОДЕЛЕЙ

АЛЕКСЕЕВ А.С.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И.  
Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** В статье рассматриваются методы борьбы с галлюцинациями в больших языковых моделях (LLM), включая фильтрацию данных, редактирование модели, генерацию с усилением за счет извлечения информации (RAG) и метод цепочки мыслей. Анализируются их преимущества, ограничения и эффективность на примере современных исследований. Результаты показывают, что комбинация этих подходов позволяет значительно снизить частоту ошибок и повысить достоверность генерации текста.

**Ключевые слова:** *большие языковые модели (LLM), галлюцинации LLM, фильтрация данных, редактирование модели, RAG (Retrieval-Augmented Generation), цепочка мыслей (chain-of-thought), достоверность генерации, машинное обучение.*

#### Введение

Большие языковые модели (LLM) демонстрируют впечатляющие результаты в генерации текста, однако их использование сопровождается проблемой галлюцинаций — генерации недостоверной или противоречивой информации. Галлюцинации делятся на фактические (ошибки в фактах) и контекстуальные (отклонения от логики или инструкций). В данной статье исследуются современные методы минимизации этих ошибок, такие как фильтрация данных, редактирование модели, RAG и цепочка мыслей. Цель работы — систематизировать существующие подходы, оценить их эффективность и наметить направления для дальнейших исследований.

#### Критерии галлюцинаций LLM

Галлюцинации в больших языковых моделях (LLM) можно разделить на два основных типа: **фактические** и **контекстуальные**. Фактические галлюцинации связаны с противоречиями реальным фактам (например, ошибки в именах или событиях), а контекстуальные — с отклонениями от инструкций пользователя или внутренней логики текста ответа или диалога с пользователем. Они возникают из-за проблем в данных (дезинформацией, искажениями в данных), ограничений обучения и особенностей генерации (например, сверх-уверенность (overconfidence) в декодировании) [1].

Иными словами, мы можем назвать ответ LLM галлюцинацией, если он подходит хотя бы по одному из трёх критериев ниже:

1. Он является **ложным**.
2. Он **отклоняется от инструкций** пользователя.
3. Он **нарушает внутреннюю логику** текста своего же ответа или контекста диалога.

#### Методы оптимизации LLM

##### 1. Фильтрация данных (Data Filtering)

Фильтрация данных является одним из ключевых методов предотвращения галлюцинаций на этапе предварительного обучения. Этот подход направлен на отбор высококачественных данных, исключая недостоверную информацию и искажения источников (biases), которые



могут привести к генерации недостоверного контента. Основные стратегии включают использование надежных источников, таких как академические или специализированные данные, а также дедупликацию для устранения повторяющейся или семантически схожей информации. Например, методы точного и приближенного сопоставления подстрок, а также алгоритмы вроде MinHash и SemDeDup, помогают идентифицировать и удалять дубликаты. Несмотря на эффективность, фильтрация данных сталкивается с проблемами масштабируемости и необходимостью учета контента, сгенерированного самими LLM, что требует разработки более автоматизированных и адаптивных алгоритмов [1].

Например, метод SemDeDup, описанный в [5], предлагает эффективный способ семантической дедупликации данных на основе эмбедингов предобученных моделей. Алгоритм использует кластеризацию k-means в пространстве эмбедингов для группировки семантически схожих данных, после чего удаляет дубликаты, оставляя только уникальные примеры. Это позволяет сократить объем данных до 50% с минимальной потерей качества модели. Например, для датасета LAION-440M SemDeDup сохраняет 63% данных, улучшая среднюю точность на 24 задачах на 1.54% по сравнению с исходным датасетом, а также ускоряет обучение в 1.6 раза. Для текстовых данных (C4) метод демонстрирует снижение perplexity на 15% по сравнению со случайным удалением примеров. Однако эффективность метода зависит от качества предобученных эмбедингов и требует значительных вычислительных ресурсов для кластеризации [5].

## 2. Редактирование модели (Model Editing)

Редактирование модели позволяет корректировать поведение LLM после обучения, исправляя конкретные ошибки или добавляя новую информацию без полного переобучения. Этот метод делится на два подхода: locate-then-edit и meta-learning [1]. Первый включает локализацию "ошибочных" параметров модели и их последующее обновление, как например в методе ROME [3] или MEMIT [1], которые модифицируют параметры FFN-слоев. Второй подход использует внешние гиперсети для предсказания обновлений весов, как в MEND и MAL-MEN [1], которые улучшают способность модели к масштабируемым изменениям. Однако редактирование модели может негативно влиять на общую производительность LLM, особенно при частых обновлениях, и требует дальнейших исследований для оптимизации баланса между точностью и стабильностью [1].

Например, метод ROME (Rank-One Model Editing) основан на локализации и редактировании ключевых параметров в MLP-слоях трансформеров для обновления фактуальных ассоциаций. В ходе экспериментов на модели GPT-2 XL ROME демонстрирует высокую эффективность: точность предсказаний после редактирования достигает 99.8% на тестовых данных, а обобщение на перефразированные запросы составляет 88.1%, что сопоставимо с более сложными методами, такими как MEND и KE. При этом ROME сохраняет специфичность модели ( $\approx 24.2\%$ ), минимизируя влияние на несвязанные факты [4]. Эти результаты подтверждают, что прямое редактирование параметров MLP-слоев может быть эффективным способом коррекции знаний в LLM без значительного ущерба для общей производительности [4].

### **3. Генерация с усилением за счет извлечения информации (Retrieval-Augmented Generation, RAG)**

RAG (Retrieval-Augmented Generation) — это метод, объединяющий параметрическую память (предобученные языковые модели) с непараметрической (внешние источники знаний, такие как векторные индексы Wikipedia), что позволяет значительно снизить галлюцинации в генерации текста [1][3]. Ключевая идея заключается в использовании нейронного поисковика (например, DPR) для извлечения релевантных документов, которые затем передаются генератору (например, BART) для формирования ответа. RAG предлагает два варианта работы: RAG-Sequence, где один документ влияет на всю последовательность ответа, и RAG-Token, где каждый токен генерируется на основе разных документов. [3] Это позволяет модели не только опираться на актуальные внешние данные, но и комбинировать информацию из нескольких источников, что повышает точность и фактологическую достоверность ответов. Важным преимуществом RAG является возможность "горячей замены" индекса знаний, что облегчает обновление информации без переобучения модели. Однако эффективность метода зависит от качества извлеченных документов и согласованности работы поискового и генеративного компонентов [1].

Количественные результаты демонстрируют значительное улучшение точности моделей при использовании RAG. Например, на задачах открытого доменного вопросно-ответного взаимодействия (Open-Domain QA) RAG превосходит чисто параметрические модели (T5-11B) на 10–18 пунктов Exact Match (EM): 44.5 против 34.5 на Natural Questions и 68.0 против 50.1 на TriviaQA. Для генеративных задач, таких как создание вопросов в стиле Jeopardy, RAG генерирует более фактологически точные и специфичные ответы: по оценкам людей, RAG превосходит BART по фактологической точности в 42.7% случаев против 7.1%. Кроме того, RAG достигает точности 72.5% на FEVER (верификация фактов), уступая специализированным моделям всего на 4.3%, несмотря на отсутствие явного контроля за извлечением доказательств. Эти результаты подтверждают, что интеграция внешних знаний через RAG существенно снижает галлюцинации и повышает надежность генерации [3].

### **4. Цепочка мыслей (chain-of-thought)**

Метод цепочки размышлений представляет собой инновационный подход к снижению галлюцинаций в больших языковых моделях (LLM) за счет явного моделирования процесса рассуждения. В отличие от стандартной генерации, где модель выдает ответ напрямую, этот метод требует от нее последовательного развертывания логических шагов, аналогичных человеческому мышлению. Такой подход не только повышает точность ответов, но и обеспечивает прозрачность процесса принятия решений, позволяя выявлять и корректировать ошибки на промежуточных этапах.

Ключевыми особенностями метода являются разбиение задачи на маленькие логические шаги, отслеживаемость этих шагов пользователем, применимость к широкому кругу задач, включая арифметические вычисления, обычные бытовые рассуждения, демонстрируя устойчивость к вариациям в формулировках промежуточных шагов [2].

Несмотря на преимущества, метод имеет ограничения. Например, корректность итогового ответа напрямую зависит от точности промежуточных шагов: если логика нарушена на каком-либо этапе, ошибка может сохраниться в финальном результате. Кроме того, метод менее эффективен для небольших моделей, которые часто генерируют бессвязные или ошибочные цепочки рассуждений [2].

Эксперименты, описанные в исследовании, демонстрируют значительное улучшение точности моделей при использовании цепочки размышлений. Например, на benchmark GSM8K, содержащем сложные математические задачи, метод позволил модели PaLM 540B достичь точности, превышающей результаты fine-tuned GPT-3 с верификатором. Прирост производительности составил более чем двукратное улучшение по сравнению со стандартным prompting. Аналогичные результаты были получены для задач commonsense-рассуждения (StrategyQA) и символических операций, где модель с цепочкой размышлений превзошла предыдущие state-of-the-art решения. Важно отметить, что эффективность метода растет с увеличением размера модели, подчеркивая его зависимость от масштабируемости. Однако даже для крупных моделей сохраняется вероятность ошибок в промежуточных шагах, что указывает на необходимость дальнейшего совершенствования метода [2].

### **Заключение**

Проведенный анализ методов борьбы с галлюцинациями в LLM показал, что каждый из рассмотренных подходов обладает уникальными преимуществами: фильтрация данных улучшает качество входных данных, редактирование модели позволяет точно корректировать ошибки, RAG интегрирует внешние знания, а цепочка мыслей повышает прозрачность рассуждений. Однако ни один метод, помимо RAG, не является универсальным и ни один из них не устраняет проблему галлюцинаций полностью, а эффективность методов зависит от контекста и масштаба задачи. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку гибридных решений, сочетающих сильные стороны каждого подхода, а также на создание стандартов для оценки и минимизации галлюцинаций в LLM.

### **Список литературы**

1. Huang, L., Yu, W., Ma, W., Zhong, W., Feng, Z., Wang, H., ... Liu, T. A survey on hallucination in large language models: Principles, taxonomy, challenges, and open questions //ACM Transactions on Information Systems. – 2025. – Т. 43. – №. 2. – С. 1-55.
2. Wei, J., Wang, X., Schuurmans, D., Bosma, M., Xia, F., Chi, E., ... Zhou, D. Chain-of-thought prompting elicits reasoning in large language models //Advances in neural information processing systems. – 2022. – Т. 35. – С. 24824-24837.
3. Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., ... Kiela, D. Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive nlp tasks //Advances in neural information processing systems. – 2020. – Т. 33. – С. 9459-9474.
4. Meng, K., Bau, D., Andonian, A., & Belinkov, Y. Locating and editing factual associations in gpt //Advances in neural information processing systems. – 2022. – Т. 35. – С. 17359-17372.
5. Abbas, A., Tirumala, K., Simig, D., Ganguli, S., & Morcos, A. S. Semdedup: Data-efficient learning at web-scale through semantic deduplication //arXiv preprint arXiv:2303.09540. – 2023.

## **РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВЕБ-СИСТЕМЫ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ТЕСТОВ И ПРОВЕРКИ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

БАСЫРОВ В.А.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»*

*им. В.И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** Разработана распределенная веб-система для автоматической генерации тестов по алгоритмическим задачам и проверки решений пользователей. Проведена интеграция с нейронной моделью GigaChat для генерации тестов. Проведено тестирование качества генерации и проверки

решений, выполнено исследование производительности системы. Реализация выполнена с использованием технологий Go, PostgreSQL и Vue.js

*Ключевые слова:* тестирование, распределенная веб система, автоматизация тестирования, генерация тестов

## **Введение**

Ручное написание тестов к алгоритмическим задачам требует значительных затрат времени. Интеграция AI в процесс генерации тестов позволяет автоматизировать часть работы и повысить эффективность тестирования. Цель работы — создание системы, которая на основе текста задачи автоматически генерирует тесты и проверяет решения. Объект исследования — распределенная веб-система тестирования с интеграцией искусственного интеллекта. Предмет исследования — методы автоматизации генерации тестов и проверки кода.

## **Разработка распределенной веб системы тестирования**

Разрабатываемая система включает в себя три основных микросервиса:

1. Генерация тестов. Отправка текста задачи в нейронную сеть GigaChat. Полученный ответ обрабатывается через цепочку стратегий обработки промпта для повышения устойчивости к ошибкам формата. Результат — набор тестов в формате JSON.
2. Проверка кода. Проверка решений пользователей на тестах в параллельном режиме для увеличения скорости работы системы. Для выполнения кода используется язык Python в изолированной среде с ограничением по времени исполнения.
3. Прокси-сервер. Центральная точка входа для клиента. Обеспечивает маршрутизацию запросов, балансировку нагрузки, обработку CORS и механизм автоматического повторного запроса при ошибках.

Технологии реализации:

1. Backend: язык Go, фреймворк gin-gonic, библиотеки для работы с БД (sqlx, pq), кэширование (go-redis), логирование (logrus).
2. Базы данных: PostgreSQL для хранения основной информации, Redis для временных токенов и кэширования.
3. Frontend: Vue.js + Vue Router для построения интерфейса.
4. Контейнеризация: Docker и docker-compose для разворачивания всей системы.

Тестирование на корректный формат генерации тестов.

Проверка проводилась с использованием трёх версий модели GigaChat: базовой, Pro и Max. Для каждой модели были заданы тестовые задачи. Базовая модель GigaChat показала неудовлетворительные результаты, допустив множество ошибок в формате вывода, в частности, отправляя пустые ответы или добавляя лишние данные. Модель GigaChat Pro показала лучшие результаты, однако также допускала нарушения структуры вывода при усложнённых условиях задачи. Только модель GigaChat Max успешно прошла проверку формата с допущением лишь 10 ошибок из 100 тестов.

Тестирование на соответствие выходных данных входным условиям.

Эксперимент проводился на задачах по комбинаторике, замощению плитками и вычислению маршрутов кузнечика. Для каждой задачи было собрано по 500 тестов. Базовая версия GigaChat часто давала некорректные или обрезанные выходные данные при

больших входных значениях. Pro-версия справлялась лучше, но иногда уменьшала правильные значения. Модель GigaChat Max продемонстрировала безупречное соответствие между входными и выходными данными во всех тестах.

Результаты функционального тестирования проверки кода.

Для тестирования были созданы 4 типа программ: с синтаксической ошибкой, с бесконечным циклом, с частично неверными ответами и с полностью корректными решениями. Микросервис проверки кода успешно определил ошибки в первых трёх типах и корректно подтвердил прохождение в четвёртом случае. Время обработки корректных решений составляло около 100 мс, а обработка бесконечных программ завершалась спустя 3 секунды таймаута.

Нагрузочное тестирование.

Проводились тесты на 1000 параллельных запросов. При правильных решениях среднее время отклика составило 1.04 с, 5.03 с и 36.3 с соответственно. При наличии одного ошибочного теста время незначительно изменялось. При исполнении программ с бесконечными циклами время ответа увеличивалось, особенно при малом числе запросов (до 3.03 с на 10 запросов), но оставалось приемлемым при росте нагрузки (около 33 секунд на 1000 запросов). Эти результаты показывают хорошую масштабируемость системы при различных сценариях использования.

На рисунке 1 и на рисунке 2 представлены корректность ответов модели определенного формата и соответствия входным и выходным данным в процентах соответственно.

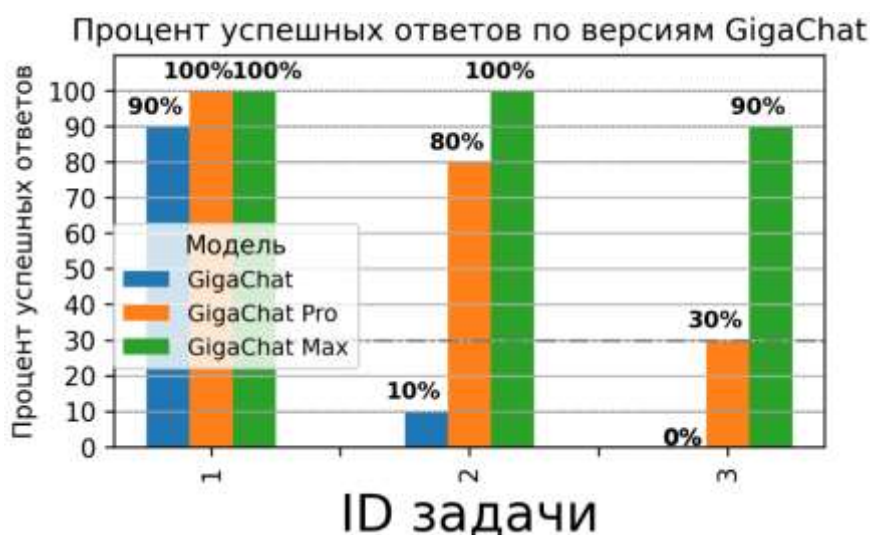


Рис. 1 – Процент успешных ответов по формату



Рис. 2 – Процент успешных ответов по соответствию входных и выходных данных.

На рис. 3 представлен график нагрузочного тестирования на микросервис проверки кода.

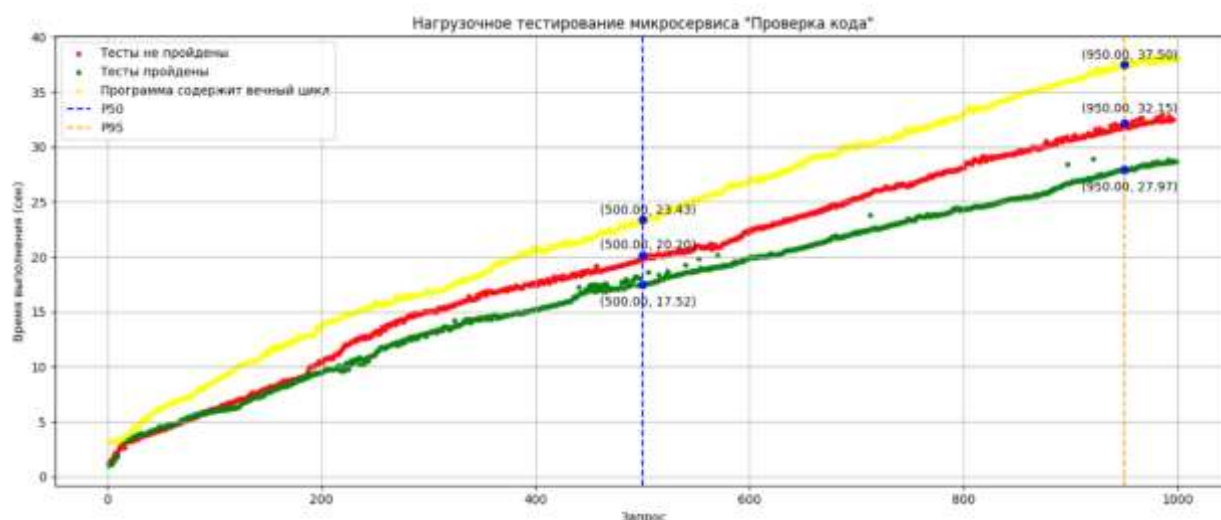


Рис. 3 – График нагрузочного тестирования микросервиса «Проверка кода»

Результаты:

1. Разработан прототип системы и проведены тестирования основных функциональных блоков.
2. Внедрена интеграция с тремя версиями модели GigaChat: GigaChat, GigaChat Pro, GigaChat Max.

Проведены эксперименты на различных типах задач:

1. Для простых задач GigaChat Max показал до 100% успеха в правильности формата.
2. Для сложных алгоритмических задач с массивами и деревьями успех составил около 90%.

### Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности дальнейшего развития платформы в сторону увеличения поддерживаемых языков программирования и типов алгоритмических задач. В качестве одного из направлений развития планируется интеграция альтернативных моделей искусственного интеллекта для повышения точности и разнообразия генерируемых тестов. Кроме того, перспективным является создание модуля интеллектуального анализа сложности задач с целью адаптивного выбора уровня тестирования для пользователей. Интеграция системы в образовательные платформы для автоматической проверки домашних заданий и заданий олимпиадного уровня представляется перспективным направлением дальнейших работ.

### Список литературы

1. Tanenbaum A. S., Steen M. van. *Distributed Systems: Principles and Paradigms*. — 2nd ed. — Prentice Hall, 2006. — 770 p.
2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep Learning*. — MIT Press, 2016. — 800 p.
3. Иванов С.В., Петрова И.А. Интеграция искусственного интеллекта в ERP-системы // *Вестник компьютерных и информационных технологий*. — 2023. — № 7. — с. 45–53.

## DISTRIBUTION MODELS FOR V2X SERVICES

DUSTALEV EVGENY, VINITSKY MIKHAIL, ZHELTOVA ELENA

*The Bonch-Bruевич Saint Petersburg State University of Telecommunications*

**Abstract.** This article examines V2X technology in autonomous driving, focusing on service distribution models like latency-sensitive and cloud-based solutions. It highlights MEC's role in reducing delays and improving safety through real-time vehicle-infrastructure communication. The integration of ADAS and ITS is shown to enhance traffic efficiency and support future autonomous systems.

**Keywords:** *Advanced driver assistant system, Intelligent transport system, V2X, Multi-access edge computing.*

Currently more vehicles and cars with driver-assistance features are being introduced in the realm of world to improve road safety, simplify driving, and enhance the overall driving experience. Advanced driver-assistance systems (ADAS) functions are provided by technologies built directly into the car itself, i.e. only information received by the car itself from its environment using various sensors is used, and information from third-party sources and other cars is not used to ensure safety. The system that accounts for all road factors to provide users with various services, including security services is referred to as the Intelligent Transport System (ITS) [1]. Today, ITS is actively developing in many countries. According to the assessment of the connected transport development, the share of connected vehicles worldwide will be 88% by 2030 [2]. This system operates with a large amount of data obtained from various sources, wherein an on-board device of the vehicle may also be such a source of information.

Integrating on-board ADAS units with ITS will combine all vehicles into a single network. In addition, among the advantages of implementing on-board ADAS devices in ITS is the need to provide driverless cars with extra relevant contextual information from roadside infrastructure and other vehicles for high-quality full self-drive operation [3].

Thus, the purpose of this paper is to analyze the systems described above, identify their points of contact and develop a variant of scenarios for their interaction and data distribution for further processing in order to provide services to highly mobile users according to priority.

According to the field of application, ADAS nowadays can be divided into two main groups: a warning system and a driving assistance system [3, 4]. However, for more complex functions that require more information about the road situation and vehicle-to-vehicle interaction, it is necessary to connect the car to the ITS network.

At the moment, ITS are mostly systems that aggregate information from roadside cameras, traffic counters, and geographic information systems, but not information from direct road users. The problem of ignoring a large amount of such important information is solved by V2X, a network architecture concept based on wireless communication between vehicles and all surrounding objects that have a network interface. One of the critical traffic types of an intelligent transport system is real-time traffic including data that requires a minimum delay of 1 to 20 ms to enable ADAS crash avoidance services.

To meet the quality of service requirements, it is proposed to use edge computing technologies or MEC – Multi-access Edge Computing. ETSI considers MEC to be a strategically important element of the V2X concept [5]. Multiple-access edge computing enables communication service providers to enable computing power to run services in close proximity to users, regardless of where and how they connect to the network, by placing the service on the network and its capabilities on the network and placing the service on the computing node closest to the mobile user.

V2X based ITS will combine classic traffic monitoring systems that record the consequences of events that occurred in the urban transport system and are able to regulate traffic flows based on this information; and driver assistance systems [6], that not only analyze the situation around a particular road user, but also make decisions to prevent critical situations on the road. Such a system can not only set up the most efficient traffic flow model, but also minimize the likelihood of violations in a single flow that can lead to disruption of the global traffic model. Such a system should include many functions that work at all its levels and provide comprehensive services for its users. It will be more convenient to divide the monolithic system into areas of responsibility (Fig. 1), as well as divide the services provided into several distribution models.

There are three main categories: latency sensitive services, non-sensitive to latency cloud services, and other services. Here are the examples of latency-sensitive services. They are mainly applications to ensure safety on the roadway. The interaction between devices often does not extend beyond a single road section and its infrastructure, if additional calculations are required, MEC is used. Figure 1 shows examples of latency-insensitive services (Fig. 1), and the access to them can be arranged using the classic client-server model.



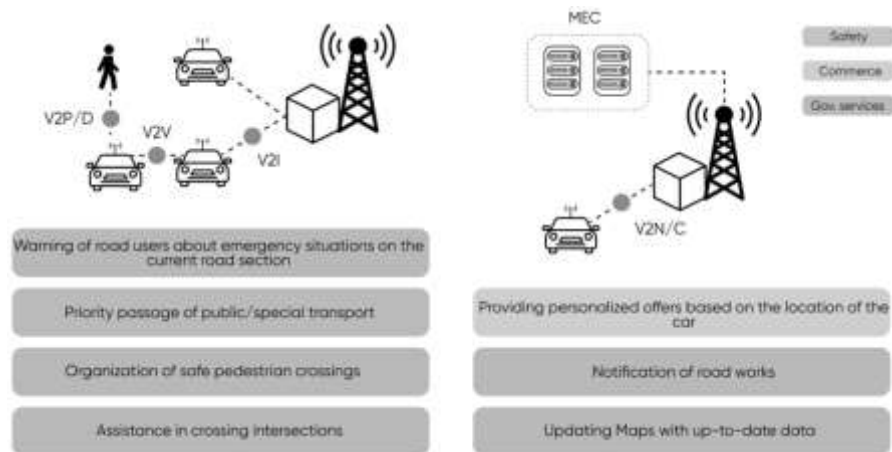


Fig. 1 Example of providing latency-sensitive services

These services may require high bandwidth and transfer a lot of data, but not in real time. These types of services are suitable for software updates and entertainment applications (Fig. 2).

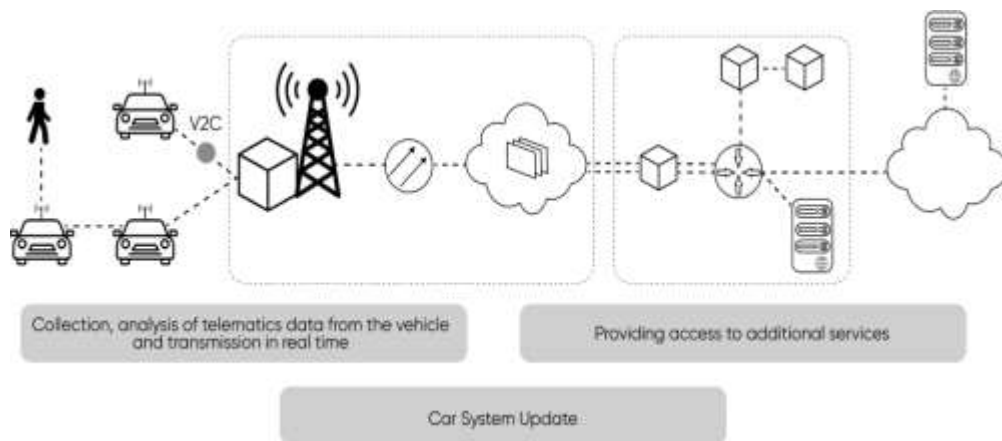


Fig. 2 Example of providing non-sensitive to delay services

Services are also highlighted and do not fit the two previous categories. Some of their applications are distributed directly from the operator's network, for example, sending emergency messages. Also, this category includes interaction between network participants that is invisible to the end user.

Thus, using a combination of ADAS and V2X systems not only improves the performance of each, but also expands the list of services received by car users. The separation between service provisioning and MEC usage types, as well as standard ways of delivering content to the user, addresses the challenges of minimizing data latency and distributing the load from vehicles across the network.

On-board assistance systems have significant potential for large-scale implementation in vehicles. Their integration into a single network with ITS connectivity can bring many positive changes to transportation systems, significantly improve road safety, provide drivers and passengers with new services and prepare the transportation infrastructure for the full-scale introduction of fully self-driving cars and vehicles. However, in order to provide the required

delays and throughput, latency-sensitive services should be mapped to the road infrastructure using MEC, while other types of services should be provided by classical compute servers. In addition, to address the above task, a study of existing access protocols is needed to identify the requirements of these services. This study is planned in the following research activities.

## References

1. Intelligent Transportation Systems Global Market Report 2025 // The Business Research Company [Electronic resource] – URL: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/intelligent-transportation-systems-global-market-report> (access date: 25 Apr. 2025).
2. IMT towards 2030 and beyond // ITU. [Electronic resource] – URL: <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2030/Pages/default.aspx> (access date: 25 Apr. 2025).
3. Analiticheskij otchet po itogam issledovaniya sostoyaniya i perspektiv razvitiya ry`nka bortovogo oborudovaniya i texnologij ADAS // Vestnik GLONASS. – 2023. – P. 55-273. [Electronic resource] – URL: <http://vestnik-glonass.ru/news/tech/assotsiatsiya-glonassgnssforum-opublikovan-otchet-o-sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya-rynka-zaryad/> (access date: 25 Apr. 2025).
4. Dustalev E. V., Vinitsky M. A., Babich V. N. Overview of existing intelligent on-board vehicle driver assistance systems // Materialy 77-th regional'noynauchno-tekhnicheskoy konferentsiy studentov, aspirantov I molodykh uchenykh. Sankt-Peterburg, 2023. – P. – 77-82.
5. Multi-access Edge Computing (MEC) // ETSI. [Electronic resource] – URL: <https://www.etsi.org/technologies/multi-access-edge-computing> (access date: 25 Apr. 2025).
6. Babich V. N., Dustalev E. V., Vinitsky M. A., Savel'eva A. A. Arxitektura seti V2X dlya realizacii servisov ADAS // Aktual'ny'e problemy` infotelekkommunikacij v nauke i obrazovanii: Sbornik nauchny'x statej XIII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy i nauchno-metodicheskoy konferencii v 4 t., Sankt-Peterburg, 27–28 fevralya 2024 goda. – Sankt Peterburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet telekommunikacij im. prof. M.A. Bonch-Bruevicha, 2024. – S. 69-73 (access date: 25 Apr. 2025).

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СИМУЛЯЦИИ ПОВЕДЕНИЯ ТОЛПЫ

ВИНОГРАДОВА М.О.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** При организации массовых мероприятий, таких как спортивные мероприятия, фестивали, ярмарки, концерты, в первую очередь необходимо обеспечивать безопасность людей. Симуляция поведения толпы может помочь заранее спрогнозировать проблемные места, где могут образоваться столпотворения людей и избежать давки в экстренной ситуации.

*Ключевые слова:* модель поведения толпы, интеллектуальная система, клеточный автомат

## Введение

Многие массовые мероприятия сопряжены с образованием столпотворения людей [1], что может привести к давке. Сложность решения данной задачи обусловлена множеством факторов, таких как индивидуальные особенности человека, которые влияют на поведение толпы [2]. Также данная проблема является актуальной так как одним из важных факторов успеха является местоположение [3] и анализ поведения толпы может помочь в прогнозировании проходимости торговой точки.

Объектом исследования является модель поведения толпы, предметом исследования - работа модели поведения человека в толпе при разных условиях. Целью является исследование существующих моделей поведения человека в толпе

### Клеточный автомат

Существуют различные виды моделирования такие как аналитическое моделирование, имитационное моделирование, метод натуральных испытаний. Для моделирования пешеходных потоков аналитическое моделирование является не подходящим так как проблема моделирования пешеходных потоков является комплексной и включает в себя много причинно-следственных связей. Метод натуральных испытаний также не является подходящим так как основан на испытании уже готового продукта. Имитационное моделирование позволяет отслеживать динамическое изменение состояния системы.

Клеточный автомат [4] – в данной модели все пространство разбивается на множество клеток, каждая клетка может быть занята только одним пешеходом. Моделирование движения пешеходов основано на трех правилах: перемещение в сторону, шаг вперед и смягчение конфликтов. Данные правила применяются на каждом временном шаге и производят два параллельных обновления. В данной модели параллельное обновление помогает учитывать влияние только близко расположенных пешеходов на маршруты друг друга.

Первое обновление - назначение полосы движения, для дальнейшего перемещения выбирается лучшая из трех полос движения, текущая, левая и правая. Пешеход может изменить полосу только если смежные клетки свободны. Если два пешехода претендуют на одну клетку, то ячейка достанется одному из них с вероятностью 50/50. Для полос движения применяется следующее распределение: для соседних полос при двустороннем движении распределение 50/50, для текущей полосы и одной соседней распределение 80/20, для текущей полосы и двух соседних 80/10/10.

Второе обновление - движение вперед, которое изменяет положение всех пешеходов в соответствие с правилами движения.

### Реализация

Реализовано java приложение, принимающее пользовательский ввод и осуществляющее симуляцию поведения толпы, а также программа на python, которая осуществляет анализ. Далее на рисунках 1-5 представлены экраны с принимающие пользовательский ввод.



Рис. 1 - Экран выбор файла



Рис. 2 – Экран изменения доски



Рис. 3 – Экран добавления зон

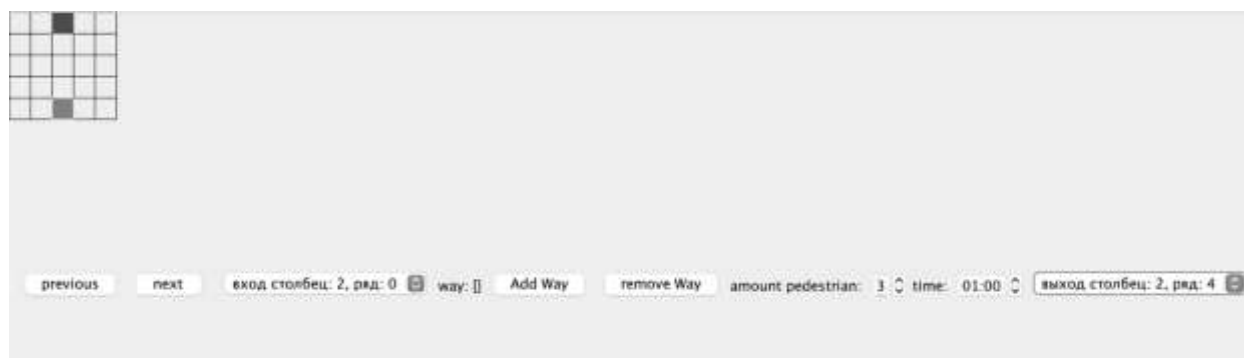


Рис. 4 – Экран добавления количества пешеходов, времени прибытия, входа и выхода, а также обязательного маршрута

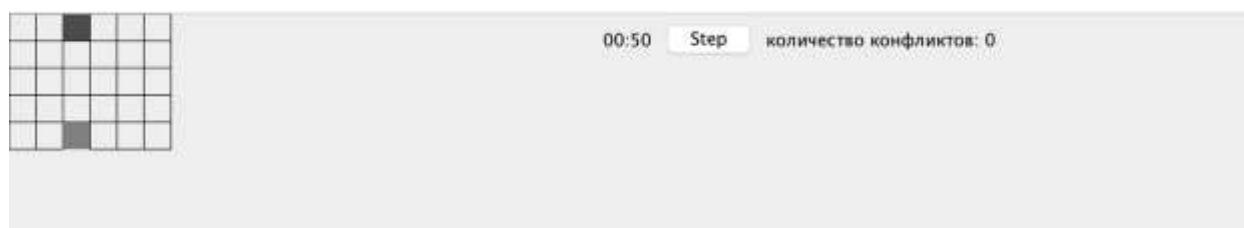


Рис. 5 – Экран симуляции поведения толпы

В основу алгоритма для симуляции был взят клеточный автомат, реализовано одностороннее движение, при возникновении конфликтных ситуаций (пересечение траекторий) один из пешеходов обязан уступить дорогу. Пешеходы добавляются на карту в порядке прибытия, если вокруг входа есть доступные клетки.

Алгоритм добавления пешехода

1. Проверяются свободные клетки в следующем порядке: верхняя, нижняя, левая, правая.
2. Если нашлась свободная клетка, то пешеход добавляется на карту.

Алгоритм действия на каждом временном шаге:

1. Очистка списка целей пешеходов.
2. Получение плана движения каждого пешехода (куда он сделает шаг, заполнение списка целей).
  - a. В пешеходе вычисляются доступные (свободные клетки) для движения по окрестности фон Неймана.
  - b. Для дальнейшего движения выбирается ближайшая к цели клетка.
  - c. Если таких клеток несколько, то выбор производится случайно.
  - d. Данные добавляются в список целей.
3. Движение в соответствии со списком целей.
  - a. Если на одну клетку претендуют несколько пешеходов, то случайным образом выбирается только один для движения, остальные уступают ему дорогу.
4. Обновление состояния системы.
  - a. Если достигнут выход, то пешеход удаляется с карты.

В python программе анализируются данные после завершения симуляции, строятся линейные графики и гистограммы для анализа плотности толпы и количества пешеходов в каждой зоне, а также для анализа количества конфликтов и количества пешеходов. Для построения матрицы расстояний между маршрутами пешеходов используется расстояния Фреше, кластеризация производится методом DBSCAN с параметрами  $\text{eps} = 2$ , минимальное количество элементов = 1 (чтобы все элементы были сгруппированы).

Взаимодействие систем представлено на рисунке 6.

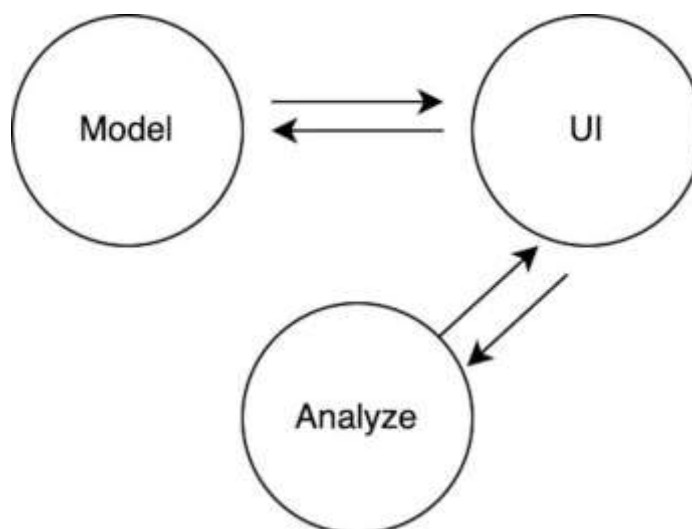


Рис. 6 – Взаимодействие систем

## Вывод

В результате работы была разработана программа на java, которая принимает пользовательский ввод и производит симуляцию поведения толпы, а также анализ количества конфликтных ситуаций.

## Список литературы

1. Подлиняев О. Л. Психология толпы и специфика её разновидностей //Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. – 2017. – №. 2 (81). – С. 124-130.
2. Тимошенко В. И. Социально-психологические факторы противоправного поведения //Вестник Пермского университета. Юридические науки. – 2014. – №. 3 (25). – С. 23-32.

3. Formánek T., Sokol O. Location effects: Geo-spatial and socio-demographic determinants of sales dynamics in brick-and-mortar retail stores //Journal of Retailing and Consumer Services. – 2022. – Т. 66. – С. 102902.
4. Blue V. J., Adler J. L. Cellular automata microsimulation for modeling bi-directional pedestrian walkways //Transportation Research Part B: Methodological. – 2001. – Т. 35. – №. 3. – С. 293-312.

## **СИСТЕМА ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕГРАДАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПАРАМЕТРАХ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ**

Волков И.А.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.  
Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** В работе рассматривается разработка прототипа системы для ранней диагностики аномалий в работе устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) на основе данных, получаемых из систем технической диагностики и мониторинга (СТДМ). Основная цель системы — выявление предотказных состояний на ранних стадиях с использованием методов машинного обучения.

*Ключевые слова:* Обнаружение аномалий, нейронная сеть, машинное обучение, системы технической диагностики и мониторинга.

### **Введение**

На сети железных дорог ОАО «РЖД» применяются системы технической диагностики и мониторинга (СТДМ) устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ). СТДМ осуществляет контроль состояния и измерение значений различных параметров работы устройств ЖАТ посредством своего напольного оборудования (датчиков), подключенного к устройствам ЖАТ на станциях и перегонах.

СТДМ решает комплекс задач, одной из которых является контроль исправного состояния и формирование диагностических сообщений при выявлении случаев отклонения от нормальной работы устройств ЖАТ для обслуживающего персонала хозяйства автоматики и телемеханики ОАО «РЖД».

В связи с тем, что отказы в работе устройств ЖАТ приводят к задержкам в движении поездов и большим экономическим потерям, перед СТДМ стоит задача не только выявления отказов, когда значения параметров работы устройств ЖАТ уже вышли за пределы заданных нормативных значений, но и как можно более ранней диагностики предотказных состояний. Поиск таких предотказных состояний предлагается проводить на основе фиксации изменений в динамике изменений значений измеряемых параметров, когда значения измеряемых параметров еще не вышли за предельные нормативные значения, но тенденция и характер графика изменения параметра уже начинает свидетельствовать о наличии деградационных изменений с последующим выходом устройства ЖАТ из работоспособного состояния в неисправное.

Основной задачей является разработка прототипа системы идентификации аномалий и отклонений в режиме работы устройств ЖАТ с использованием алгоритмов машинного обучения, который позволяет визуально увидеть аномалию, а также всю связанную информацию.

### **Входные данные**

Сервер формирует несколько различных типов файлов особой структуры, которые потом компонуются с помощью zip-алгоритма (метод сжатия deflate:normal) и публикуются в виде единого файла-набора (архива) в указанную в настройках сервера выходную папку с группировкой по суткам.

Каждый архив представляет собой часовой набор, состоящий из 61 файла. Всего в архиве параметров 3 типа файлов: \*.main, \*.part, \*.normals.

Файл полного среза представляет собой файл внутри архива, имеющий расширение \*.main и содержит информацию о всех параметрах на данном участке железной дороги.

Файл нормалей представляет собой файл внутри архива, имеющий расширение \*.normals и содержит список параметров и их нормативных значений.

Файл изменений представляет собой файл внутри архива, имеющий расширение \*.part и содержит только изменения параметров. Является дополнительным к файлу полного среза.

Такой архив содержит изменения всех параметров в рамках одного сервера за прошедший час. Эти данные являются входными для модели машинного обучения, которая будет использоваться для выявления аномалий в поведении устройств ЖАТ.

В прототипе системы должна быть возможность просмотра подробной информации о параметре, который был признан аномальным. Т.к. в архивах хранится информация только об изменениях, данные брались из файлов нормативно справочной информации (НСИ). Такие файлы представляют собой excel-документ, в котором записаны следующие данные:

- Идентификатор параметра;
- Название параметра;
- Название типа параметра;
- Название дороги;
- Название ШЧ;
- Название станции;

### **Создание моделей машинного обучения**

При создании моделей машинного обучения использовался язык программирования python и фреймворк tensorflow версии 2.10. Основным подходом стало создание модели на основе автокодировщика и рекуррентной нейронной сети.

Автоэнкодер – это нейронная сеть, которая состоит из двух основных частей: кодировщик и декодер. Обучение происходит без учителя, поэтому для такого типа нейронной сети не требуются размеченные данные. В процессе обучения получая входные данные кодировщик пытается сжать их до меньшего количества признаков, после чего самостоятельно декодировать их с минимальным искажением. Серьезное отклонение от входного вектора может говорить об аномалии. Такой подход должен хорошо справляться с поставленной задачей.

Рекуррентная нейронная сеть — это тип нейронной сети, который используется для обработки последовательных данных, например, временных рядов. В отличие от классических нейронных сетей, рекуррентные нейронные сети могут работать с последовательностями, что делает их полезными для задач, где важен порядок входных данных.

При создании модели часто встречалось такое явление, как градиентный взрыв. Это проблема возникает, когда величина градиентов увеличивается экспоненциально во время обратного распространения ошибки по сети. Для ее решения использовалась модификация

классической рекуррентной нейронной сети, которая называется LSTM. Эта модификация позволила работать с долгосрочными зависимостями, избегая градиентных взрывов.

Таким образом итоговая архитектура модели представляет собой пятислойную нейронную сеть, в которой первый слой выполняет роль входного, за ним следует слой кодировщика. Центральным звеном выступает рекуррентный слой, обрабатывающий последовательности. Далее расположены слой декодировщика и выходной слой, завершающий процесс преобразования данных.

Для сравнения эффективности были построены дополнительно 2 модели: классическая нейронная сеть и простой автокодировщик.

Т.к. параметры имеют разное поведение не получится создать одну универсальную модель. В такой ситуации идеальным вариантом является создание модели для каждого параметра в отдельности. Проблема заключается в занимаемом объеме оперативной памяти. На одном сервере находится примерно 5000 различных параметров. При загрузке в систему сохраненная модель занимает примерно 40 Мб. Это означает, что все модели для одного сервера будут занимать примерно 200 Гб оперативной памяти.

Исходя из предположения, что параметры с одинаковым типом и группой нормалей должны иметь одинаковое поведение, предлагаемым вариантом оптимизации обучения моделей является разбиение по типам и группам нормалей. Для этого данные разбиваются соответствующе. В обучающий набор попадают данные всех параметров с соответствующими типом и группой нормалей. Один обучающий вектор состоит из 300 значений, что соответствует изменениям за 5 минут. Используя такой подход, удалось сократить количество потребляемой оперативной памяти до 20 Гб.

Все модели обучались на одних и тех же данных без аномалий. Тестирование производилось на дневном архиве, который содержал одну аномалию.

Результаты обучения и их сравнение представлены в таблице 1.

*Таблица 1*

**Сравнение результатов обучения моделей**

Модель машинного обучения	Объем данных, Гб	Время обучения, мин	Количество найденных аномалий	Количество ложных срабатываний	Количество верно определенных ситуаций
Классическая нейронная сеть	31,9	10	0	0	0
Автокодировщик	31,9	36	8	7	1
Комбинация рекуррентной нейронной сети и автокодировщик	31,9	56	1	0	1

Как и ожидалось, рекуррентная нейронная сеть в комбинации с автокодировщиком показала лучший результат в выявлении аномалий устройств ЖАТ. Созданные модели легли в основу разработки прототипа.

### **Разработка прототипа системы**

Прототип системы представляет собой приложение с графическим интерфейсом пользователя, в которое загружаются обученные модели и файлы НСИ. Далее загружаются



архивы параметров, которые необходимо проанализировать. Результат отображается в виде графика, на котором цветом разграничены нормальное и аномальное поведение параметра. Также реализована возможность сохранения результатов анализа в формате pdf и excel.

Для разработки использовался язык программирования C++17, фреймворки Qt версии 5.15.2, tensorflow версии 2.10, а также библиотека libxl для создания отчета на основе результатов анализа. Интерфейс программы представлен на рисунке 1.

Также на рисунке 1 пунктирной линией изображена выявленная аномалия. Корректно распознано падение напряжение на генераторе.

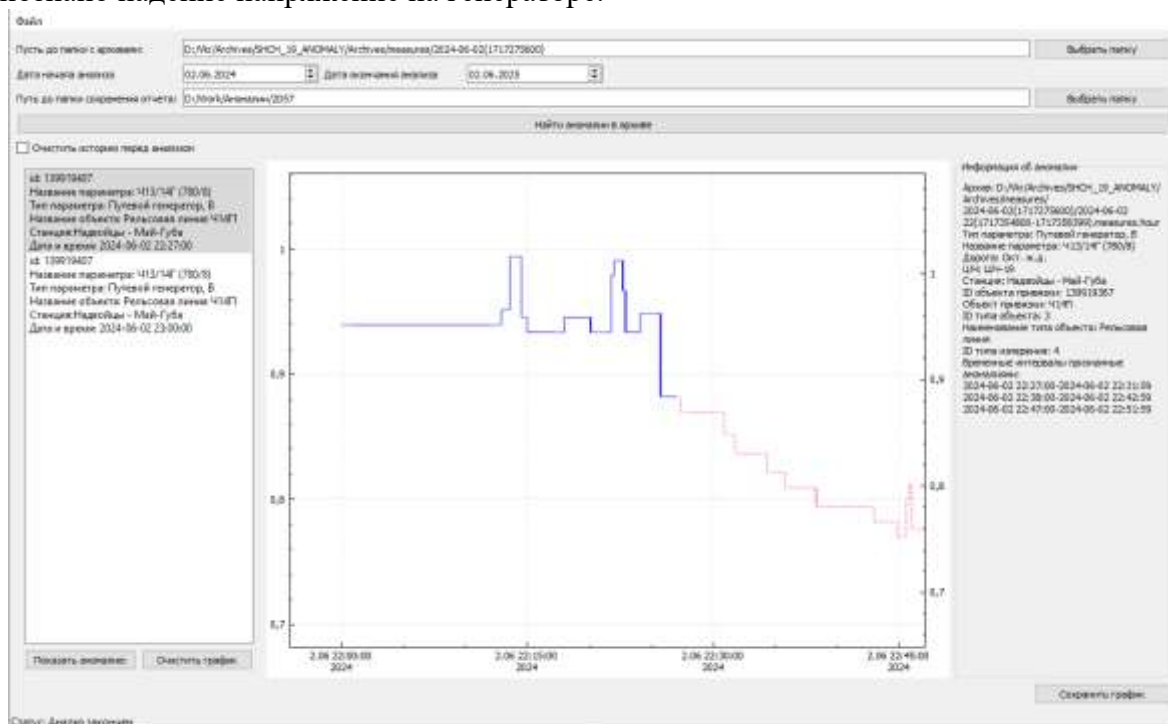


Рис. 1 – интерфейс программы.

При тестировании программы использовались данные с одного сервера за 1 месяц. На этих данных программа выявила 21 аномалию, 20 из которых определены верно. Т.е. программа показывает точность >95%.

## Заключение

В ходе проведенного исследования была разработана система, позволяющая эффективно выявлять отклонения в режиме работы устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) с использованием алгоритмов машинного обучения. В рамках работы было предложено несколько подходов, а именно классическая нейронная сеть, автоэнкодер, и комбинация автоэнкодера и рекуррентной нейронной сети. Самым эффективным показал себя последний. Такой подход позволил значительно повысить точность диагностики по сравнению с ранее разработанными методами.

## Список литературы

1. Федорова В. С., Стригунов В. В. Решение задачи обнаружения аномалий сетевого трафика с помощью сверточной нейронной сети.
2. Сафронов Д.А., Кацер Ю.А., Зайцев К.С. Поиск аномалий с помощью автоэнкодеров.
3. Зозуля А.Р. Предупреждение неисправностей в системах технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики

4. Клионский Д.М., Большев А.К. Применение искусственных нейронных сетей в задачах обнаружения аномалий в поведении сложных динамических объектов.

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ НА ПРЕДМЕТ СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ОФОРМЛЕНИЯ И ЗАДАННОЙ СТРУКТУРЕ**

Д.А. Доможиров, А.В. Коротков, С.Е. Ильин

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** Систематизируются результаты разработки системы для автоматической проверки выпускных квалификационных работ (ВКР) студентов вузов на соответствие требованиям к оформлению. Предлагается решение для анализа ВКР в формате PDF на основе клиент-серверной архитектуры с использованием нейронных сетей и алгоритмических методов обработки данных. Излагаются требования к решению, а также особенности реализованных проверок структуры и визуального представления ВКР. Конкретизируется специфика архитектуры предлагаемого решения.

**Ключевые слова:** автоматическая проверка документов, проверка оформления, анализ документов, веб-приложение, контейнеризация, сверточная нейронная сеть, нормоконтроль

### **Введение**

Проверка текстовых документов на соответствие требованиям оформления, включая требования нормоконтроля, — это рутинная, трудозатратная и подверженная ошибкам задача, с которой каждый год сталкиваются преподаватели и сотрудники вузов, проверяя сотни работ студентов. В условиях подготовки ВКР к сдаче эта задача превращается в источник существенной нагрузки на проверяющих. Автоматизация процесса нормоконтроля может стать эффективным решением, позволяющим ускорить проверку, обеспечить соответствие требованиям и устранить ошибки, связанные с человеческим фактором.

Данные официальных сайтов вузов позволяют установить, что количество ежегодно выпускаемых ими студентов может составлять тысячи человек. Например, в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» в 2024 г. было выпущено более 1300 человек [1]. Из допущения, что оформление каждой работы проверяется около тридцати минут, можно сделать вывод, что на проверку оформления всех работ в совокупности может уйти до 700 часов.

### **Постановка задачи и требования к решению**

Задача работы состояла в создании системы, способной выполнять автоматическую проверку текстовых документов (в первую очередь — ВКР) на соответствие требованиям к оформлению научно-исследовательских работ. В рамках проверки за основной стандарт оформления принят ГОСТ 7.32–2017 [2], а также методические указания по оформлению ВКР на уровне вуза. К решению предъявлялись следующие требования. Обеспечить проверку работ на соответствие структурным и графическим критериям оформления. Обеспечить работу с документами в формате PDF [3]. Уделить особое внимание стабильной работе системы, поддержке ее расширяемости и переносимости. Использовать клиент-серверную архитектуру.

### **Реализованные проверки**

В условиях разработки системы критерии проверки документов были разделены на две основные группы:

- 1) Структурные критерии, такие как: объем ВКР, структура титульного листа, наличие и порядок обязательных структурных элементов ВКР, наличие номеров страниц, соответствие содержания ВКР его фактической структуре, оформление приложений и др.
- 2) Графические критерии: поля, выравнивание, цвет текста, размеры и семейства шрифтов, оформление рисунков, таблиц, списка использованных источников и др.

### **Формат документов**

Работа с проверкой документов предполагает принятие во внимание различных форматов файлов, таких как doc, docx, odt, pdf и др. Эти форматы могут быть открытыми и проприетарными; располагать различной структурой, особенностями и стилями. При этом большинство редактируемых форматов допускает экспорт в PDF с сохранением особенностей оформления документов. С учетом данного факта при разработке системы в качестве приоритетного формата хранения документов был выбран PDF.

К особенностям PDF относится тот факт, что документ в данном формате хранит содержимое как иерархию низкоуровневых графических элементов – текста, изображений, шрифтов и линий, каждый из которых находится на определенных координатах конкретной страницы. PDF-файл не содержит семантического разбиения, не апеллирует к понятиям «заголовок», «абзац», «раздел» и пр. Текст может быть представлен произвольными блоками, фрагментами строк и абзацев, из-за чего становится невозможным извлечь семантические блоки [3]. Эта особенность формата порождает основное ограничение в работе с документами: невозможность корректно извлекать семантические блоки документа стандартными средствами.

### **Стабильность, расширяемость, переносимость системы**

Чтобы преодолеть указанное ограничение, было решено использовать сторонний инструмент с открытым исходным кодом для разметки документов, основанный на архитектуре, включающей в себя: сверточную нейронную сеть, обученную на датасете DocLayNet, которая анализирует визуальное представление страницы и классифицирует фрагменты как заголовки, текст, таблицы, рисунки и т.д.; и классическую модель LightGBM (градиентный бустинг над деревьями решений), работающую поверх структурных признаков, извлекаемых из внутреннего представления PDF [4].

Такая двухуровневая система позволяет эффективно сегментировать документ на семантические блоки. Тем не менее, возможны ошибки классификации, пропуски, слияние блоков, поэтому в систему было дополнительно внедрено уточнение структуры документа с помощью библиотеки PyMuPDF [5], которая анализирует PDF более традиционным способом — без использования визуального представления документов как изображений, опираясь только на внутренние текстовые слои и координаты. Такое комбинированное решение обеспечило необходимую устойчивость системы к нестандартным частям структуры документов.

При разработке также учитывались требования к расширяемости системы, включая независимость проверок друг от друга, возможность изменения проверяемых шаблонов оформления, а также возможность настройки критериев проверки. Система была реализована в виде набора модулей, каждый из которых отвечает за одну проверку: например, соответствие темы ВКР приказу, правильность оформления содержания

документа. Это дает возможность не только гибко настраивать критерии, но и масштабировать систему под различные типы документов (курсовые работы, отчеты по практике, дипломы). В ближайших версиях планируется внедрение системы шаблонных конфигураций проверок для разных вузов и типов работ.

### Архитектура и состав системы

Разработанная система представляет собой клиент-серверное приложение с контейнерной структурой (см. рис. 1), использующее Python для проверки соответствия документов стандартам, JavaScript для клиентской части, Java с фреймворком Spring Boot [6] для серверной части и MongoDB [7] для хранения данных. В архитектуре системы можно выделить следующие основные блоки:

- 1) Клиент (JavaScript) — пользовательский интерфейс для загрузки документов и отображения отчетов об ошибках.
- 2) Сервер (Java, Spring Boot) — маршрутизация и управление проверками документов.
- 3) База данных (MongoDB) — хранение промежуточных данных.
- 4) Модуль анализа документов (Python, FastAPI) — проверка документа по критериям, формирование отчета в формате json и аннотированного PDF-файла.
- 5) Сервис семантической классификации — семантическое разбиение текста или изображений на блоки для дальнейшего анализа данных [4].

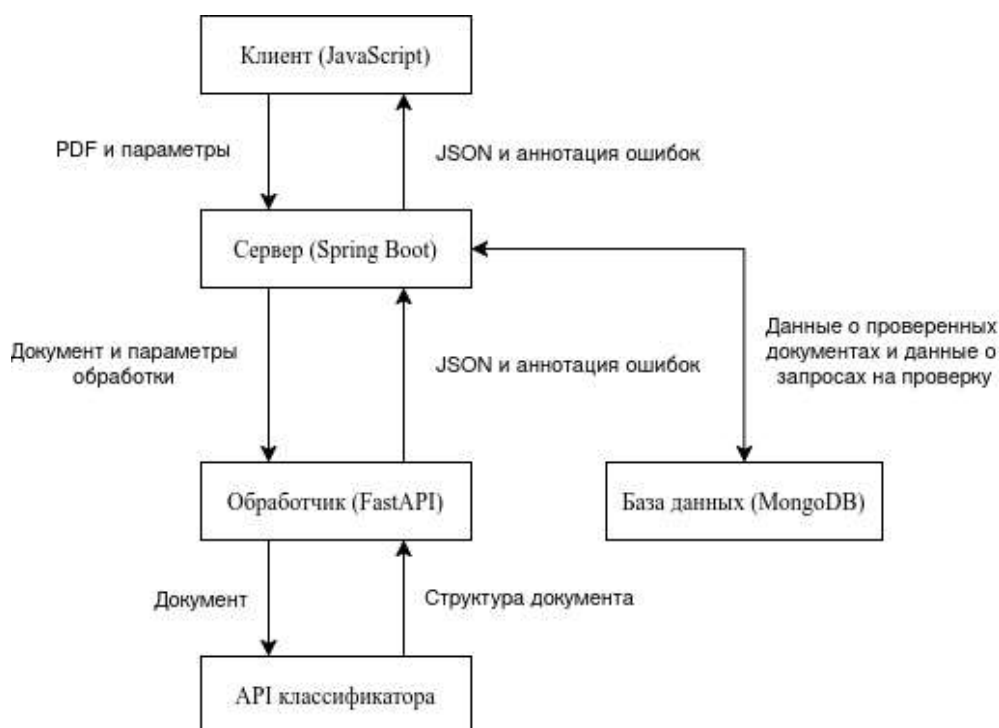


Рис. 1. Схема итоговой архитектуры проекта

Важным требованием к системе стало обеспечение простого ее развёртывания и портируемости. Для этого все компоненты системы (клиентская, серверная часть, модуль проверки) а также сторонние сервисы (MongoDB, система семантической разметки) контейнеризированы с помощью Docker [8]. Это позволяет развернуть веб-приложение на любой машине с поддержкой Docker, без необходимости ручной настройки зависимостей.

## Результаты

Система была протестирована на архиве ВКР кафедры вычислительной техники ЛЭТИ за 2020-2024 гг. В результате тестирования подтверждена способность системы выдавать подробный отчет со списком обнаруженных ошибок оформления и выявлять нарушения, такие как некорректные размеры полей, отступов, шрифтов и интервалов, неверное оформление заголовков, отсутствие обязательных разделов, несоответствие раздела содержания фактическому содержанию работы, ошибки в оформлении списка литературы, а также неверное оформление рисунков и таблиц, отсутствие подписей к ним и ссылок на них в тексте работы.

Проверка одной работы, содержащей 70 страниц, занимает в среднем от 10-ти до 15-ти минут, что в 2-3 раза быстрее, чем проверка оформления документа человеком и не требует его активного внимания. Система предназначена для автоматизации части процессов и используется как вспомогательный инструмент, не заменяющий квалифицированного специалиста.

## Заключение

Разработанная система показала убедительные результаты при автоматической проверке ВКР на предмет соответствия требованиям нормоконтроля. Комбинация методов компьютерного зрения, анализа текста и модульной клиент-серверной архитектуры позволяет адаптировать систему под широкий спектр задач.

Актуальная реализация системы рассматривается как основа для дальнейшего развития. В данном направлении планируется предпринять следующие действия: создать собственный модуль семантического разбиения документов для улучшения точности классификации данных; усилить безопасность клиентских данных с помощью шифрования и современных способов обеспечения безопасного хранения и передачи данных; реализовать систему аккаунтов; увеличить прозрачность дизайна пользовательского интерфейса; ускорить одновременный доступ к сервису для нескольких пользователей; дополнить систему модулем для обмена документами между преподавателями и студентами; реализовать систему заготовленных наборов проверок для разных видов документов.

## Список литературы:

1. Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ». Официальный сайт университета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://etu.ru> (Дата обращения: 08.05.2025).
2. ГОСТ 7.32–2017. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. – М.: Стандартинформ, 2017. – 32 с.
3. ISO 32000-2:2020. Document management – Portable document format – Part 2: PDF 2.0. – Geneva: International Organization for Standardization, 2020. – 986 p.
4. Huridocs. PDF Document Layout Analysis [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/huridocs/pdf-document-layout-analysis> (Дата обращения: 08.05.2025).
5. PyMuPDF. Документация по работе с библиотекой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pymupdf.readthedocs.io/en/latest/> (Дата обращения: 09.05.2025).
6. Pivotal Software, Inc. Spring Boot. Документация по разработке приложений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.spring.io/spring-framework/reference/index.html> (Дата обращения: 08.05.2025).
7. MongoDB. Официальная документация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mongodb.com/docs/> (Дата обращения: 09.05.2025).
8. Docker, Inc. Docker. Официальная документация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.docker.com/> (Дата обращения: 09.05.2025).

## АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛЁТНЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НАВИГАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

ЕЛИСЕЕВ Е. И., САЛАМАХИН А., МАСЛЕННИКОВА Е.А.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»*

**Аннотация.** Система ROS позволяет удобно управлять роботами. Для стабильной работы необходимо много дорогих и труднодоступных датчиков: INS, GPS. Мы предполагаем использовать полётные контроллеры в качестве недорогой замены системам локализации. Также их преимущество – это наличие открытого кода и приложений для получения обратной связи от беспилотника и выполнения перемещения по координатам.

**Ключевые слова:** ROS, Полётный контроллер, MAVROS, MAVlink, MAVProxy, Mission Planner, беспилотный транспорт, навигация по GPS.

### Введение

Для создания устойчивых робототехнических систем, решающих задачу автономного перемещения в окружающем мире, требуется множество дорогостоящих и часто труднодоступных датчиков, таких как инерциальные навигационные системы и высокоточные GPS приемники. В качестве альтернативы мы рассматриваем использование полётных контроллеров, которые не только являются более доступными, но и обладают открытым кодом, а также поддерживают приложения для обратной связи с беспилотником и выполнения перемещений по координатам.

### Основная идея

Полетные контроллеры (FC) производятся в большом количестве и массово используются, поэтому цена на данные устройства довольно низкая. При этом на FC присутствует необходимый минимум датчиков для реализации автономного движения. Таким образом, полетный контроллер можно использовать в прямом назначении в качестве недорогой инерциальной навигационной системы (INS) и как плату управления летающим объектом, а также можно внедрить в наземный транспорт.

Немаловажную роль играет аппаратная составляющая и большое количество программного обеспечения (ПО), поставляемого вместе с FC. Полетный контроллер «с коробки» умеет решать базовые задачи по навигации. Задача нашего исследования заключается в расширении базового функционала FC путём его интеграции в общую экосистему ROS.

### Из чего состоит полётный контроллер?

Полётный контроллер (далее FC) – это элемент системы управления беспилотным аппаратом, позволяющий осуществлять выполнение миссий в автономном режиме.

FC состоит из главного процессора, обычно STM32F405, платы питания и внутренних датчиков (акселерометр, компас, гироскоп, барометр). Такая компоновка позволяет получать достаточно данных для стабилизации движения.

В этом проекте используется полётный контроллер SpeedyBee F405 WING APP [1]. Он основан на мощном микроконтроллере STM32 F405 с тактовой частотой 168 МГц и 1 МБ флэш-памяти. Этот FC имеет множество входов для датчиков и выводов телеметрии. Также есть возможность установить SD карту для записи log files и возможность использовать внешние датчики, например, GPS&Compass от Ublox.

В качестве платформы использовался RC Rover. Была выбрана данная конструкция, так как она управляется по PWM. Рассматриваемая в данной статье система позволяет управлять любым транспортным средством с помощью ROS и позволяет иметь удобные и готовые графические решения задания миссий.

Также имеются уже готовые программы для планирования миссий, такие как QGroundControl и Mission Planner.

### **Mavros**

Mavros представляет собой пакет для ROS. Он позволяет получать и отправлять данные на FC по протоколу Mavlink. Благодаря MAVProxy можно посылать данные на FC с удалённого компьютера.

Преимущество обертки Mavros состоит в том, что она использует ROS стандарты разработки REP [5]. Например, плагин `local_position` публикует данные в систему преобразования систем координат TF согласно стандарту REP 105. Это значит, что данные с топиков этого плагина можно перенаправить в существующие пакеты, которые могут объединить данные локализации от FC с другими системами определения местоположения. Для этих же целей можно получать данные от GPS приемника и использовать для других целей. Топик `~/global_position/global` предоставляет информацию в сообщении формата `sensor_msgs/NavSatFix`, что также является общепринятым форматом представления GPS данных. Mavros позволяет управлять транспортным средством при помощи задания вектора движения в привычном для ROS формате `cmd_vel`.

Пакет MAVProxy [8] позволяет пересылать mavlink сообщения по локальной сети на несколько udp/tcp портов, а также получать и посылать данные FC с нескольких устройств или из нескольких программ.

### **Описание системы**

Используемая нами система состоит из нескольких блоков. Это FC с GPS, радиоуправляемая машинка, бортовой ПК и Ground Station (GC) (Рисунок 1, левая часть). Принцип работы выглядит следующим образом. FC обрабатывает GPS данные и управляет машиной. Onboard PC получает от FC данные о его состоянии и по tcp порту передаёт на GC. Оператор видит состояние транспортного средства на GC и отдаёт ему команды на перемещение. Данная схема может быть изменена для более сложного транспортного средства (Рисунок 1, правая часть). В таком случае FC обрабатывает маршрут и посылает команды движения на PC, который с помощью ROS управляет транспортом.

Объектом управления в данном проекте является радиоуправляемая машинка (Рисунок 2). Использование готового решения обусловлено простотой подключения и управления напрямую от FC. Сверху на машине в герметичном боксе были установлены FC, мини PC и его система питания, состоящая из аккумулятора и DC-DC преобразователя.

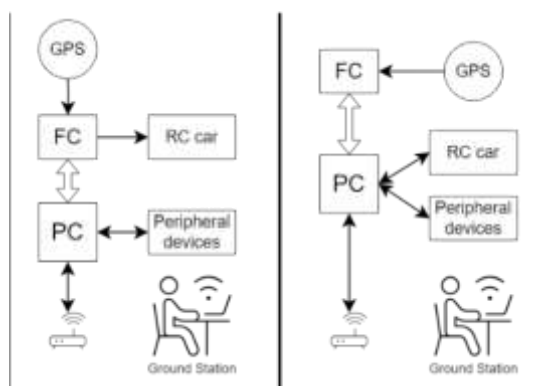


Рис. 1. Виды систем



Рис. 2 Фото машинки

## Испытания

В ходе первого испытания проверялось движение в заданную точку. Испытания проводились в программе QGC. Для того, чтобы начать движение, нужно нажать левой кнопкой мыши на нужную точку на карте и выбрать Go to Location. На скриншоте (Рисунок 3) красным выделена траектория движения машинки в нужную точку.



Рис. 3. Скриншот из QGC, показывающий траекторию

На графике (Рисунок 4) указаны значения PWM параметров Ground Steer and Trottle. На графике (Рисунок 5) показано изменение longitude. На обоих графиках по оси X расположено время в Unix формате. Движение начинается на числе 54 по оси x или в 12:25:54 по московскому времени и заканчивается на значении 76 или в 12:26:16. Видно, что траектория представляет собой синусоиду. Это также заметно по углу поворота колёс. Видно, что в зависимости от поворота колёс меняется и скорость. В данном опыте точка была достигнута не точно. Машинка проехала мимо на пару метров. Причина в том, что PID регулятор не настроен, а использован по умолчанию. Траектория это подтверждает.



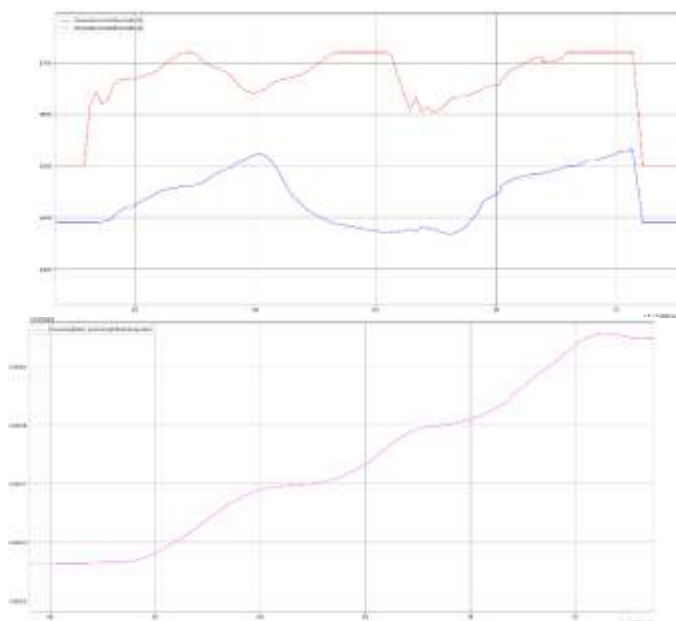


Рис. 4. Значения ШИМ от времени

Рис. 5. Значения координаты от времени

Во втором испытании было проведено повторное движение. На этот раз робот показал хороший результат и смог приехать точно.

По результатам тестирования было замечено, что компас имеет очень большую погрешность. Это сильно влияет на перемещение. Причина неточности может быть в низком качестве компаса или в браке самого FC. Также очень сильно влияют магнитные помехи и неоднородность магнитного поля.

Таким образом, после практических испытаний, можно утверждать, что Ardupilot позволяет удобно управлять транспортным средством, обеспечивает отслеживание его траектории, удалённое управление и построение миссий. Но для успешного и точного перемещения необходимы тщательные настройки: изменение коэффициентов PID регулятора, настройка кривых управления газом, использование модулей RTK для уточнения GPS, использование точного компаса.

### Заключение

В итоге работы была разработана система управления транспортными средствами с помощью FC. Данный метод позволяет упростить процесс разработки беспилотного автомобиля, удешевить его. FC позволяет «из коробки» навигировать транспортные средства. Также вместе с контроллером поставляются открытые программы для планирования миссий и настройки FC.

Интеграция Ardupilot в ROS позволяет обрабатывать информацию об окружающем мире и вносить поправки в движение. Это кардинально расширяет функционал робота. ROS позволяет управлять сложными транспортными средствами и адекватно реагировать на воздействия со стороны окружающего мира.

Таким образом, разработанная нами система управления наземными транспортными средствами является удобной в использовании и перспективной.

### Список литературы

1. SpeedyBeeF405WING/ Wing Mini, <https://ardupilot.org/plane/docs/common-speedybeef405wing.html> (date of application: 12.12.2024) - Text : electronic.

2. Open Source Robotics Foundation. Robot operating system documentation. – URL: <https://wiki.ros.org/> (date of application: 08.11.2024). – Text : electronic.
3. Open Source Robotics Foundation. ROS Introduction. – URL: <https://wiki.ros.org/ROS/Introduction> (date of application: 10.11.2024). – Text : electronic.
4. Open Source Robotics Foundation. ROS Concepts. – URL: <https://wiki.ros.org/ROS/Concepts> (date of application: 12.11.2024). – Text : electronic.
5. Open Source Robotics Foundation. ROS REP. – URL: <https://ros.org/reps/rep-0001.html> (date of application: 13.11.2024). – Text : electronic.
6. Open Source Robotics Foundation. NetworkSetup. – URL: <http://wiki.ros.org/ROS/NetworkSetup> (date of application: 20.11.2024). – Text : electronic.
7. Open Source Robotics Foundation. ROS image\_transport. – URL: [https://wiki.ros.org/image\\_transport](https://wiki.ros.org/image_transport) (date of application: 20.11.2024). – Text : electronic.
8. MAVProxy <https://ardupilot.org/mavproxy/> (date of application: 12.12.2024) - Text : electronic.

## РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОФОРАМИ

И.А. КНЯЗЕВ

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения*

**Аннотация.** В статье представлена интеллектуальная автоматизированная система управления светофорами, разработанная для борьбы с транспортными заторами в больших и средних городах. Система анализирует видеопотоки с использованием алгоритма YOLO для детекции транспорта и осуществляет адаптивное управление светофорными циклами. Описаны архитектура и принципы работы системы, включая обработку данных и координацию перекрестков. Приведены результаты моделирования, показывающие повышение пропускной способности до 15%. Система является привлекательным решением, особенно для больших и средних городов, способствуя созданию более эффективной и экологичной городской среды.

*Ключевые слова:* интеллектуальная система управления светофорами, адаптивное управление дорожным движением, компьютерное зрение, YOLO, детектирование транспортных средств, анализ видеопотоков, оптимизация транспортных потоков, "зеленая волна", транспортные заторы, городская инфраструктура.

### Введение

Современные мегаполисы сталкиваются с растущей проблемой транспортных заторов. Для ее решения необходимы инновационные подходы, такие как интеллектуальные автоматизированные системы управления (ИАСУ), способные адаптироваться к реальной дорожной обстановке. В европейских странах активно используются автоматизированные системы управления дорожным движением (АСУДД) на основе видеоданных для отслеживания ситуации и оптимизации потоков [1]. Современные технологии, как компьютерное зрение и ИИ, открывают возможности для создания адаптивных систем.

### Принципы создания интеллектуальных систем управления

Создание эффективной интеллектуальной системы управления, особенно в такой сложной и динамичной области, как городское дорожное движение, требует прочной теоретической базы. Прежде чем приступить к разработке программного и информационного обеспечения, необходимо сформулировать прикладную теорию



включает предварительный анализ качества изображения (яркость, контрастность, насыщенность) для адаптации алгоритмов или определения непригодности данных. Затем анализируется последовательность из 30 кадров (0,5 сек) моделью YOLO. Для каждой полосы движения вычисляется медианное количество обнаруженных транспортных средств для робастной оценки плотности потока. Время обработки кадра - около 40 мс, обеспечивая быстрый анализ.

- Сервер управления координирует работу системы. Получает данные о плотности потоков от сервера обработки и вычисляет оптимальные параметры светофорных циклов для каждого перекрестка, реализуя адаптивное управление, реагирующее на текущую ситуацию на дороге [3, 4]. При расчете приоритетов используются веса, зависящие от факторов, таких как количество транспортных средств на полосе, количество полос, направление поворота с каждой полосы, и другие параметры, чтобы более точно отразить значимость каждого направления. Приоритет отдается маршрутам с наибольшим взвешенным показателем плотности. Регулирование методом "зеленая волна" задается путем координации фаз на последовательных перекрестках. Задача декомпозируется на локальную и глобальную оптимизацию [5]. При невозможности получения данных с камер в течение 10 минут (сбой связи, погода), система переходит в резервный адаптивный режим, используя исторические данные (усредненные значения для аналогичного времени суток и дня недели за месяц), что обеспечивает требуемую непрерывность управления [2].

- Веб-сервис предоставляет интерфейс для взаимодействия. Операторы могут выполнять мониторинг загруженности, просматривать видеофрагменты (5 сек), отключать светофоры или переводить участки на статический режим. Администраторы управляют учетными записями и просматривают системные журналы.

Система включает логирование для надежности и анализа. Сервер обработки данных сохраняет результаты анализа видео, а сервер управления регистрирует действия пользователей. Все компоненты выполняют мониторинг своей работы и состояния.

### **Преимущества и недостатки системы**

Использование видеокамер в сочетании с алгоритмами компьютерного зрения на базе YOLO для управления дорожным движением обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с традиционными и альтернативными подходами:

- Экономическая эффективность: Стоимость внедрения и эксплуатации данной системы дешевле аналогов с физическими датчиками ввиду дешевизны оборудования и использования готовой инфраструктуры;
- Высокая точность распознавания: Современные алгоритмы компьютерного зрения обеспечивают высокую точность подсчета транспортных средств, местами превышающую точность распознавания физических датчиков;
- Долговечность и простота обслуживания: Камеры в отличие от лидаров менее подвержены износу и не требуют демонтажа при ремонте дороги, как индукционные петли;
- В сравнении с системой, использующей статические временные интервалы, пропускная способность участка увеличивается на 15% (Таблица 1), что уменьшает время простоя в пробках и, как следствие, уменьшение вредных выбросов [7].

### Результаты сравнения вариантов управления светофорами

Параметры сравнения	Варианты управления светофорами	
	Статические интервалы	Изменяемые интервалы
Количество машин, появившихся на участке за промежуток времени	955	937
Количество машин, проехавших данный участок за промежуток времени	726	858
Процентное отношение проехавших и появившихся на участке машин	76%	91%

Несмотря на преимущества, можно выделить следующие недостатки системы:

- Снижение точности при неблагоприятных погодных условиях: сильный дождь, снег, туман, засветка могут ухудшить качество изображения. Система пытается компенсировать это анализом качества изображения, но в экстремальных условиях возможен переход на резервный режим. Для решения этой проблемы можно использовать комбинацию различных типов датчиков (например, индукционные петли, радары) вместе с камерами, что значительно повышает надежность системы в любых условиях. Однако такой гибридный подход существенно увеличивает стоимость внедрения и обслуживания;
- Ограниченная применимость в сложных условиях: из-за зависимости от видимости и более высокой стоимости гибридных решений, предлагаемая система на основе только видеоанализа может быть особенно экономически целесообразной и эффективной для малых и средних городов (с населением примерно от 50 до 250 тысяч человек). В таких городах транспортные потоки, особенно в ночное время или в периоды плохой погоды, часто менее интенсивны, что снижает критичность временного снижения точности распознавания или перехода на резервный режим.

### Заключение

ИАСУ управления светофорами на основе анализа видеопотоков с YOLO является мощным инструментом для решения транспортных проблем. Использование адаптивного управления, которое учитывает реальную плотность потока, использует взвешенные приоритеты для направлений, повышает пропускную, позволяет снизить расход топлива, износ транспортного средства и экологическую нагрузку за счёт уменьшения времени ожидания.

Несмотря на зависимость от погодных условий, современные алгоритмы анализа изображения и наличие резервных режимов работы позволяют минимизировать их влияние. Хотя гибридные системы с несколькими типами датчиков более надежны, их высокая стоимость внедрения и эксплуатации делает предложенную систему на базе видеокamer привлекательной альтернативой, особенно для малых и средних городов, где баланс между затратами и эффективностью является ключевым фактором. Преимущества делают систему привлекательной для больших и средних городов. Таким образом, интеллектуальное управление потоками – необходимый шаг к более комфортным, безопасным и экологичным городам.

### Список литературы

1. Chen Y., Cassandras C.G. Scalable Adaptive Traffic Light Control Over a Traffic Network Including Turns, Transit Delays, and Blocking // arXiv. – 2024. – arXiv:2404.17479v1 [eess.SY]. – URL: <https://arxiv.org/abs/2404.17479> (дата обращения: 25.04.2025).
2. Охтилев М. Ю. Системы искусственного интеллекта и их применение в автоматизированных системах мониторинга состояния сложных организационно-технических объектов. – Санкт-Петербург : ГУАП, 2018. – 261 с. – ISBN 978-5-8088-1325-0.
3. Трофимов В. Б., Кулаков С. М. Интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими объектами. — Москва : Инфра-Инженерия, 2016. — 232 с.
4. Молжигитов, Ж. А. Пешеходный светофор с адаптивным управлением на основе нейронного компьютерного зрения / Ж. А. Молжигитов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2024. — № 50 (549). — С. 8-12. — URL: <https://moluch.ru/archive/549/120478/> (дата обращения: 24.04.2025).
5. Моисеенко Н. А., Алисултанова А. В., Баталов М.-Э. Х. Обзор адаптивных систем управления дорожным движением // Миллионщиков-2023 : материалы VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (Грозный, 30–31 мая 2023 г.). – Грозный : ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, 2023. – С. 105–110. – DOI: 10.26200/GSTOU.2023.99.97.017.
6. Шнайдер А.С. Детектирование объектов на изображениях на примере модели Yolo // Тр. молодых ученых АлтГУ. 2018. № 15. С. 358–361.
7. Андронов Р. В., Леверенц Е. Э. Применение статистического моделирования для оценки эффективности адаптивного регулирования и реконструкции пересечений улично-дорожной сети // Архитектура, строительство, транспорт. 2021. №3 (97). С. 40-49.

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЭКГ С ПОМОЩЬЮ ШЕЙДЕРОВ В СРЕДЕ РАЗРАБОТКИ UNITY 3D

КОРОЛЕВА П.А

*«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.  
Ульянова (Ленина)»*

**Аннотация.** В статье описывается разработанное решение, визуализирующее ЭКГ для обучения врачей с помощью шейдера. Был проведен сравнительный обзор существующих решений для обучения врачей ЭКГ, определены требования к решению: свободное решение, 3D визуализация всего сердца, возможность детальной настройки ЭКГ. В качестве исследования эффективности полученного решения в обучении, студентам медицинских вузов и практикующим специалистам было предложено протестировать приложение и поделиться обратной связью. Опрос показал, что шейдер корректно отображает сердцебиение и может быть полезен в обучении врачей.

*Ключевые слова:* шейдер, обучение врачей, визуализация ЭКГ.

### Введение

Электрокардиография (ЭКГ) является популярным методом диагностики, позволяя выявлять широкий спектр сердечно-сосудистых заболеваний. Важно совершенствовать методы обучения ЭКГ, предлагая студентам-медикам широкий выбор учебных материалов, делая их более наглядными и интерактивными.

Целью работы является разработка решения, визуализирующего ЭКГ для повышения эффективности обучения врачей.

### Обзор существующих аналогов

Поиск существующих решений для визуализации ЭКГ осуществлялся запросами: «ЭКГ визуализация сердца обучение», «ECG education visualization», «ECG education», «ECG education video» на ресурсе Google Scholar.

Выбраны следующие аналоги: EKGtolkning.com [1], Interactive teaching of medical 3D cardiac anatomy [2], EduECG [3], Educational Material for Taking High Quality ECG [4], Визуальная модель сердца для обучения студентов-медиков [5].

По итогу сравнения аналогов было обнаружено, что среди них нет свободного решения, предоставляющего 3D визуализацию всего сердца, с возможностью детальной настройки ЭКГ.

Настройка анимации возможна с помощью шейдерной технологии, где изображение вычисляется на каждом кадре, в данном случае – анимация может быть реализована за счет вычисления смещения вершины модели по введенным параметрам ЭКГ.

### Формула движения

Для анимации вершин модели сердца в соответствии с ЭКГ, была разработана математическая функция  $offset(x)$ :

$$offset = \max \left( (1 + z) \cdot \cos \left( \frac{2\pi}{T} x - c - t_b \right) - (1 - A + z), 0 \right)$$

где параметр  $z$  определяется следующим соотношением:

$$z = f_b \cdot (1 - q) + f_y \cdot q$$

где  $f_b$  и  $f_y$  – функции для задания длительности периода возрастания и убывания функции  $offset$  соответственно, а  $q$  – функция переключения между ними. Функции имеют вид:

$$q(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } ((x - c - t_b) \bmod T) > \frac{T}{2} \\ 1, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$f_b = \frac{\cos \left( t_b \cdot \frac{2\pi}{T} \right) - 1 + A}{1 - \cos \left( t_b \cdot \frac{2\pi}{T} \right)}$$

$$f_y = \frac{\cos \left( t_y \cdot \frac{2\pi}{T} \right) - 1 + A}{1 - \cos \left( t_y \cdot \frac{2\pi}{T} \right)}$$

Соответствие параметров функции  $offset(x)$  и параметров ЭКГ приведено в таблице 1.

Таблица 1

Соответствие параметров функции смещения и параметров ЭКГ

Параметр ЭКГ	Единицы измерения	Параметр функции	Пояснение параметра функции
Интервал P	Секунды	$t_{пв}$	Время возрастания функции $offset$ предсердий.
Сегмент P-S	Секунды	$t_{пу}$	Время убывания функции $offset$ предсердий.
Интервал QRS	Секунды	$t_{жв}$	Время возрастания функции $offset$ желудочков.
Интервал S-T	Секунды	$t_{жу}$	Время убывания функции $offset$ желудочков.
Интервал P-P	Секунды	$T$	Время между максимумами функции $offset$ . Общий параметр.
Зубец P	Милливольт	$A_{п}$	Максимум функции $offset$ предсердий.
Зубец R	Милливольт	$A_{ж}$	Максимум функции $offset$ желудочков.
Сегмент P-Q	Секунды	$c_{ж}$	Смещение по оси X функции $offset$ желудочков.

График двух функций смещения для желудочков и для предсердий, с параметрами, отвечающими нормальному сердцебиению:  $T=1\text{с}$ ,  $t_{\text{пв}} = 0.08\text{с}$ ,  $t_{\text{пу}} = 0.2\text{с}$ ,  $A_{\text{п}}=0.25\text{мВ}$ ,  $t_{\text{жв}} = 0.1\text{с}$ ,  $t_{\text{жу}} = 0.3\text{с}$ ,  $A_{\text{ж}}=1\text{мВ}$ ,  $c_{\text{ж}}=0.1\text{с}$  представлен на рисунке 1.

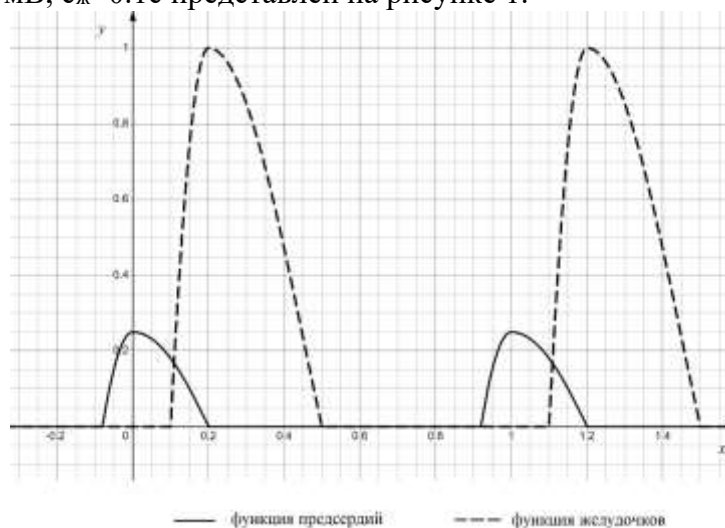


Рис. 1. График функции смещения предсердий и желудочков

### Реализация шейдера

Для анимации каждого отдела сердца создана текстура отделов сердца, на которой каждый отдел имеет одну ненулевую компоненту цвета (рис. 2).

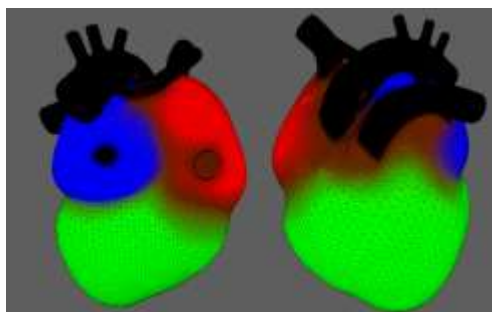


Рис. 2. Текстура отделов сердца

Анимация реализована с помощью смещения вершины модели вдоль нормали, смещение вычисляется умножением функции  $\text{offset}(x)$  и компоненты цвета. Результат анимации представлен на рисунке 3.



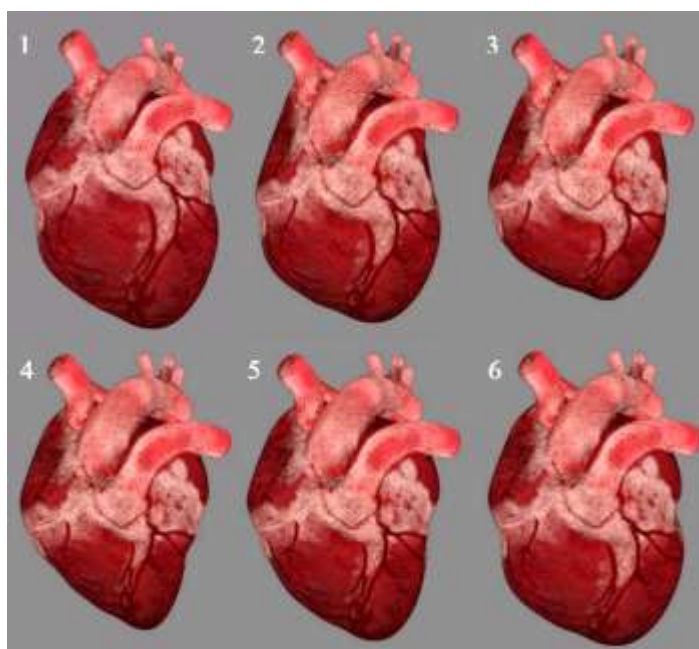


Рис. 3. Анимация сердцебиения

На рисунке 3 под номером 1 – сердце в состоянии покоя, 2 – сокращение предсердий, 3 – расслабление предсердий и начало сокращения желудочков, 4 – полное сокращение желудочков, 5-6 – расслабление желудочков.

Код размещен в github-репозитории автора:

[https://github.com/polinaKoroleva05/education\\_ECG\\_shader](https://github.com/polinaKoroleva05/education_ECG_shader)

### Исследование

Для исследования эффективности шейдера в обучении, было разработано приложение, предоставляющее интерфейс для настройки шейдера. В приложении есть возможность выбрать из заданных вариантов сердцебиения, настроить любой параметр ЭКГ отдельно и вращать модель сердца.

Приложение доступно онлайн по ссылке: <http://z910287k.beget.tech/>

Приложение было представлено для тестирования студентам медицинских вузов СибГМУ, СЗГМУ, ТвГМУ, ТГМУ, ВГМУ и СамГМУ старше 2 курса, уже изучившим ЭКГ, и практикующим специалистам: Петрушова Ю.В нефролог, стаж 15 лет; Золотарева Е.Н, врач-кардиолог, стаж 5 лет; Вышков Е.В. врач-кардиолог, стаж 38 лет, Василенок И.Р врач-кардиолог, стаж 5 лет.

91% от общего числа респондентов отметили, что визуализация сердцебиения важна при изучении ЭКГ, из них все респонденты ответили, что разработанный шейдер может быть полезен при обучении ЭКГ. 100% респондентов-специалистов сообщили, что визуализация сердцебиения соответствует действительности.

Таким образом, внедрение разработанного решения в образовательный процесс, может повысить эффективность обучения врачей ЭКГ.

### Выводы

В ходе работы была достигнута поставленная цель – разработано решение, визуализирующее ЭКГ для обучения врачей.

В статье проведен обзор существующих решений, визуализирующих ЭКГ для обучения врачей. Обзор позволил установить требования к разрабатываемому решению: свободное программное решение, визуализация полной 3D модели сердца, анимация сердечного ритма в формате движения миокарда, возможность пользователя задавать параметры ЭКГ.

Разработанное решение соответствует поставленным требованиям. Код шейдера размещен в github-репозитории и приложение доступно онлайн. Шейдер анимирует вершины полной 3D модели сердца на основании параметров ЭКГ.

Решение предоставлено для тестирования студентам медицинских ВУЗов и практикующим специалистам. По результатам обратной связи, разработанное решение может повысить эффективность обучения врачей при внедрении в образовательный процесс.

### Список литературы

1. Nilsson M., Bolinder G., Held C., Bo-Lennart Johansson, Fors U., Östergren J. Evaluation of a web-based ECG-interpretation programme for undergraduate medical students //BMC medical education. – 2008. – Т. 8. – С. 1-7.
2. Potyagaylo D. Peter M. van Dam, Kuniewicz, Dolega-Dolegowski D., Pregowska A., Atkinson A., Halina Dobrzynski H., Proniewska K. Interactive teaching of medical 3D cardiac anatomy: atrial anatomy enhanced by ECG and 3D visualization //Frontiers in Medicine. – 2024. – Т. 11. – С. 1422017.
3. Gładys K., Proniewska K., Potyagaylo D., Peter van Dam Teaching the Anatomical Three-Dimensional Relation of the ECG: EduECG.
4. Rajala N., Mahlamäki J. Educational Material for Taking High Quality ECG: educational video. – 2021.
5. Бодин О. Н., Кузьмин А. В., Митрошин А. Н. Разработка визуальной модели сердца для обучения студентов-медиков //Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2007. – №. 2. – С. 3-10.

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

КУЗНЕЦОВ Н.А.

*«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»*

**Аннотация.** В работе представлен анализ и разработка программного комплекса для мониторинга частотных преобразователей. Проведено сравнение существующих систем мониторинга по ключевым критериям: частота опроса данных, максимальное количество поддерживаемых устройств, количество отслеживаемых параметров и кроссплатформенность. Разработано решение на базе микросервисной архитектуры, включающее кроссплатформенное клиентское приложение, высокопроизводительные сервисы обработки временных рядов, а также архитектура баз данных для хранения временных рядов и метаданных. Предложенная система обеспечивает возможность высокочастотного опроса оборудования, расширенный набор отслеживаемых параметров и возможность визуализации. Комплекс поддерживает как облачное, так и локальное развертывание с учетом требований информационной безопасности предприятия.

*Ключевые слова:* мониторинг, частотный преобразователь, временной ряд

### Актуальность

В современном промышленном производстве частотные преобразователи играют важную роль. Существующие решения для мониторинга имеют ограничения при адаптации под конкретные производственные условия: недостаточная частота опроса данных для анализа формы сигнала, отсутствие возможности добавления специфических параметров

мониторинга. Зарубежные решения могут быть недоступны, а требования информационной безопасности предприятий часто не позволяют использовать облачные сервисы, требуя локального развертывания системы. Создание комплексной системы мониторинга направлено на получение детальной информации о состоянии оборудования для минимизации затрат на внеплановый ремонт критических компонентов.

### **Цель**

Разработка программного комплекса для мониторинга частотных преобразователей с возможностью высокочастотного опроса оборудования, расширенным набором отслеживаемых параметров и гибкими возможностями развертывания.

### **Методика проведения исследования**

1. Анализ существующих систем мониторинга частотных преобразователей (ABB Ability, Siemens MindSphere, EcoStruxure Machine Advisor, Plantweb Optics, Rockwell FactoryTalk).
2. Определение критериев сравнения систем: частота опроса данных, максимальное количество поддерживаемых устройств, количество отслеживаемых параметров, кроссплатформенность.
3. Разработка архитектуры программного комплекса на основе микросервисного подхода с использованием современных технологий:
  - Dart и Flutter для кроссплатформенного клиентского приложения
  - Go для высокопроизводительной обработки данных
  - Python с Flask для REST API и аналитических компонентов
  - MongoDB для хранения конфигураций и метаданных
  - InfluxDB для хранения временных рядов
4. Реализация компонентов системы:
  - Клиентское приложение на Flutter с чистой архитектурой
  - Сервер обработки клиентских запросов
  - Сервисы обработки высокочастотных и низкочастотных данных
  - Сервис уведомлений для оповещения о критических событиях
  - Сервис отчетов для формирования аналитической информации

### **Обзор аналогов**

Поиск аналогов производился по научным базам данных IEEE Xplore с использованием поисковых запросов: "industrial equipment monitoring system", "frequency converter monitoring", "industrial IoT monitoring platform". Дополнительно использовались коммерческие решения, найденные через Google Scholar по запросу "industrial monitoring solution". Отбирались системы, имеющие функциональность мониторинга промышленного оборудования с акцентом на преобразователи частоты.

Используя описанную методологию поиска, были отобраны пять наиболее релевантных систем мониторинг и сравнены по следующим критериям: : максимальная частота, с которой система может опрашивать устройства (в Гц), количество устройств, которые система может одновременно обслуживать в рамках одного кластера, Число основных параметров, которые система отслеживает для каждого устройства, доступность системы на различных платформах и операционных системах. Результаты сравнения представлены в таблице 1.

Таблица 1 (Результаты сравнения аналогов)

Система	Параметры сравнения			
	Частота опроса (Гц)	Макс. кол-во устройств	Кол-во параметров	Поддерживаемые платформы
ABB Ability	50	150	20	Web, Windows, Android, iOS
Siemens MindSphere	50	500	50	Web, Windows, Android, iOS
EcoStruxure	20	200	12-16	Web, Windows, Android, iOS
Plantweb Optics	10	300	10-14	Windows, web
Rockwell FactoryTalk	10	100	8-12	Windows, web

### Архитектура и основные компоненты системы

Для удобства создания, поддержки и развития системы поделена на сервисы которые связаны REST API. Далее рассмотрим основные сервисы, их описание и схему их взаимодействия (см. рис. 1).

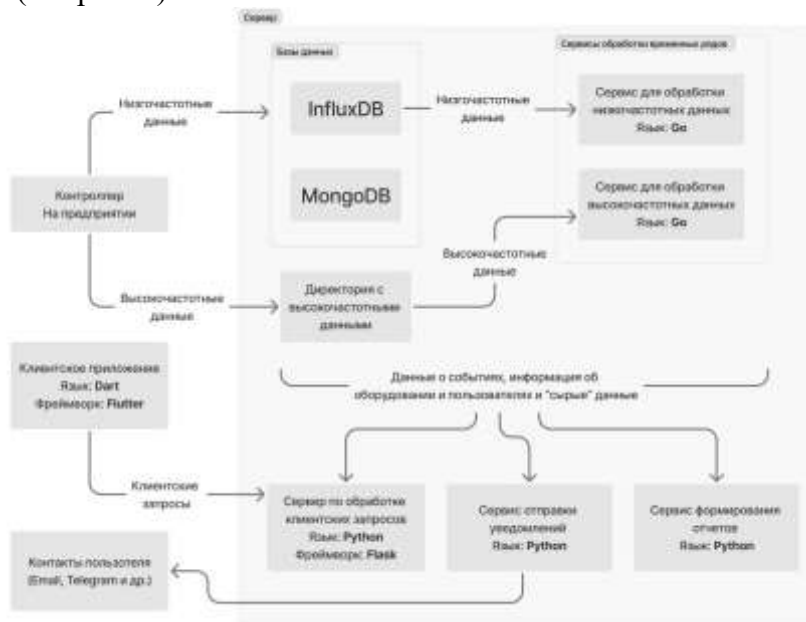


Рис. 1. Схема взаимодействия компонентов

Сервис обработки клиентских запросов — координирует взаимодействие с клиентской частью, обеспечивает аутентификацию/авторизацию и маршрутизацию запросов. Сервис обработки низкочастотных данных — непрерывно анализирует параметры оборудования, выявляет отклонения от пороговых значений и формирует события. Сервис обработки высокочастотных данных — применяет математические модели, диагностические правила

и нейросети для выявления аномалий в работе компонентов. Сервис уведомлений — формирует и доставляет сообщения пользователям через email и Telegram в соответствии с их настройками. Сервис отчетов — агрегирует данные и формирует периодические отчеты в PDF-формате, включая статистику работы оборудования. Клиентское приложение - визуализация и взаимодействие пользователя с системой.

### **Клиентское приложение**

Для удобства взаимодействия с системой разработано клиентское приложение, разделенное на функциональные модули:

Главная страница (см. рис. 2) — информационная панель с обзором состояния всего оборудования, отображающая ключевые параметры в реальном времени и предоставляющая возможность настройки пороговых значений.



*Рис. 2. Главная страница*

Страница графиков (см. рис. 3) — инструмент для визуализации как высокочастотных (до 300 кГц), так и низкочастотных данных с возможностью анализа формы сигнала, построения быстрого преобразования Фурье и мониторинга в реальном времени.



*Рис. 3. Страница графиков*

Страница событий (см. рис. 4) — система агрегации всех предупреждений и превышений пороговых значений с группировкой по времени и оборудованию, обеспечивающая быстрый доступ к детальной информации.

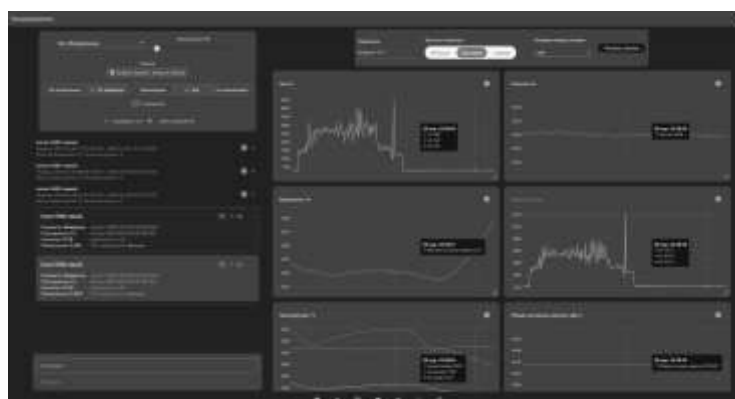


Рис. 4. Страница событий

Страница статистики (см. рис. 5 и рис. 6) — календарный интерфейс с итогами работы оборудования за выбранный период, включая статистику по параметрам (min, max, avg, медиана, процентили) и тепловую карту распределения работы по дням недели и часам.



Рис. 5. Страница статистики

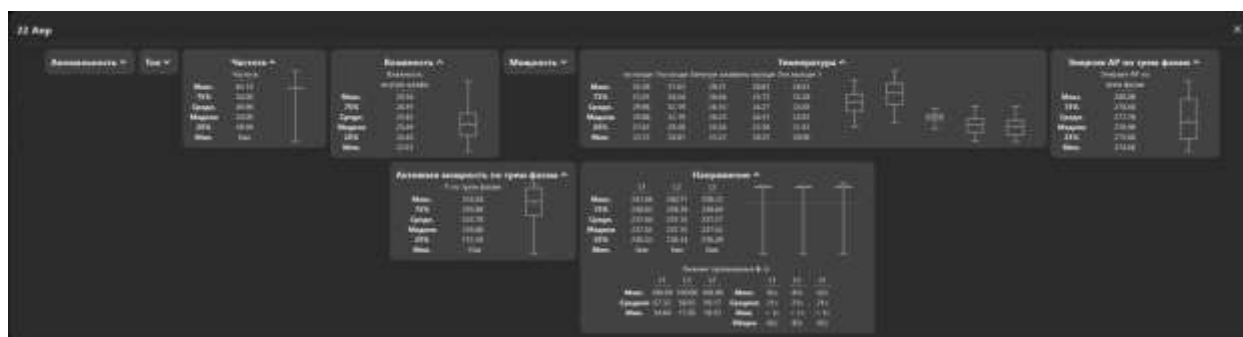


Рис. 6. Детальная статистика

Страница аналитики (см. рис. 7) — инструмент для покомпонентного мониторинга состояния частотного преобразователя с оценкой тенденций изменения и рекомендациями.



Рис. 7. Страница аналитики

Страница настроек (см. рис. 8) — персонализация системы с возможностью управления уведомлениями, экспорта/импорта настроек и управления кешированными данными.



Рис. 8. Страница настроек

## Развертывание

Система поддерживает локальное и облачное развертывание с простой установкой и настройкой. Компоненты системы работают в изолированных Docker-контейнерах под управлением Docker Compose. Вся конфигурация описана в `docker-compose.yml` и настраивается через переменные окружения в файле `.env`. Сетевое взаимодействие между контейнерами происходит в изолированной Docker-сети через NGINX reverse proxy с SSL-терминацией. Данные хранятся в Docker volumes для MongoDB, InfluxDB и конфигурационных файлов. Для развертывания системы достаточно настроить переменные окружения, подготовить SSL-сертификаты и выполнить `docker-compose up -d`. Такой подход обеспечивает простоту администрирования и масштабирования как для локальных, так и для облачных инсталляций.

## Тестирование на различных платформах

Для оценки результатов работы было выполнено тестирование скорости загрузки страниц с получением данных, возможность работы с необходимой частотой данных и доступность на основных платформах web, windows, linux, android и ios. Тестирование проводилось на сервере со следующими характеристиками: RAM 10gb DDR4 2400 МГц, CPU Intel(R) Xeon(R) Gold 2 ядра, OS Debian GNU/Linux 11 (bullseye). Использовались следующие клиентские устройства: Desktop (Windows 11 / Ubuntu 20.04) с CPU AMD Ryzen 5 5600X (6 ядер/12 потоков, 3.7-4.6 ГГц), RAM 16GB DDR4 3200 МГц, GPU NVIDIA RTX 3060 12GB, браузер Google Chrome 119; iPhone 14 с CPU Apple A15 Bionic (6 ядер), RAM 6GB LPDDR5, GPU 5-core Apple GPU, OS iOS 17; Google Pixel 9 с CPU Google Tensor G4, RAM 12GB LPDDR5X, GPU ARM Mali-G715, OS Android 15. В ходе тестирования были выполнены следующие сценарии использования с измерением времени (в мс) от нажатия кнопки перехода до полной загрузки страницы (см. Таблица 2):

1. Главная страница;
2. Низкочастотные графики по всем параметрам и оборудованию (10 единиц оборудования, 20 параметров, 1Гц, последние 24 часа - суммарно 17 миллионов точек);
3. Высокочастотные графики по всем параметрам и оборудованию (10 единиц оборудования, 9 параметров, 300кГц, 1 минута данных - суммарно 27 миллионов точек);
4. Получение одной страницы событий (100 событий);
5. Получение статистики за месяц для одной единицы оборудования.

Таблица 2 (Результаты тестирования)

Система	Тесты (время в мс.)				
	1	2	3	4	5
Windows	601	2695	1784	424	408
Linux	580	2250	1690	405	390
Web	690	3104	1911	473	440
android	710	3200	1950	485	455
ios	695	3153	1926	481	450

### Полученные результаты

В рамках данной работы было успешно разработано решение для мониторинга работы частотных преобразователей. Разработанное решение включает кроссплатформенное клиентское приложения, сервисы обработки временных рядов, сервер обработки клиентских запросов, что позволяет решать задачи мониторинга частотных преобразователей в промышленных условиях. Система обладает следующими преимуществами по сравнению с рассмотренными аналогами. Высокая частота опроса данных: Разработанное решение обеспечивает частоту опроса 300 кГц, что позволяет проводить точный анализ формы сигнала переменного тока частотой 50 Гц. Разработанная



система позволяет добавлять специфические параметры, необходимые для конкретного производства. Разработанное решение поддерживает как облачное, так и локальное развертывание, что позволяет учитывать требования информационной безопасности предприятий. Система включает модели машинного обучения для обнаружения аномалий. Это расширяет функциональность по сравнению с традиционными системами мониторинга.

### Список литературы

1. Pouliezios A. D., Stavrakakis G. S. Real time fault monitoring of industrial processes. – Springer Science & Business Media, 2013. – Т. 12
2. ABB. "ABB Ability™ Digital Powertrain Technical Guide." ABB Group, 2023.
3. Siemens. "MindSphere: The Industrial IoT as a Service Solution." Siemens Digital Industries Software, 2024
4. Schneider Electric. "EcoStruxure Architecture and Platform Strategy." Schneider Electric, 2023
5. Emerson. "Plantweb Optics Asset Performance Platform." Emerson Electric Co., 2024
6. Rockwell Automation. "FactoryTalk® Industrial Automation Software Suite." Rockwell Automation, Inc., 2024.

## РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ ПАРСЕРА ДЛЯ ЯЗЫКА СПЕЦИФИКАЦИИ LIBSL

ЛАРИОНОВ Н.М.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.  
Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** В статье описывается процесс проектирования и разработки библиотеки парсера для языка спецификации библиотек LibSL. Приводится краткое описание языка LiSL и рассматриваются существующие подходы к использованию языка спецификации. Обосновывается важность разработки библиотеки парсера на языке C++ и перечисляются необходимые инструменты, выбранные для этой задачи. Описываются процессы проектирования, разработки библиотеки при помощи генератора парсеров antlr4 и тестирования, после чего указывается, как библиотека может быть в дальнейшем модифицирована и в каких областях может использоваться.

*Ключевые слова:* Спецификация библиотек, Язык спецификации, Парсер грамматики, Генератор парсеров.

### Введение

Использование сторонних библиотек является неотъемлемой частью процесса разработки современных программных продуктов. Однако, сторонние разработчики зачастую делают исходный код библиотек закрытым из-за чего у пользователя библиотеки не всегда есть возможность ознакомиться со всеми нюансами работы библиотеки. Это может быть связано с ограниченными временными ресурсами, предоставляемыми сотрудникам на ознакомление с документацией, или же сопровождающая документация может описывать библиотеку не в полном объеме. В таких случаях, применение библиотек далеко не всегда положительно складывается на техническом качестве программного продукта.

Альтернативным подходом спецификации библиотек является применение языков спецификации. Одним из языков спецификации является язык спецификации библиотек LibSL [1]. LibSL позволяет описывать поведение библиотеки в виде системы взаимодействующих расширенных конечных автоматов. Описание поведения библиотеки при помощи языка спецификации должно являться менее ресурсоемкой задачей, чем составление полноценной текстовой спецификации. Помимо этого, полученная

спецификация библиотеки может быть использована в различных автоматизированных процессах, вроде поиска ошибок интеграции проекта с библиотекой [2] или автоматизированной миграции проекта с одной библиотеки на другую [3].

Для языка LibSL разработаны инструменты для его использования и интеграции в проекты. Для проверки грамматики файлов, содержащих спецификацию LibSL, разработаны парсер в формате библиотеки, написанный на языке Kotlin и плагин для Visual Studio, использующий данную библиотеку [4]. Однако для работы они требуют наличия JVM с подходящей версией, что может вызывать трудности при интеграции парсера с проектом, использующим другую версию JVM или и вовсе другой язык программирования. Для расширения доступности применения языка спецификации LibSL была поставлена задача разработать библиотеку парсера языка LibSL на языке C++.

### **Проектирование библиотеки парсера.**

В соответствии с поставленной задачей были сформированы требования, которые определяют дальнейшую структуру библиотеки и используемые для выполнения задачи инструменты. Так как работа направлена на расширение доступности языка LibSL, то основным требованием является универсальность библиотеки – использование библиотеки парсера должно минимально зависеть от особенностей применяемой операционной системы и среды разработки. Вторым требованием является простота использования библиотеки – расширение доступности языка LibSL должно обеспечиваться за счет упрощенного взаимодействия пользователя с библиотекой парсера. Завершающим требованием является удобство сопровождения библиотеки – структура библиотеки парсера должна быть составлена таким образом, чтобы пользователи имели возможность устранять возможные неточности библиотеки парсера и модифицировать ее с минимальными усилиями.

Исходя из определенных ранее принципов, был составлен следующий набор решений, используемый для реализации библиотеки. Компилятор был выбран из набора инструментов MinGW-w64, так как он поддерживает работу и на ОС Windows и на дистрибутивах ОС Linux. Кроме этого, MinGW-w64 имеет в своем составе линкер, среду выполнения и стандартные библиотеки. В качестве средства автоматизированной сборки было выбрано средство Ninja, которое также доступно и на ОС Windows и на ОС Linux. Для работы со сборочными файлами был выбран генератор сборочных файлов CMake, который предоставляет возможность гибкой настройки выполняемых сборочных процессов и имеет встроенную поддержку генерации сборочных файлов для Ninja, что позволяет значительно упростить сборку библиотеки парсера.

C++ позволяет реализовывать статические и динамические варианты библиотек. При использовании, статические библиотеки компилируются целиком вместе с использующей их программой, а динамические позволяют подгружать только вызываемые компоненты при их вызове. Однако, динамические библиотеки имеют особенности, связанные с структурой заголовочных файлов, поэтому было принято решение разработать первичный вариант библиотеки парсера в статическом экземпляре для использования на ОС Windows.

### **Разработка библиотеки парсера**

Язык спецификаций библиотек LibSL описан при помощи языка описания грамматик ANTLR. Таким образом, сформировать файлы, описывающие логику парсера языка LibSL

на языке C++ можно при помощи генератора парсеров ANTLR4, что значительно упрощает разработку библиотеки парсера. Полученный парсер языка LibSL состоит из двух компонентов – лексера и парсера. Лексер получает на вход поток данных на языке LibSL и преобразует его в поток лексических токенов. Парсер обрабатывает поток токенов, проверяет их на предмет совпадения с грамматикой и далее на их основе строит лексическое дерево.

Для работы такого парсера необходимы сторонние компоненты – библиотека, содержащая генератор парсеров и среда выполнения, необходимая для работы парсера. Для сборки готовой библиотеки парсера необходимо сгенерировать файлы с логикой парсера, собрать среду выполнения ANTLR4, скомпилировать главный класс библиотеки, который линкуется вместе со средой выполнения в единый исполняемый файл. Полученную структуру библиотеки можно рассмотреть на рисунке 1.



Рис. 1. Структура библиотеки

На рисунке изображена структура библиотеки, используемой тестовой программой executable. Файлы библиотеки расположены в папке libsl-parser, состоящей из папок generated, grammar, include и runtime. Файлы, сгенерированные на основе файлов грамматики языка LibSL, содержащихся в папке grammar, хранятся в папке generated. Они генерируются при помощи библиотеки генератора парсера ANTLR, содержащейся в папке libs. Классы LibSLLexer и LibSLParser обеспечивают работу лексера и парсера

соответственно. Главный класс LibSL.cpp позволяет использовать методы из сгенерированных файлов. Файлы среды выполнения содержатся в папке runtime. Во время сборки библиотеки парсера, главный класс библиотеки парсера и сгенерированные файлы парсера линкуются вместе со средой выполнения runtime в единый исполняемый файл, подключаемый и используемый в тестовой программе. Тестовая программа может решать различные задачи, например проверять файлы спецификации на языке LibSL из папки examples на предмет их соответствия грамматике языка спецификации.

### **Вывод**

В ходе работы была разработана статическая библиотека парсера языка спецификации LibSL на языке C++ для использования на ОС Windows. Библиотека парсера позволяет пользователю работать со спецификацией на языке LibSL, обеспечивая проверку соответствия спецификации грамматике LibSL. Библиотека парсера может быть в дальнейшем доработана доступными средствами для использования на дистрибутивах ОС Linux. В случае необходимости, может быть разработан также динамический вариант библиотеки. Разработанная библиотека парсера может быть в будущем использована в различных проектах, например для проверки файлов спецификации, используемых для автоматизированной миграции приложения с одной библиотеки на другую.

### **Список литературы**

1. Ицыксон В. М. LibSL-язык спецификации компонентов программного обеспечения // Программная инженерия. – 2018. – Т. 9. – №. 5. – С. 209.
2. Feofilaktov V., Itsykson V. SPIDER: Specification-Based Integration Defect Revealer // International Conference on Software Testing, Machine Learning and Complex Process Analysis. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2021. – С. 107-119.
3. Alekseyuk A. O., Itsykson V. M. Semantics-driven migration of Java programs: a practical application // Automatic Control and Computer Sciences. – 2018. – Т. 52. – С. 581-588.
4. Мартюшев В.Д. Плагин для VSCode для языка спецификации библиотек LibSL. – URL: <https://nnov.hse.ru/ba/se/students/diplomas/925717980> (Дата обращения: 18.03.2025)

## **АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АНАЛИЗА ИМПЕДАНСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА**

Си ЧЖЭНЬЧАО, КОНСТАНТИНОВ К.В.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** В статье представлены методы анализа импедансных характеристик литий-ионных аккумуляторов для мониторинга их старения и оценки состояния здоровья (SOH). Рассматриваются алгоритмы расчёта импеданса на основе мгновенных откликов и применение автокорреляционной функции для фильтрации шумов. Также описана программная реализация преобразования импедансных данных и их анализ с помощью методов распознавания в изображениях.

**Ключевые слова:** литий-ионные аккумуляторы, SOH, обработка сигналов, распознавание изображений, импедансные характеристики.

С учётом интенсивного развития систем накопления энергии и роста интереса к возобновляемым источникам, литий-ионные аккумуляторы приобретают всё более

широкое распространение благодаря высокой энергетической плотности и ресурсоэффективности[1][2]. Однако деградиционные процессы, возникающие в ходе длительной эксплуатации, оказывают значительное влияние на надёжность и безопасность энергосистем[3]. В связи с этим возрастает актуальность разработки методов оперативной и достоверной оценки состояния аккумуляторов.

Целью настоящего исследования является формирование методического и программного подхода к диагностике состояния здоровья (State of Health, SOH) литий-ионных аккумуляторов на основе анализа их внутреннего сопротивления.

В исследовании использовались методы теоретического анализа, экспериментальных измерений, математического моделирования, визуализации данных и алгоритмической обработки изображений.

Полученные результаты демонстрируют практическую применимость разработанной методики в задачах повышения надёжности и интеллектуализации систем управления аккумуляторными батареями.

### 1. Система измерения импеданса

При работе аккумуляторной батареи с любым инвертором происходит модуляция напряжения инвертора с частотой кратной ШИМ. (см. рис. 1)

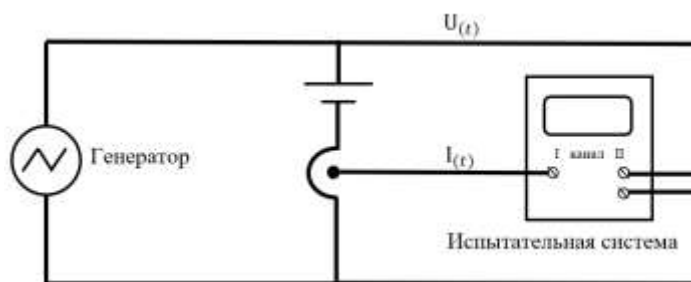


Рис. 1. Система измерения импеданса литий-ионной батареи

Система измерения используется для сбора данных о напряжении и токе, с высокой точностью фиксируя динамику их изменений в процессе старения аккумулятора, представленных в виде массива данных:

$$w = \begin{pmatrix} U_{(t1)} ; I_{(t1)} \\ U_{(t2)} ; I_{(t2)} \\ \dots \\ U_{(ti)} ; I_{(ti)} \end{pmatrix} \quad (1)$$

### 2. Расчёт импеданса батареи на основе мгновенного отклика напряжения

Импеданс определяется на основе мгновенного отклика напряжения и тока, отражающего реакцию батареи на внешнее воздействие:

$$Z_{(ti)} = U_{(ti)} / I_{(ti)} \quad (2)$$

В котором  $Z_{(ti)}$  — импеданс исследуемой батареи,  $U_{(ti)}$  — мгновенное отклика напряжения исследуемой батареи,  $I_{(ti)}$  — мгновенный отклик тока исследуемой батареи.

Для корректного анализа параметров импеданса необходимо предварительное выявление структуры циклов изменения сигнала. В связи с этим было разработано программное обеспечение, обеспечивающее автоматическое распознавание отдельных циклов и их объединение в усреднённый эталонный цикл. Для реализации этой задачи в программный модуль интегрирован алгоритм автокорреляционной функции (формула 3),

позволяющий определить повторяющиеся участки сигнала и выделить устойчивую цикличность. Формула автокорреляционной функции имеет вид:

$$ACF(k) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^{T-k} (Z_t - \bar{Z})(Z_{t+k} - \bar{Z}) \quad (3)$$

где:  $ACF(k)$ —значение автокорреляции при лаге  $k$ ;  $T$  — общее число отсчётов сигнала;  $Z_t$  — значение сигнала в момент времени  $t$ ;  $Z_{t+k}$  — значение сигнала с лагом  $k$ ;  $\bar{Z}$  — среднее значение сигнала за весь период наблюдения.

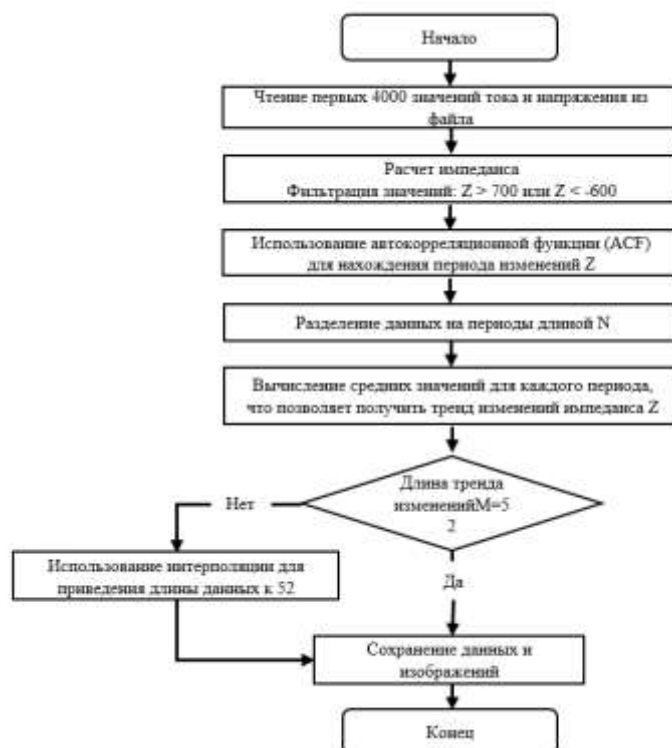


Рис. 2. Архитектура ПО для анализа импеданса

После обработки экспериментальных данных с использованием данного программного обеспечения, результаты следующие:

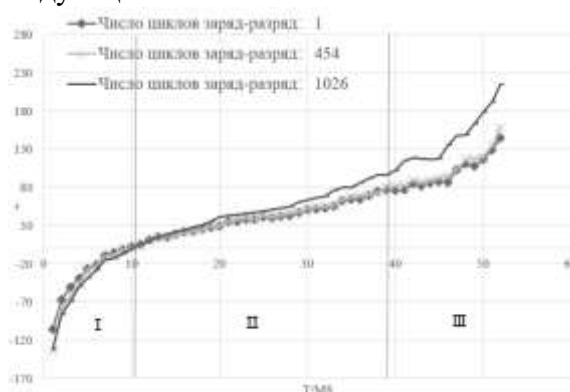


Рис. 3. Результаты распознавания периодичности изменения импеданса

### 3. Распознавание изображений импеданса литий-ионных батарей

Оценка сходства изображений осуществляется с использованием метрики расстояния Хаусдорфа, позволяющей количественно сравнивать границы импедансных кривых:

$$I_f = G_\sigma * I \quad (4)$$

Где,  $I_f$  –изображение после фильтрации,  $G_\sigma$  –гауссовое ядро,  $*$  – операция свертки,  $I$  –исходное изображение.

Для оценки градиента изображения используется формула:

$$G = \sqrt{(I_x)^2 + (I_y)^2} \quad (5)$$

Где,  $G$  –величина градиента,  $I_x$  и  $I_y$  – градиенты изображения по осям  $x$  и  $y$ .

Для оценки сходства между различными изображениями применяется метрика на основе расстояния Хаусдорфа (Hausdorff distance). Алгоритм вычисляет наибольшее из минимальных расстояний между пикселями границ изображений, предоставляя количественный критерий оценки степени их сходства. Формула выражается следующим образом:

$$dH(A, B) = \max \left( \max_{a \in A} \min_{b \in B} \|a - b\|, \max_{b \in B} \min_{a \in A} \|b - a\| \right) \quad (6)$$

Где,  $A$  и  $B$  — множества пикселей на краях изображений,  $\|a - b\| = \sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2}$ , евклидово расстояние между двумя пикселями.

Основная архитектура программы представлена ниже:



Рис. 4. Архитектура программного обеспечения для распознавания различий изображений

Как описано выше, изменяющиеся кривые импеданса в ходе эксперимента разделены на три части:  $Z \leq 0$ ,  $0 < Z < 100$ ,  $Z > 100$  (см. рис. 3). С помощью предлагаемого программного обеспечения проводится поэтапное и общее сравнение кривых изменения импеданса для различных SOH, результаты приведены ниже:

Таблица 1

#### Результаты сравнения кривых изменения импеданса

число циклов заряд-разряд	Степень различия			
	Первая часть (I)	Вторая часть (II)	Третья часть (III)	Общие
1	0	0	0	0

145	55	20	69	38
261	80	33	104	38
454	90	28	102	50
590	90	24	84	48
793	91	53	144	102
929	90	69	179	106
1026	100	69	194	119

Результаты распознавания импедансных кривых демонстрируют положительную корреляцию со степенью старения аккумулятора, что подтверждает эффективность разработанного программного обеспечения в оценке SOH. Проведённый анализ и реализованные алгоритмы позволяют повысить точность диагностики и надёжность эксплуатации литий-ионных аккумуляторов.

#### Список литературы :

1. J. Vetter, P. Novák, M.R. Wagner, C. Veit, K.-C. Möller, J.O. Besenhard, M. Winter, M. Wohlfahrt-Mehrens, C. Vogler, A. Hammouche, Ageing mechanisms in lithium-ion batteries, Journal of Power Sources, Volume 147, Issues 1–2, 2005, Pages 269-281, ISSN 0378-7753, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2005.01.006>.
2. Guo, J.; Li, Y.; Pedersen, K.; Stroe, D.-I. Lithium-Ion Battery Operation, Degradation, and Aging Mechanism in Electric Vehicles: An Overview. Energies 2021, 14, 5220. <https://doi.org/10.3390/en14175220>
3. HU Xiaosong, XU Le, LIN Xianke. Battery lifetime prog-nostics [J]. Joule, 2020, 4 (2) : 310-346. doi:10.1016/j.joule.2019.11.018.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ И КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ АВТОНОМНОГО РОБОТА

Слѐзкин Д.А., Польчастый И.А.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** В данной работе производится обучение модели на платформе EdgeImpulse с последующим анализом её возможностей на микроконтроллере ESP-32S. Проверяется скорость работы данного решения и точность обнаружения объекта интереса в зависимости от объёма обучающей выборки. Приводится алгоритм обучения модели, методы анализа её характеристик и один из способов внедрения в микроконтроллер.

*Ключевые слова:* машинное обучение, автономные системы, компьютерное зрение, интеллектуальные системы, микроконтроллеры.

#### Введение

В современном мире всё большую популярность приобретают нейросети и модели на их основе. Совсем недавно появилась возможность уместить небольшую модель ML даже в микроконтроллеры, такие как Arduino, STM32 и ESP32. Область машинного обучения, объединяющую облегченные и оптимизированные варианты машинного обучения, а также методы разработки, подходы в обучении и анализе обученной модели, назвали TinyML (Tiny Machine Learning) – дословно, «крохотное машинное обучение».



Использование микроконтроллеров для получения встраиваемых интеллектуальных систем – гигантский рывок вперёд в области машинного обучения. С получением инструментария для обучения лёгких моделей, появится возможность создавать программные комплексы, работающие обособленно от серверов, а потом – и полностью офлайн решения для систем «умного дома». Больше не будет никаких проблем с конфиденциальностью, а такое понятие как «утечка данных» вскоре уйдёт в историю. Энергопотребление таких автономных систем в разы меньше, что позволяет их использовать в переносных устройствах или в стационарных, но расположенных труднодоступных местах.

Согласно прогнозу ABI Research, глобальные закупки устройств с TinyML к 2030 году достигнут порядка 2,5 миллиардов единиц (в 164 раза больше, чем в 2020 году), а потому системы IoT (Internet of Things – Интернет вещей) окажутся доступными за счет массового производства.

### **Оборудование**

Модель будет разрабатываться для двухъядерного микроконтроллера ESP-32S, который оснащён камерой OV2640 и слотом для SD-MMC карты памяти, распаянными на плате. Вся конструкция вместе является готовым одноплатным модулем ESP-32 AI THINKER (рис. 1). На ней также уже распаяна схема фильтрации питания и защиты от перенапряжения. Для данного модуля также имеется удобный шилд с контроллером CH340, который и будет использован для загрузки прошивки в модуль.



*Рис. 1. Микроконтроллер ESP-32S, распаянный на плате модуля ESP32 AI THINKER*

### **Создание проекта в EdgeImpulse**

Обучение модели будет происходить в облачном сервисе EdgeImpulse, позволяющим практически без знаний в области обучения ИИ собрать свой первый датасет и обучить модель распознаванию лиц, голоса или определённых закономерностей в числовых данных (т.е. туда можно загружать еще и массив данных, например, с гироскопа или барометра, и при помощи машинного обучения находить объекты интереса или аномалии в данных).

Для сбора данных для обучения можно воспользоваться ПК или смартфоном, отсканировав QR код во всплывающем окошке при нажатии на «Connect a device». Именно здесь будет проведено 70-80% времени, отведенного на всю работу.

В процессе создания датасета для персонажа Ехидны стало любопытно посмотреть как модель в будущем справится с различением внешне похожих образов, и потому были

добавлены еще 2 класса – персонажи, похожие на объект интереса (Ехидну). Так в сумме получился датасет из 742 фото, 3 класса – ECHIDNA, NAGUMO и BELL (рис. 2). Количество данных по классу «ECHIDNA» значительно больше, чем по остальным, что позволит также сделать вывод о влиянии размера датасета на результат обучения.



Рис. 2. Классы объектов интереса: слева – NAGUMO, по центру – ECHIDNA, справа – BELL

Теперь вкладка Impulse Design → Create Impulse. Здесь нужно настроить систему того, как будет проходить обучение. Можно изменять размер поступающего изображения, способ изменения его размера (для случая, если исходное изображение с камеры не соответствует заданным размерам), и модели для анализа изображений.

В Impulse Design выбираем оттенки серого, и в подразделе Generate Features нужно нажать одноимённую кнопку. В ходе недолгой работы отладчика датасет для тренировки классификатора визуализируется в виде групп точек (рис. 3). Эти точки на плоскости обозначают отдельные фотографии из датасета, в зависимости от класса, которые мы им присваивали. Чем ближе точки друг к другу, тем больше они похожи. Например, многократные фотографии одного и того же рисунка под немного разными углами отображаются как кучности точек в одном месте.

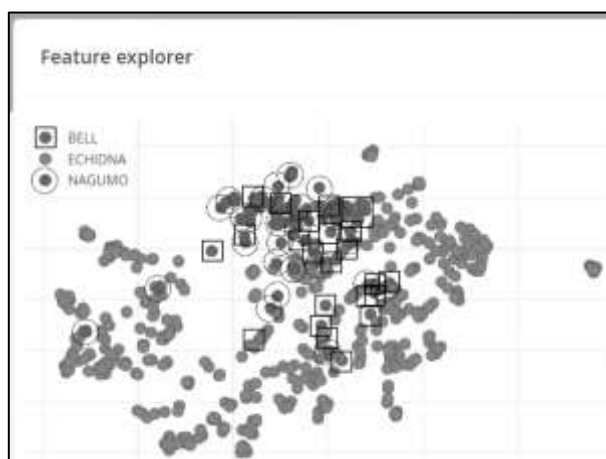


Рис. 3. Внешний вид окна Feature explorer

Следующая вкладка: Impulse design → Object detection. В выпадающем списке моделей нужно выбрать FOMO – любой версии, поскольку только данная модель, и может уместиться в скромную память ESP-32S. Кнопка Save and Train сохраняет настройки и

запускает процесс обучения. По окончании обучения появится окно итогов и рассчитанных метрик качества обнаружения.



Рис. 4. Результаты обучения модели, таблица истинности и метрики качества

В этом же окне находится таблица перепутываний, т.е. проверки работы обученной модели на тестовом датасете. Названия столбцов в таблице – предсказанный моделью класс, названия строк – что было подано на вход на самом деле.

Как видно, некоторые проблемы имеются у класса NAGUMO (90% - вероятность, с которой модель верно обнаружит объект интереса при вводе изображения из тестового датасета) – из-за малого размера обучающей выборки, и чуть меньшие – у класса BELL (у него больше выборка). В целом 95,7% F1 метрики это отличный результат.

Для прошивки микроконтроллера нужно задать в target device устройство ESP32 EYE, выбрать платформу Arduino IDE, для которой будет собран архив с библиотекой, хранящей квантованную модель, а после подключения библиотеки, прошивки микроконтроллера и открытия COM-порта можно испытывать модель «в железе».



Рис. 5. Пример распознавания изображения камерой: слева – изображение, на которое ESP32 направлена, справа – COM-порт с отладочной информацией

**Выводы**

Программа позволяет не только обнаружить объект интереса на изображении, но и создать вокруг него рамку. Разрешение, которым орудует камера, крошечное: 96x96 пикселей, но несмотря на это, обнаружение объектов интереса действительно работает.

Похожие на класс ECHIDNA классы NAGUMO и BELL обнаруживаются сетью с завидной регулярностью, но и классифицируются также не всегда верно. Скорость работы

ESP32 с обученной моделью составляет порядка 700 миллисекунд на кадр, что долго но лишь потому что программа использует лишь одно ядро из двух, и при желании можно добиться частоты около 3-5 Гц. Для сравнения: при загрузке данной модели в смартфон, период обнаружения снижается до невероятных 3-5 мс.

Для пространственного позиционирования при помощи машинного зрения задача состоит также в обнаружении объекта интереса, но информация о положении этого объекта нам заранее известна. Используя координаты углов рамки, которыми модель во время работы выделяет объект интереса (эти данные выводятся в консоль), можно добиться точного позиционирования. Например, на некоторых фестивалях дронов для позиционирования в «рое» может использоваться машинное зрение, и таким образом производить отслеживание положения других дронов, позиции которых уже предопределены. На основании данных о положении других машин производится вычисление собственной позиции, которое уточняется по бортовым датчикам: гироскопу-акселерометру и барометру (иногда и по компасу). Далее вычисляется ошибка позиционирования по датчикам и модели визуального контроля, производится фильтрация данных и при превышении ошибки над заранее заданным порогом формируются сигналы для двигателей. Таким образом, можно управлять большим числом машин, не имея непосредственного контроля над каждой из них.

### Список литературы

1. Статья на Яндекс.Дзен [Электронный ресурс] – URL: [https://zen.yandex.ru/a/Z7g7sZJsZxX6w\\_Fn](https://zen.yandex.ru/a/Z7g7sZJsZxX6w_Fn)
2. Статья об интеграции EdgeImpulse на ESP32 [Электронный ресурс] – URL: <https://dronebotworkshop.com/esp32-object-detect/>
3. «Что такое TinyML и что в нём такого важного?» [Электронный ресурс] – URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/540276/>

## РЕАЛИЗАЦИЯ АДАПТИВНОГО ПИТЧ-ШИФТИНГА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Е.Д.ФАБРИЧЕВА, А.М.ТРОИЦКАЯ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** Питч-шифтинг является востребованным инструментом в области обработки звука. В работе рассматривается реализация питч-шифтинга на основе алгоритмов OLA (Overlap-Add) и WSOLA (Waveform Similarity Overlap-Add). Показаны их математические основы, различия в обработке сигнала и особенности реализации в режиме реального времени. OLA, за счет примитивности, приводит к появлению артефактов (тремоло, усиление шумов), тогда как WSOLA обеспечивает более естественное звучание за счёт выбора схожих участков сигнала.

*Ключевые слова:* Питч-шифтинг, OLA, WSOLA, STFT

### Введение

Питч-шифтинг представляет собой эффект изменения высоты основных тонов звука, то есть преобразования частотных характеристик сигнала без изменения его временной структуры.

Технология питч-шифтинга зародилась в 1950-х годах с появлением устройств, менявших высоту тона путем регулировки скорости воспроизведения. С тех пор алгоритмы эволюционировали от аналоговых решений и примитивных временных манипуляций до алгоритмов, сохраняющих натуральность звучания.

Питч-шифтинг является довольно популярным инструментом в современной музыкальной индустрии, используемым для сведения дорожек или создания особого звучания композиций. Он поддерживается большинством существующих программ обработки звука, таких как «Ableton Live», «FL Studio», «Auto-Tune» и других.

Алгоритмы питч-шифтинга можно разделить на три основных группы:

- Методы, действующие в частотной области (STFT-методы с модификацией фазы) [2, 4]
- Методы, действующие во временной области (сэмплирование и гранулярный синтез) [1, 3]
- Гибридные методы (комбинация нейросетей с традиционными алгоритмами) [6]

За последние 10 лет алгоритмы изменения тона звука перешли от классических методов (фазовый вокодер [4], PSOLA [3, 5]) к нейросетевым подходам, что позволило добиться более естественного звучания с минимумом артефактов.

Перспективными направлениями развития алгоритмов питч-шифтинга является подавление «фазовых искажений», борьба с появлением искусственного «цифрового» звука, а также оптимизации алгоритмов для применения в реальном времени.

### Алгоритмы питч-шифтинга

Алгоритмы питч-шифтинга, действующие во временной области, основаны на комбинации таймскейлинга и передискретизации. Таймскейлинг изменяет временную эволюцию сигнала (ускоряет или замедляет его), не затрагивая частотные характеристики, после чего передискретизация восстанавливает исходную длительность сигнала.

Степень и направление модификации определяются коэффициентом  $k > 0$ : при  $k < 1$  происходит понижение тона, а при  $k > 1$  – повышение. Далее для достижения нужного эффекта применяется интерполяция: в зависимости от значения  $k$  либо добавляются новые промежуточные точки (при растяжении), либо выбирается подмножество исходных данных с последующей аппроксимацией (при сжатии), что позволяет сохранить первоначальную длительность сигнала после обработки.

OLA – простейший алгоритм временной модификации сигнала: входной (область анализа) и выходной (область синтеза) сигналы разбиваются на кадры со следующими координатами соответственно:

$$\frac{win\_size - H_a}{k} \cdot i; (win\_size - H_a) \cdot i$$

Где  $win\_size$  – размер оконной функции (отсчеты),  $H_a$  – расстояние между центрами кадров во входном сигнале,  $k$  – коэффициент модификации тона,  $i$  – номер кадра.

После чего кадры входного сигнала умножаются на оконную функцию и помещаются в выходной сигнал с наложением друг на друга в 50%, как представлено на рисунке 1.

За счет того, что модификация тона осуществляется фиксированным смещением сэмплов исходного сигнала, почти всегда возникают явные артефакты.

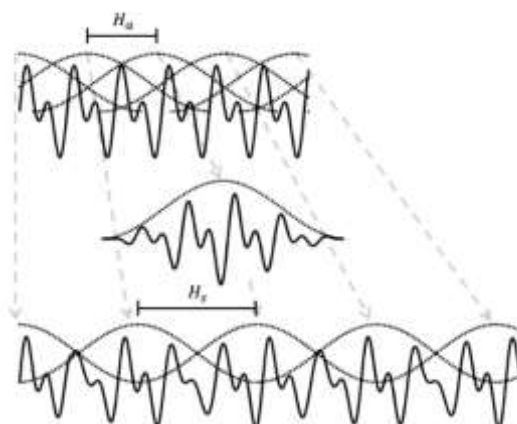


Рис. 1. OLA

WSOLA (Waveform Similarity Overlap-Add-)

Данный метод является модификацией OLA.

Отличия алгоритмов заключаются только в способе выбора кадров для формирования итогового сигнала. Во WSOLA подбираются кадры по принципу наиболее похожих участков, применяя кросс-корреляцию.

В контексте данного алгоритма будем говорить об отрезках входного сигнала, изображенных на рисунке 2.

Так же, как и для OLA изначально имеем «координаты» кадров во входном и выходном сигналах, вычисленные по тем же формулам. После чего находится смещение  $\Delta$  по следующей формуле:

$$\Delta = \arg \max_{l \in \Theta} \left( \sum_{n=0}^{N-1} w(n) \cdot x(n + \Omega) \cdot w(n) \cdot x(n + l) \right)$$

Где  $\Delta$  – оптимальное смещение (в отсчётах) внутри диапазона поиска  $\Theta$ , обеспечивающее наилучшее совпадение с эталонным окном.  $\Omega$  – позиция эталонного окна (фиксированное смещение от текущего кадра),  $w(n)$  – оконная функция (например, Ханна) длиной  $N$ ,  $x(n)$  – входной сигнал.

Алгоритм ищет в диапазоне  $\Theta$  такой участок сигнала  $x(n+1)$ , который после применения оконной функции  $w(n)$  максимально схож с эталонным окном  $x(n+\Omega)$ .  $\Delta +$  «координаты»  $i+1$  кадра, становится новым центром для следующего кадра.

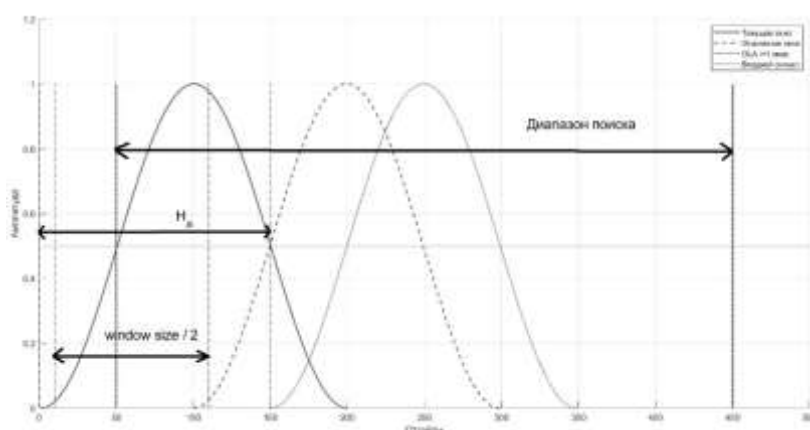


Рис. 2. Расположение кадров в окне анализа (WSOLA)

Особенностью реализации алгоритмов реального времени является непрерывное поступление сигнала.

В связи с этим возникают следующие нюансы:

- Отсутствие возможности заранее рассчитать позиции окон
- Необходимость формирования выходного сигнала полноценного готового фрагмента
- Обработка определенного размера входного сигнала

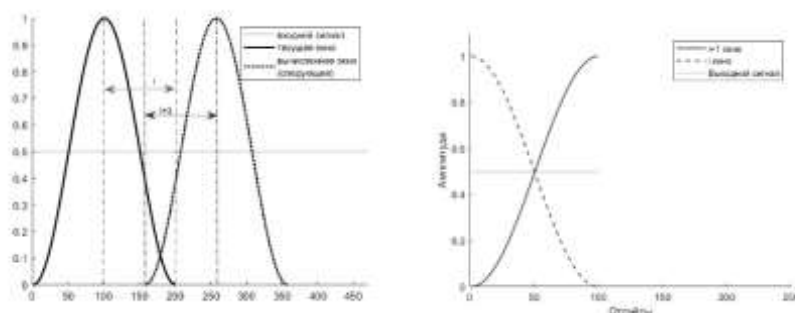


Рис. 3. Формирование выходного сигнала в режиме реального времени

Для обоих рассмотренных алгоритмов на каждой итерации происходит формирование части выходного сигнала размером  $\text{win\_size}/2$ . То есть в выходной сигнал помещается первая половина  $i+1$  окна и вторая половина  $i$  окна, взвешенные оконной функцией. Для перехода к следующему кадру обработки буфер двигается с некоторым шагом  $H_s$ , определяемым в соответствии с коэффициентом модификации, как показано на рисунке 3.

Для корректной работы алгоритмов OLA и WSOLA в режиме реального времени требуется правильный расчет размера буфера, чтобы обеспечить непрерывность выходного сигнала и избежать выхода за границы доступных данных.

Для OLA:  $(\text{win\_size} - H_a)$  для растяжения и  $H_a$  для сжатия.

Для WSOLA размер буфера устанавливается таким образом, чтобы правая граница диапазона поиска была всегда в сигнале. Правая граница диапазона поиска определяется как:  $\text{Index} + H_a - \text{win\_size} + 2 * \text{win\_size}$  ( $\text{index} - i$  окно, центр), максимальное возможное значение смещения:  $\text{win\_size}/2$ . Тогда размер буфера должен быть:  $\text{win\_size} * (1.5 + 1/k)$ .

### Программная реализация

OLA-алгоритм при обработке демонстрирует определенные недостатки: на простых звуковых фрагментах (одиночных нотах) возникают характерные артефакты, напоминающие тремоло. Качество результата напрямую зависит от величины изменения тона, при этом наблюдается усиление фоновых шумов исходного сигнала. При прослушивании звук воспринимается приемлемо, полифонические фрагменты остаются узнаваемыми, однако звучание приобретает заметный «цифровой» эффект.

WSOLA-алгоритм показывает значительно более высокие показатели качества. Он практически не вносит искажений при обработке одиночных нот и обеспечивает стабильное звучание. В отличие от OLA, WSOLA также усиливает шумы исходного сигнала, однако делает это в меньшей степени и без появления дополнительных артефактов в звуке. При этом качество звучания остается высоким, полифонические партии хорошо

различимы, а «цифровой» эффект выражен менее заметно, что делает звук более естественным.

Примеры обработки представлены на рисунке 4.

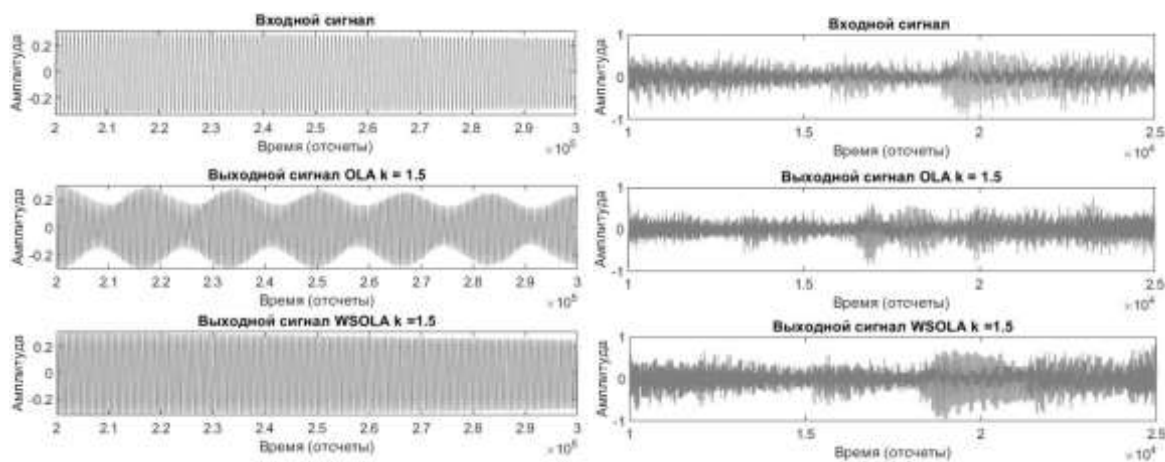


Рис. 4. Результаты

### Список литературы

1. Driedger J. Time-Scale Modification Algorithms for Music Audio Signals : магист. дис. / J. Driedger ; Saarland University, Faculty of Natural Sciences and Technology. - Saarbrücken, 2011. - 112 p.
2. Průša Z. Phase Vocoder Done Right / Z. Průša, N. Holighaus // Proceedings of the 27th IEEE Convention of Electrical and Electronics Engineers in Israel (IEEEI). - 2014. - P. 1-5. - DOI: 10.1109/IEEEI.2014.7005835.
3. Verhelst W. An Overlap-Add Technique Based on Waveform Similarity (WSOLA) for High Quality Time-Scale Modification of Speech / W. Verhelst, M. Roelands // IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP). - 1993. - Vol. 2. - P. 554-557.
4. Dolson M. The Phase Vocoder: A Tutorial / M. Dolson // Computer Music Journal. - 1986. - Vol. 10, № 4. - P. 14-27.
5. Mousa A. Voice Conversion Using Pitch Shifting Algorithm by Time Stretching with PSOLA and Re-sampling / A. Mousa // Journal of Electrical Engineering. - 2010. - Vol. 61, № 1. - P. 57-61.
6. Driedger J. TSM Toolbox: MATLAB Implementations of Time-Scale Modification Algorithms / J. Driedger, M. Müller. - Erlangen : International Audio Laboratories, 2014. - 15 p



## СЕКЦИЯ УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕДУРНОЙ ГЕНЕРАЦИИ, ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛАНДШАФТА

ГЛУЩЕНКО А.Г. МЕНЬШИКОВ В.М.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им В.И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** Статья исследует применение процедурной генерации для автоматического создания виртуальных ландшафтов. В работе использованы алгоритмы шума Перлина и диаграммы Вороного с релаксацией Ллойда для формирования реалистичных биомов. Результаты демонстрируют возможность создания разнообразных ландшафтов с управляемыми параметрами. Предложены направления для дальнейшего улучшения, включая переход на продвинутое движки и расширение логики биомов.

*Ключевые слова:* процедурная генерация, шум Перлина, диаграмма Вороного, алгоритм Ллойда, виртуальные миры, биомы.

#### Введение

Современные виртуальные миры стали неотъемлемой частью игр, симуляторов и обучающих систем. Однако их ручное создание требует колоссальных временных и финансовых затрат. Процедурная генерация — подход, при котором контент создается алгоритмически, — позволяет решить эту проблему. В данной работе исследуются методы генерации ландшафтов на основе шума Перлина и диаграммы Вороного, а также их оптимизация для повышения производительности.

#### Создание и анализ алгоритма

Основу генерации ландшафтов составляет шум Перлина — алгоритм, разработанный Кеном Перлином для имитации естественных структур. В отличие от белого шума, который представляет собой хаотичные значения, шум Перлина создает плавные переходы, напоминающие природные формы. Алгоритм работает на основе сетки градиентов: пространство делится на узлы, в каждом из которых задается случайный вектор. Значение шума в любой точке вычисляется через интерполяцию скалярных произведений векторов узлов и векторов от точки до узлов, а сглаживание устраняет резкие переходы.

Для увеличения детализации применяются октавы — слои простых шумов. Например,

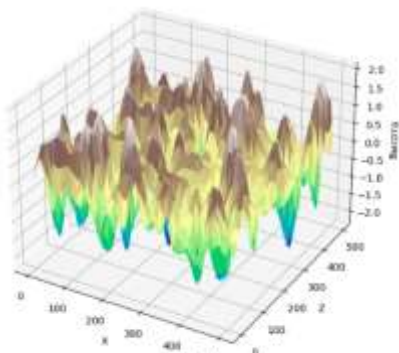


Рис. 1  
3D визуализация шума с 4мя октавами

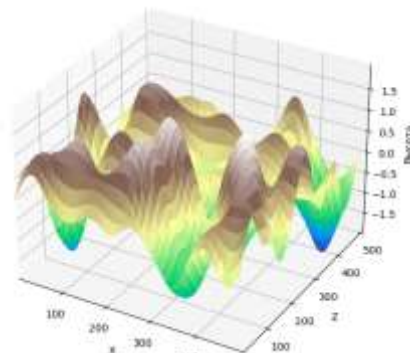
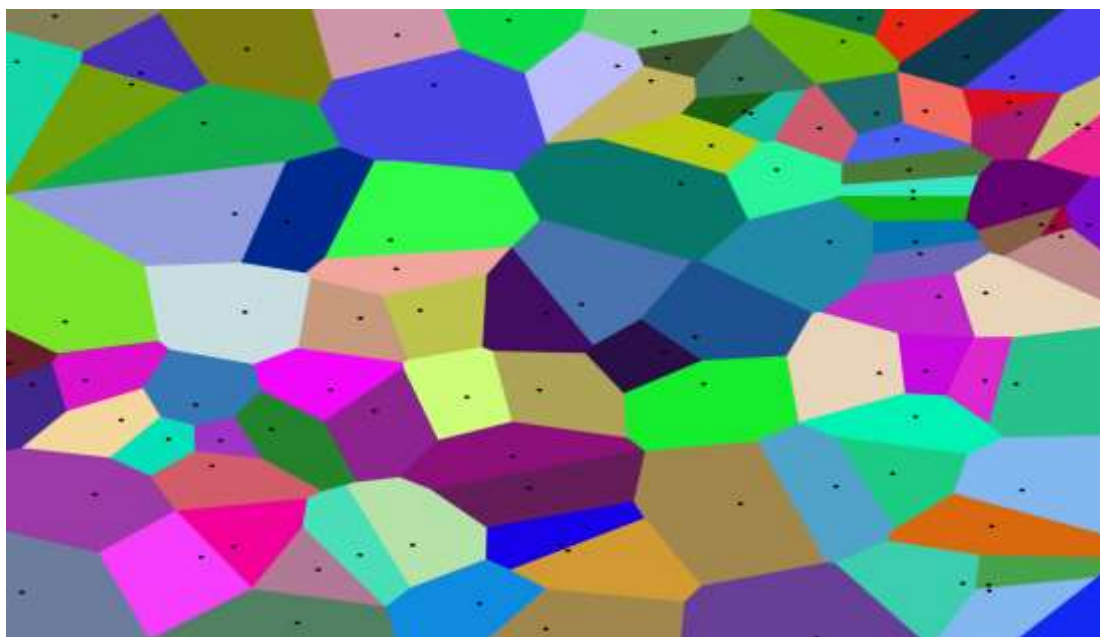


Рис. 2  
3D визуализация шума с 2мя октавами

использование четырех октав позволяет создать сложные рельефы с выраженными пиками и долинами (рис. 1), тогда как две октавы дают лишь пологие холмы (рис 2).

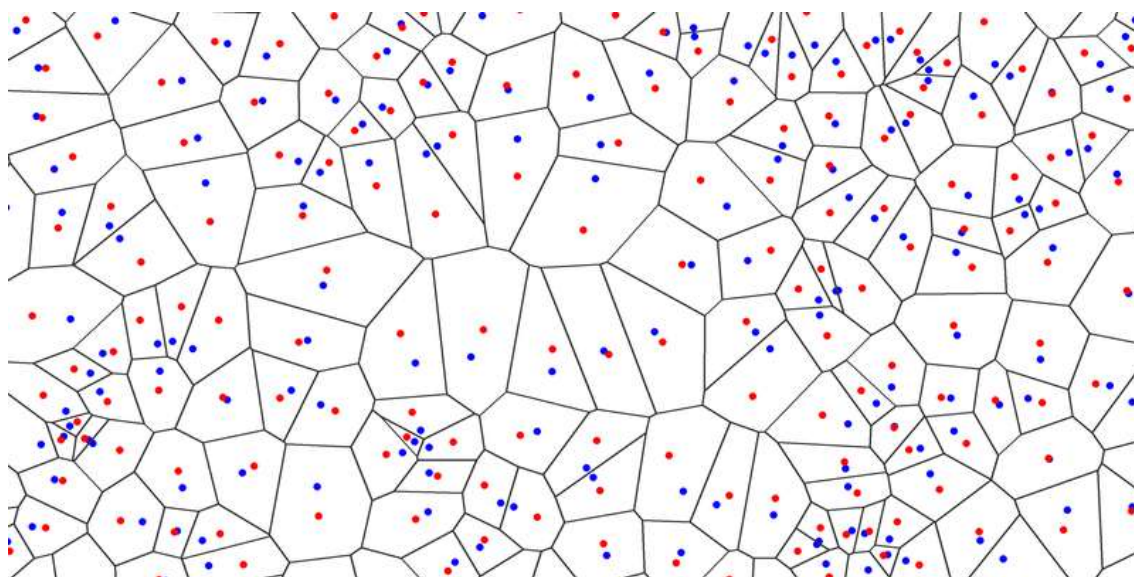
Однако даже детализированный ландшафт остается однородным, что ограничивает реализм. Для распределения разнообразных регионов (биомов) применяется диаграмма Вороного. Этот метод разбивает плоскость на ячейки, где каждая точка принадлежит ближайшему заранее заданному центру (рис. 3).



*Рис. 3 Диаграмма Вороного для множества случайных точек*

Проблема неравномерного размера ячеек решается с помощью алгоритма релаксации Ллойда, который итеративно перемещает центры в геометрические середины своих ячеек.

На рис. 4 показаны изначальные центры синим цветом, а новые «центроиды» красным.



*Рис. 4. Изначальные центры и новые «центроиды»*

После нескольких итераций ячейки становятся более упорядоченными, что позволяет равномерно распределить биомы, такие как горы, леса, поля и озера. Каждому биому назначаются уникальные параметры: количество октав шума, амплитуда колебаний и цветовые градиенты, зависящие от высоты. Например, для гор используется высокая амплитуда и шесть октав, а озерам присваивается нулевая высота (рис. 5).

```
self.biome_params = {  
    'forest': {'scale': 80, 'octaves': 5, 'min_h': 1, 'max_h': 15},  
    'field': {'scale': 70, 'octaves': 4, 'min_h': 1, 'max_h': 10},  
    'mountain': {'scale': 50, 'octaves': 6, 'min_h': 0, 'max_h': 150},  
    'lake': {'scale': 100, 'octaves': 1, 'min_h': 0, 'max_h': 0},  
}
```

Рис. 5. Параметры биомов

Результатом работы алгоритма является возможность создания разнообразных ландшафтов (рис. 6 и рис. 7).

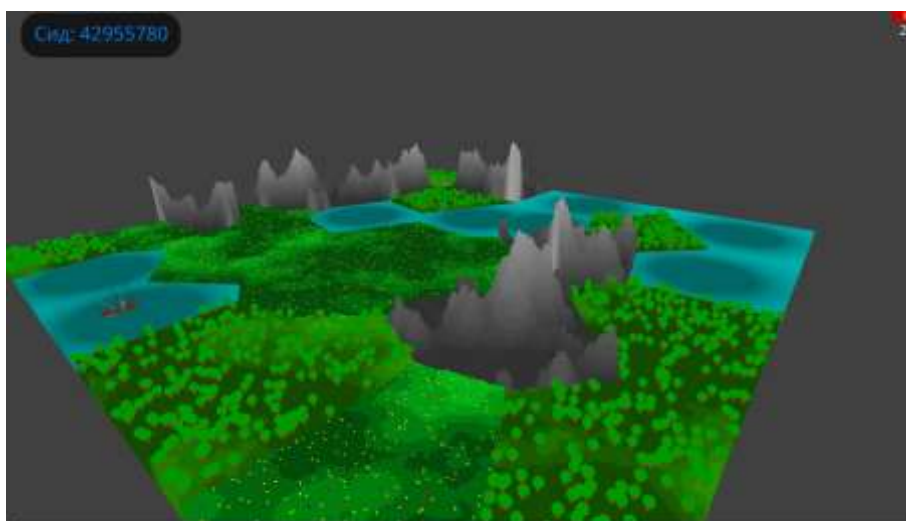


Рис. 6. Карта со случайным сидом 42955780

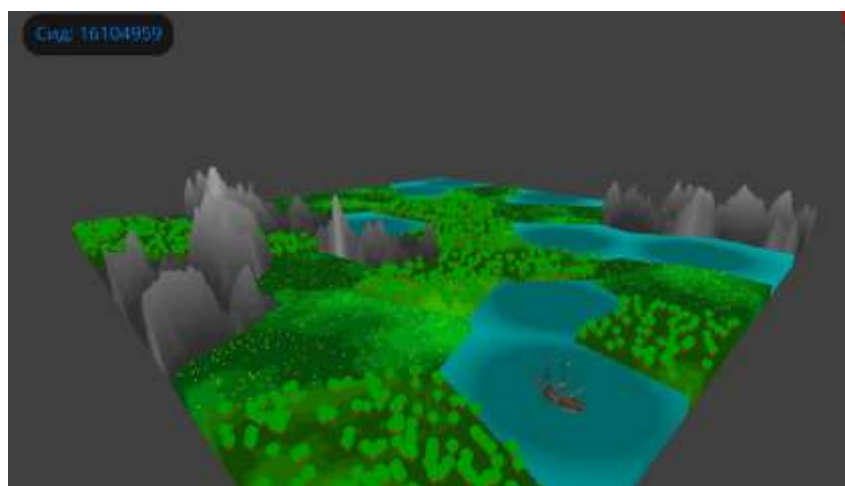


Рис. 7. Карта со случайным сидом 16104959

Несмотря на успехи, работа имеет ограничения. Резкие границы между биомами снижают реализм, а текстуры остаются упрощенными. Для улучшения предлагается внедрение переходных зон через смешивание параметров соседних биомов и добавление алгоритмов генерации рукотворных объектов, таких как деревни или дороги. Дальнейшее развитие проекта может включать интеграцию продвинутых движков, таких как Unreal Engine, для реализации динамических эффектов и мультитредовой обработки данных.

### **Заключение**

Таким образом, процедурная генерация на основе шума Перлина и диаграммы Вороного доказала свою эффективность для создания виртуальных миров. Она сочетает гибкость, управляемость параметров и низкие ресурсные затраты, открывая новые возможности для разработки игр, симуляторов и образовательных приложений.

### **Список литературы**

1. Perlin K. An image synthesizer. ACM SIGGRAPH Computer Graphics. 1985. 19(3). pp.287-296.
2. Perlin K. Improving noise. ACM Transactions on Graphics. 2002. 21(3). pp. 681-682.
3. Lloyd S. Least squares quantization in PCM. IEEE Transactions on Information Theory. 1982. 28(2). pp.129-137.
4. de Berg M, Cheong O, van Kreveld M, Overmars M. Computational Geometry: Algorithms and Applications. Springer; 2008.

## **УПРАВЛЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

КОЛЕСНИКОВ М.Н.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им В.И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** Целью данного научного исследования является анализ варианта управления преобразователем постоянного напряжения. В статье рассматривается система управления понижающим DC-DC преобразователем. Одним из инструментов управления, является модальное управление, которое позволит обеспечить желаемое расположение корней характеристического полинома полностью управляемого объекта. Однако из-за параметрической неопределенности объекта управления или возможности изменения в некотором ограниченном диапазоне параметров системы появляется проблема сохранения качества процессов управления при отклонении от номинальных значений. С помощью робастной устойчивости и робастного качества управления проведем синтез таким образом, при котором полюса характеристического полинома будут находиться в определенной области.

*Ключевые слова:* понижающий преобразователь постоянного напряжения, модальное управление, неопределенность параметров

Известно, что на данный момент, в эксплуатации находится множество разнообразных преобразователей, которые активно применяются на практике. В данной статье рассмотрим понижающий преобразователь постоянного напряжения (Buck Converter).

За основу структурной схемы преобразователя постоянного напряжения была взята схема преобразователя [1], приведенная на рис. 1, где введены следующие обозначения:  $E_0 = 1040$  В – напряжение источников питания;  $R_n = 100$  Ом – сопротивление нагрузки;  $R = 10,6$  Ом – сопротивление, характеризующее потери в индуктивности и преобразователе;  $L = 0,1$  Гн – индуктивность;  $C = 10^{-6}$  Ф – емкость;  $\alpha = 10^{-4}$  с – коэффициент усиления;

$U_y=20$  В – управляющее воздействие;  $\beta=0,01$  – коэффициент передачи датчик.

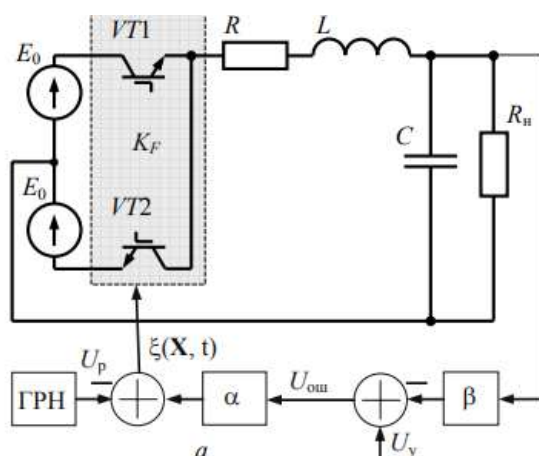


Рис. 1 Структурная схема преобразователя постоянного напряжения

Для дальнейшего анализа реализуем структурную схему в пакете Matlab. На рис. 2 Рис. 2 Схема преобразователя постоянного напряженияпредставлена анализируемая схема.

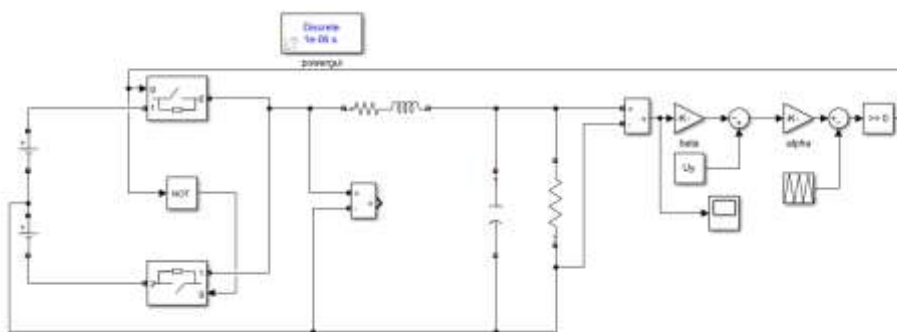


Рис. 2 Схема преобразователя постоянного напряжения

Рассматриваемый объект управления представляет собой понижающий преобразователь постоянного напряжения (Buck Converter) с системой управления. В качестве источника напряжения используется два стабилизированных источника постоянного напряжения, в среднюю точку которых включается нагрузка. Реверсивность токов будет обеспечиваться сменой ключей  $VT1$  и  $VT2$  благодаря чему источник постоянного напряжения будет подключен к нагрузке либо прямой полярностью, либо обратной.

Индуктивность будет играть роль фильтра в данной схеме, через которую будет проходить ток, последовательно соединенное сопротивление  $R$  будет характеризовать потери в индуктивности. С помощью емкости  $C$  будет происходить снижение пульсаций и конденсатор будет заряжаться. Рассмотрим динамическую характеристику и компьютерную модель схемы. На рис. 3 представлена схема преобразователя и ее компьютерная модель.



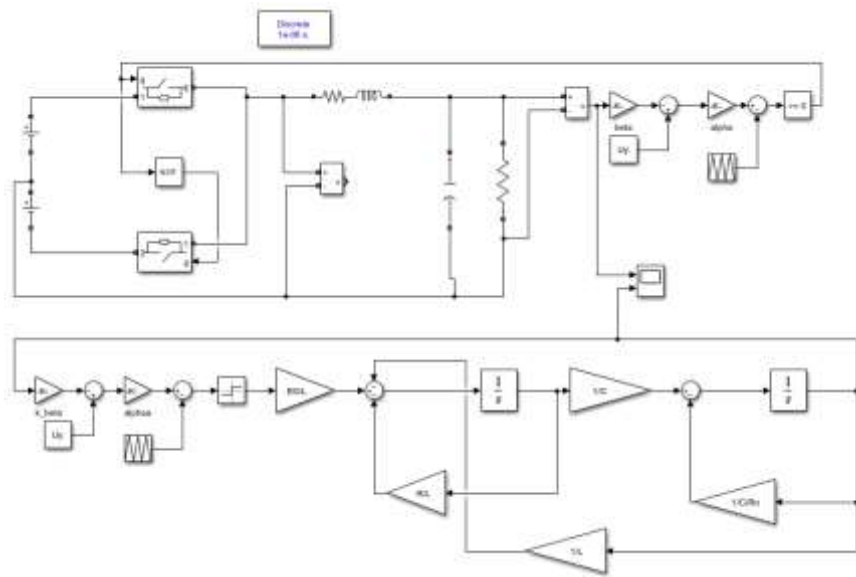


Рис. 3 Схема преобразователя и ее математическое описание

Математическое описание представляет собой систему дифференциальных уравнений. Для дальнейшего анализа рассмотрим динамическую характеристику схемы преобразователя постоянного напряжения и ее математического описания. Силовая цепь описывается системой дифференциальных уравнений

$$\frac{d\mathbf{X}}{dt} = \mathbf{A}\mathbf{X} + \mathbf{B}K_F, \quad (1)$$

$$\text{где } \mathbf{A} = \begin{pmatrix} -\frac{R}{L} & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & -\frac{1}{C \cdot R_n} \end{pmatrix}, \mathbf{B} = \begin{pmatrix} \frac{E_0}{L} \\ 0 \end{pmatrix}, \mathbf{X} = \begin{pmatrix} i_L \\ U_C \end{pmatrix}, K_F(\xi) = \text{Sign}(\xi) \quad (2)$$

Для дальнейшего анализа рассмотрим динамическую характеристику преобразователя. На рис. 4 представлена динамическая характеристика преобразователя.

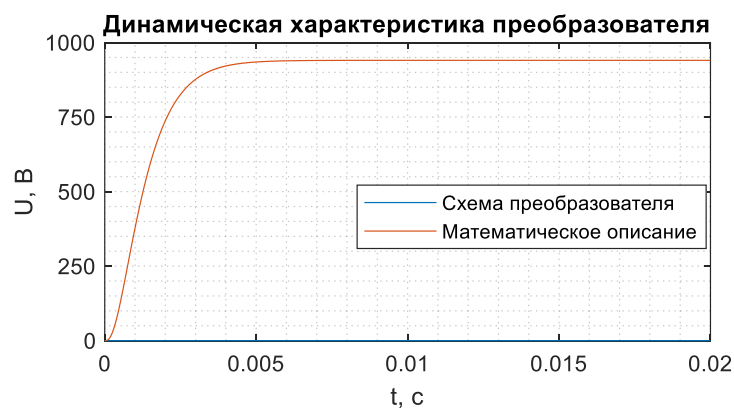


Рис. 4 Динамическая характеристика преобразователя

Исходя из представленной динамической характеристики, можно сказать, что математическое описание составлено верно. Для дальнейшего анализа рассмотрим модальное управление преобразователя постоянного напряжения.

Рассматриваемый объект управления описывается системой уравнений в пространстве состояний:

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{X}} = \mathbf{A}\mathbf{X} + \mathbf{B}u; \\ y = \mathbf{C}\mathbf{X} + \mathbf{D}u, \end{cases} \quad (3)$$

где  $\mathbf{X} \in R^n$  – вектор переменных состояний;  $u \in R^r$  – скалярный вход;  $\mathbf{A}$  – матрица системы;  $\mathbf{B}$  – вектор входа;  $y \in R$  – скалярный выход;  $\mathbf{C}$  – матрица-строка выхода;  $\mathbf{D}=0$  – матрица выхода.

Для реализации модального управления введем линейную обратную связь по вектору:

$$u = \beta(g - \mathbf{K}\mathbf{X}) \quad (4)$$

Для того, чтобы анализировать систему движения системы в пространстве состояния была разработана схема модального управления. Синтез системы модального управления имеет широкое применение для управления сложными динамическими объектами, чтобы получить желаемое расположение полюсов характеристического полинома и управлением параметров модального регулятора. Проблема данного синтеза заключается в том, что существует параметрическая неопределенность объекта управления или перемещение их в некотором диапазоне. Решить эту проблему можно с помощью робастного распределения полюсов. При этом для полюсов характеристического полинома будет определена область их расположения.

Для расположения полюсов характеристического полинома на комплексной плоскости возьмем стандартный полином Баттерворта второго порядка:

$$D_{\text{жс}}(p) = p^2 + \sqrt{2}\omega_0 p + \omega_0^2 \quad (6)$$

Методика синтеза робастного распределения полюсов соответствует [2]. На рис.5 представлен график расположения полюсов на комплексной плоскости и области, внутри которых останутся эти полюса при соответствующем выборе значения среднегеометрического корня и десятипроцентном отклонении параметров от номинальных значений.

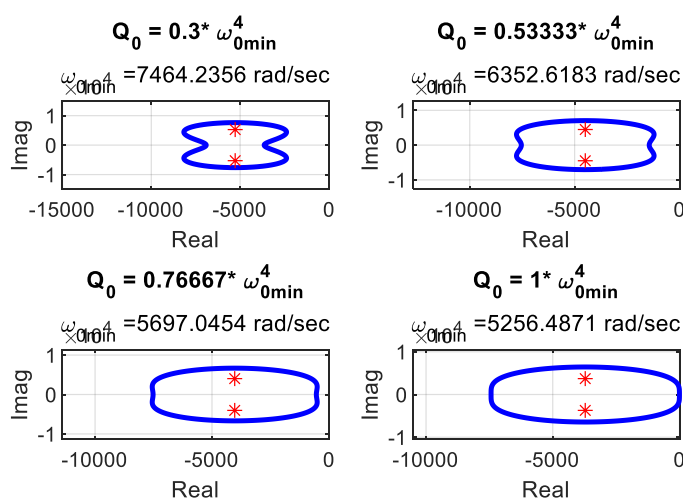


Рис. 5 Расположение полюсов на комплексной плоскости при отклонении на 10%

Расположение полюсов характеристического полинома и построение ограничивающей

области было построено исходя из методики [2]. С помощью  $Q_0$  можно выбрать границу области  $S$ , в которой будут располагаться полюса характеристического полинома при различных отклонениях. На рис. 5 видно, что чем меньше значение  $Q_0$  тем будут лучше показатели качества, но будет иметь малую рабочую область  $S$  при параметрических отклонениях. Так как полюса находятся в левой полуплоскости на комплексной плоскости, то следует сказать, что необходимое условие об устойчивости системы будет соблюдено.

### **Заключение**

Подводя итоги, можно сказать, что данный способ позволяет полюсам характеристического полинома системы, имеющей ограниченные отклонения от номинальных значений параметров, не выходить из ограничивающей области.

### **Список литературы**

1. Апасов, В. И. Исследование работы комбинированного понижающе-повышающего преобразователя для высоковольтной энергопреобразующей аппаратуры / В. И. Апасов, А. В. Кобзев, Г. Я. Михальченко // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2019. – Т. 22, № 1. – С. 89-94. – DOI 10.21293/1818-0442-2019-22-1-89-94. – EDN VGKBQM.
2. Nikita A.Dobroskok<sup>1</sup>, Victor B. Vtorov<sup>1</sup>. О задаче робастного распределения полюсов, International Review of Automatic Control (I.R.E.A.C.O.), Vol. xx, n. x May 2008

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕСКРИПЦИОННОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА В ОНТОЛОГИИ В PROTEGE И GRAPHDB**

МИХАЙЛОВ М.С., ГЕРАСИМОВ И.В., КУЗЬМИН С.А.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им В.И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** Доклад посвящён применению дескрипционной логики для логического вывода в онтологиях с использованием Protégé и GraphDB. Кратко рассматриваются основные виды формул дескрипционной логики. Приводятся примеры выполнения логического вывода в Protégé и GraphDB, демонстрирующие возможности повышения выразительности онтологических моделей.

*Ключевые слова:* онтология, дескрипционная логика, логический вывод, Protégé, GraphDB

### **Введение**

В условиях активного развития семантических технологий и растущей потребности в интеллектуальной обработке данных, всё большее значение приобретает использование онтологий и формальных моделей знаний. Одним из ключевых инструментов, обеспечивающих возможность логического анализа и вывода новых знаний в онтологиях, является дескрипционная логика (ДЛ) – формальный язык, лежащий в основе стандарта языка описания онтологий OWL [1].

В данном докладе рассматривается применение дескрипционной логики для логического вывода в процессе работы с онтологиями. В качестве основных инструментов используются: редактор онтологий Protégé [2] и графовая СУБД (хранилище триплетов) GraphDB [3], поддерживающая механизм логического вывода. Доклад включает краткий обзор основных видов ДЛ-формул, демонстрацию практического применения логического вывода, а также обсуждение полученных результатов.



### Описание используемой онтологии

Во всех рассматриваемых в докладе примерах используется онтология семьи (семейных отношений). В составе онтологии есть такие классы как «Человек», «Мужчина», «Женщина», «Родитель», «Ребёнок», «Сиблинг» и др. В онтологии введены такие отношения как: «есть муж», «есть жена», «есть партнёр», «есть родитель», «есть ребёнок», «есть сиблинг» и др.

В качестве экземпляров онтологии рассматриваются такие члены одной семьи. Есть муж и жена – Павел и Лена. У них есть совместные дети – Маша и Даша. Также у Лены есть дети – Ваня и Миша, - которые были рождены в предыдущем браке. Со стороны Павла есть родители – Владислав и Вера (они, фактически, являются дедушкой и бабушкой своим внукам). В качестве неправильного примера, в онтологию введён дополнительный "супруг" Лены – Иван. Так как отношение «есть муж» является функциональным (одиночным) – по результатам логического вывода должно получиться, что «Иван» и «Павел» – это один и тот же человек (имеющий разные имена в различных социальных сетях).

### Рассматриваемые формулы дескрипционной логики

В докладе будут рассмотрены следующие виды ограничений [1]:

- *Наследование отношений (subPropertyOf)*: Отношение «есть муж» является частным случаем отношения «есть партнёр». Потому если у Лены установлено отношение «есть муж» к Павлу, то по ней же будет автоматически выведено и отношение «есть партнёр» к нему.
- *Эквивалентность (равенство) отношений (equivalentProperty)*: Отношения «есть партнёр» и «есть спутник жизни» установлены как эквивалентные. Потому если у Лены есть отношение «есть партнёр» к Павлу, то по ней будет установлено и отношение «есть спутник жизни» к нему же.
- *Обратное отношение (inverseProperty)*: Отношения «есть муж» и «есть жена», а также «есть родитель» и «есть ребёнок» являются обратными. Потому если у Павла установлено отношение «есть ребёнок» к Маше, то у Маши будет выведено обратное отношение «есть родитель» к Павлу.
- *Транзитивное отношение (transitiveProperty)*: Отношение «есть сиблинг» является транзитивным. Потому, если у Вани есть отношение «есть сиблинг» к Мише, а у Миши установлено отношение «есть сиблинг» к Маше, то получится, что у Вани также «есть сиблинг» Маша.
- *Квантор существования (someValuesFrom)*: Можно придумать класс «Родитель сыновей». В него попадут те люди, у которых есть отношение «есть ребёнок». Причём, среди детей есть хотя бы один сын (то есть, он принадлежит классу «Мужчина»).

### Логический вывод по ограничениям в редакторе Protégé

На рис. 1 показан пример логического вывода по классу «Родитель сыновей» на основе квантора существования по отношению «есть ребёнок». На рис. 2 показаны неявные знания по экземпляру «Лена» (в частности, проверяется выполнение ограничений «inverseProperty» по отношению «есть жена», «subPropertyOf» по отношению «есть муж» и «equivalentProperty» по отношению «есть муж 2»). На рис. 3 показаны неявные знания по экземпляру «Маша» (в частности, для неё найдены другие братья и сёстры, исходя из транзитивности отношения «есть сиблинг»).

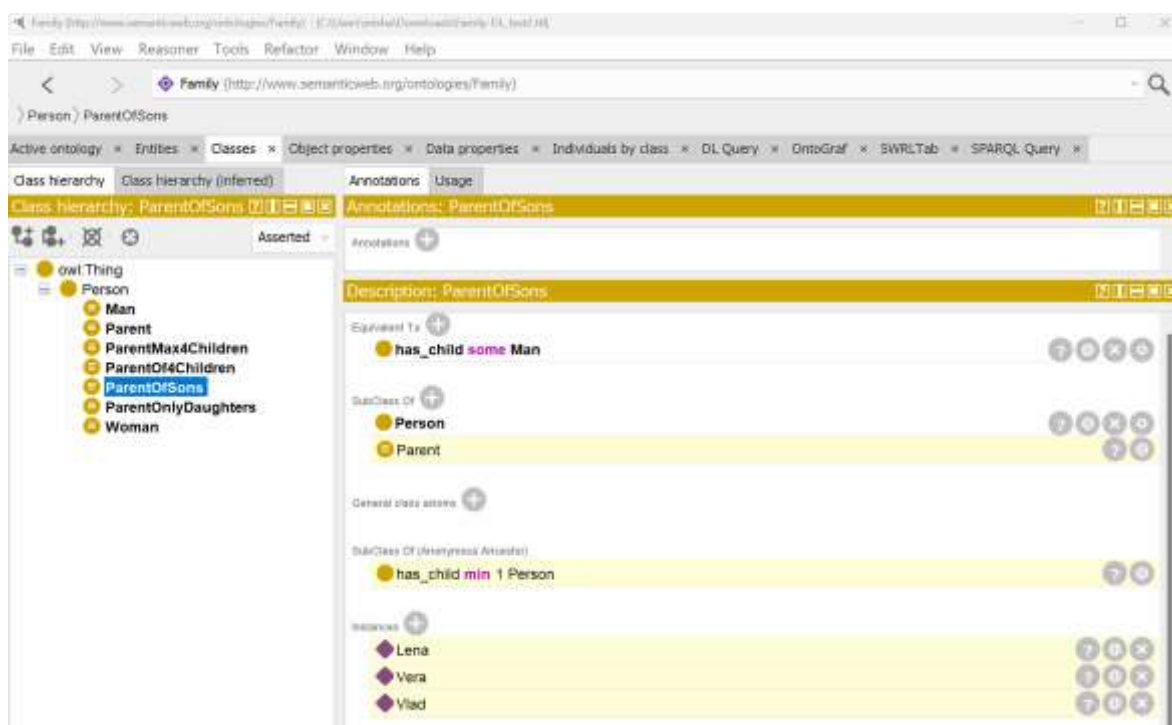


Рис. 1. Логический вывод в Protégé по классу «Родитель сыновей»

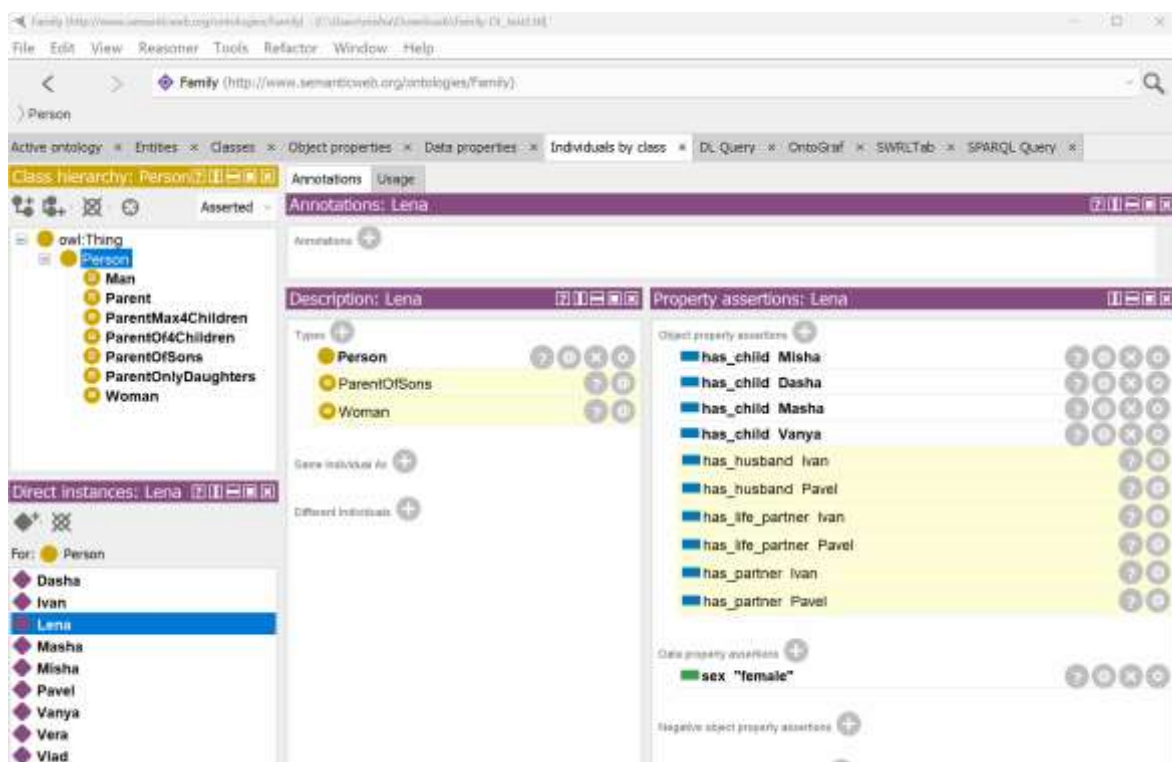


Рис. 2. Логический вывод в Protégé по экземпляру «Лена»

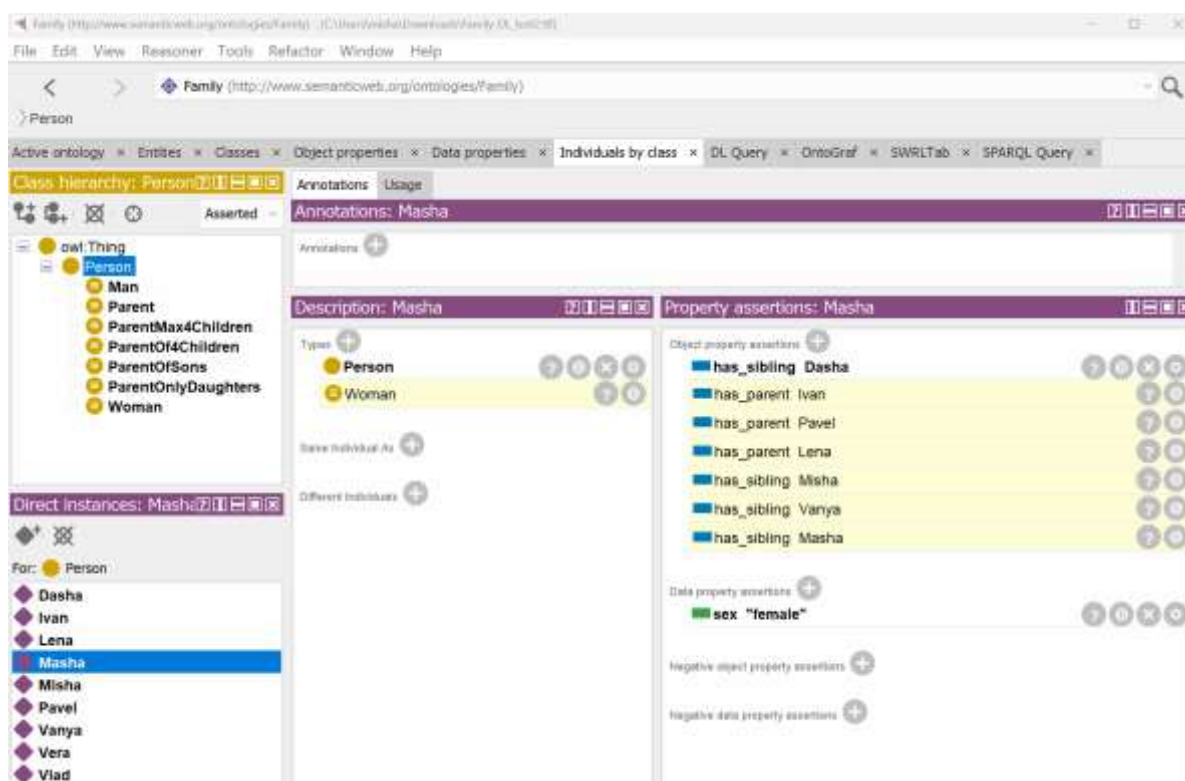


Рис. 3. Логический вывод в Protégé по экземпляру «Маша»

### Логический вывод в среде GraphDB

В GraphDB для внесения и изменения знаний онтологии используются запросы на языке SPARQL 1.1. Update [4]. После выполнения логического вывода, для получения неявных знаний нужно также выполнять запросы на языке SPARQL 1.1 [5].

На рис. 4 показан скриншот внесения исходных (явных) знаний в онтологию для тестирования логического вывода по квантору существования (по классу «Родитель сыновей»). На рис. 5 показан скриншот вывода неявных знаний по квантору существования (по тому же классу).



Рис. 4. Внесение исходных (явных) знаний по квантору существования в GraphDB

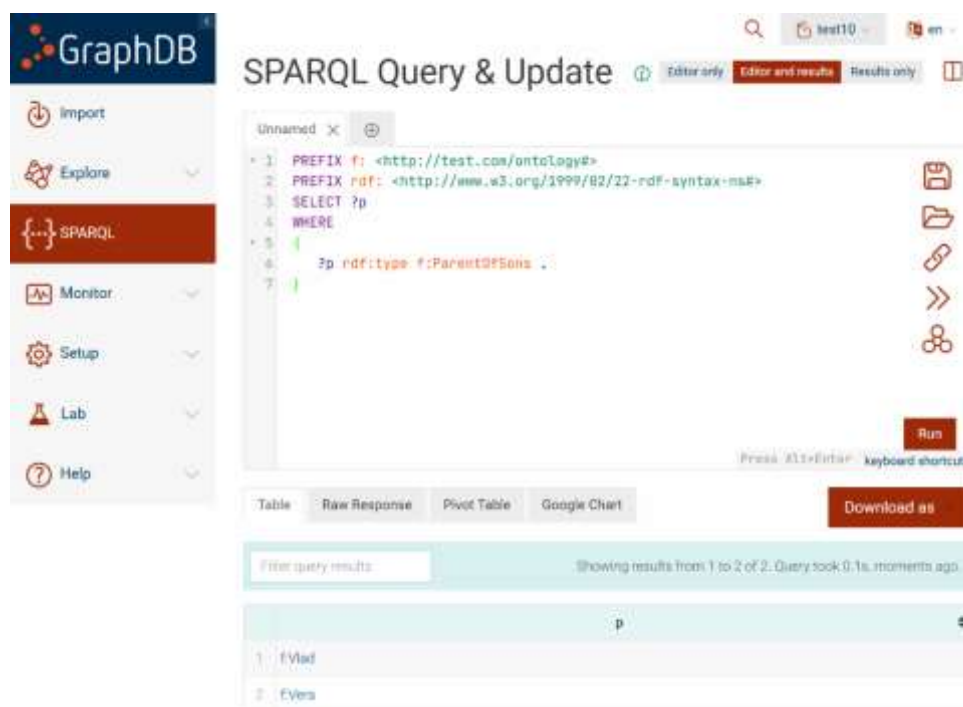


Рис. 5. Логический вывод неявных знаний по классу «Родитель сыновей» в GraphDB

## Выводы

Результаты проведённых экспериментов показывают, что Protégé и GraphDB обеспечивают высокий уровень выразительности, позволяющий осуществлять логический вывод по наследуемым, эквивалентным, обратным, симметричным и транзитивным отношениям. Также в этих средах удалось осуществить логический вывод по квантору существования.

Однако эти среды имеют свои ограничения, в частности, логический вывод по ограничению кардинальности и квантора всеобщности не осуществляется ни в одной из рассматриваемых систем.

## Список литературы

1. Дескрипционная логика // Википедия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Дескрипционная\\_логика](https://ru.wikipedia.org/wiki/Дескрипционная_логика) (дата обращения: 05.05.2025 г.).
2. Protégé 5 Documentation. URL: <https://protegeproject.github.io/protege/> (дата обращения: 05.05.2025 г.).
3. GraphDB 11.0 Documentation. URL: <https://graphdb.ontotext.com/documentation/11.0/load-query-some-data.html> (дата обращения: 05.05.2025 г.).
4. SPARQL 1.1 Update. URL: <https://www.w3.org/TR/sparql11-update/> (дата обращения: 05.05.2025 г.).
5. SPARQL 1.1 Query Language. URL: <https://www.w3.org/TR/sparql11-query/> (дата обращения: 05.05.2025 г.).

## РАЗРАБОТКА ОПТИМИЗИРОВАННОГО МЕТОДА ПЕРЕДАЧИ НАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ ПО СТАНДАРТУ LORA

К.В. Сильчев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им В.И. Ульянова (Ленина)

**Аннотация.** Данная работа посвящена анализу технологии LoRa и основной информации, передаваемых через навигационные стандарты, а также разработке метода их количественной и качественной оптимизации для удалённой передачи. В результате выведена структура пакета данных, зашифрованного для оптимальной передачи по каналу LoRa с использованием алгоритма защиты информации от потерь.

*Ключевые слова:* LoRa, передача данных, навигация, NMEA, встраиваемая система

В условиях стремительного развития особую актуальность приобретают задачи эффективной передачи данных на большие расстояния при минимальном энергопотреблении. Одним из перспективных решений в этой области является технология LoRa (Long Range), обеспечивающая дальнюю связь с высокой помехоустойчивостью и низким энергопотреблением. Однако её применение сопряжено с рядом ограничений, связанных с низкой пропускной способностью, переменными условиями радиоканала и необходимостью обеспечения высокой достоверности информации. Для достижения задач оптимизации необходим алгоритм сжатия данных, позволяющий максимально сократить объём передаваемой информации и защитить её от потерь в процессе передачи.

### **Обзор технологии LoRa**

LoRa представляет собой технологию беспроводной передачи данных, ориентированную на применение в системах Интернета вещей (IoT) и межмашинного взаимодействия (M2M). Её ключевыми характеристиками являются значительная дальность связи и низкое энергопотребление, что делает её особенно востребованной в таких сферах, как умные города, сельское хозяйство, промышленный мониторинг и другие IoT-приложения. Технология LoRa обеспечивает дальность связи до 15–20 км в условиях открытой местности и 2–5 км в городской застройке. Одним из её главных преимуществ является энергоэффективность: устройства, использующие LoRa, способны функционировать в течение нескольких лет от одного элемента питания. Это достигается за счёт применения широкополосных сигналов с модуляцией Chirp Spread Spectrum (CSS), что также повышает устойчивость к помехам. Однако стоит отметить, что LoRa не предназначена для передачи больших объёмов данных: скорость передачи обычно варьируется в пределах 0,3–50 кбит/с.

LoRa функционирует в нелицензируемых частотных диапазонах. Архитектура сети включает несколько ключевых компонентов: конечные устройства (датчики и сенсоры), шлюзы, принимающие сигналы и передающие их в облачную инфраструктуру, сетевой сервер, отвечающий за управление данными и маршрутизацию, а также сервер приложений, обеспечивающий обработку и визуализацию информации. В рамках работы рассматривается алгоритм работы передатчика, который принимает пакет навигационных данных, обрабатывает и передаёт его на приёмник по каналу LoRa. В качестве источника навигационных данных рассматривается любой модуль GPS/ГЛОНАСС, передающий данные с использованием стандарта NMEA 0183.

### **Анализ стандарта NMEA**

NMEA 0183 (National Marine Electronics Association) представляет собой стандартизированный протокол, разработанный для обмена данными между морскими навигационными устройствами, такими как GPS-приемники, эхолоты, радары и автопилоты. Несмотря на изначальную ориентацию на морскую электронику, данный стандарт получил широкое распространение в авиации, автомобильной навигации и системах геопозиционирования благодаря своей простоте и универсальности. Сообщения

стандарта NMEA 0183 передаются в виде ASCII-строк, начинающихся с символа «\$» за которым следует пятисимвольный идентификатор, определяющий тип сообщения. Формат сообщения включает префикс, набор полей, разделенных запятыми, и контрольную сумму, завершающую строку. Каждое поле содержит определенный параметр, такой как широта, долгота, время, количество спутников или высота над уровнем моря. Отсутствующие данные обозначаются пустыми полями, что обеспечивает гибкость структуры.

Стандарт определяет множество типов сообщений, среди которых наиболее распространенными являются GPGLA (данные о местоположении и точности), GPRMC (рекомендуемые минимальные навигационные данные), GPGSV (информация о видимых спутниках) и GPVTG (курс и скорость движения). Эти сообщения позволяют получать ключевую навигационную информацию, включая координаты, точность позиционирования, временные метки и динамические параметры объекта. Для достижения задач работы достаточно использовать сообщения GPRMC, все прочие должны отбрасываться. Стандарт содержания сообщения отражён в табл. 1.

Таблица 1

Поле	Описание	Символ	Пример
1	Заголовок		\$GPRMC
2	Время в формате UTC	ччммсс.сс	144326.00
3	Актуальность позиции	A	A
4	Широта	ууууу.уу	5107.0017737
5	Полушарие (север/юг)	a	N
6	Долгота	ууууу.уу	11402.3291611
7	Полушарие (восток/запад)	a	W
8	Скорость в узлах	x.x	0.080
9	Азимут направления движения в градусах	x.x	323.3
10	Дата день/месяц/год	хххххх	210307
11	Магнитное направление в градусах	x.x	0.0
12	Магнитное полушарие (восток/запад)	a	E
13	Режим измерения	a	A
14	Контрольная сумма	*hh	*20

В начале обработки пакета необходимо проверить его на целостность данных, то есть соответствие контрольной сумме, указанной в конце пакета (поле №14). Согласно протоколу, контрольная сумма вычисляется с помощью применения логической операции XOR к числовому коду каждого ASCII-символа пакета, предшествующему контрольной сумме, посимвольно. Следует заметить, что пробел также является символом, который имеет свой код в таблице ASCII. Если целостность подтверждается, следующим пунктом необходимо проверить актуальность данных (поле №3, значение A). После этого пакет готов к дальнейшей обработке.

### Обработка пакета NMEA

Для оптимизации процесса необходимо максимально сократить объём передаваемой информации. Из пакета следует выделить поля, которые имеют наибольшее значение для оператора, а именно координаты (поля №4 и 6). Оператору не требуется определять полушарие, так как передатчик будет находиться в радиусе 20 км, что поможет его достоверному определению силами принимающего комплекса. Вторые поля по значимости это скорость и направление движения (поля №8 и 9). Они необходимы для корректировки маршрута устройства и прогнозирования его местоположения в случае потери связи или навигации. Третье поле, значимое для корректной работы комплекса, это время получения

координат (поле №2). Оно позволяет подтвердить актуальность данных и защитить комплекс от атаки повторного воспроизведения (Replay Attack). Каждому указанному выше полю необходима дополнительная оптимизация, так как не все передаваемые данные требуются в полном объёме.

Значение времени следует ограничить 10 минутами, так как более ранние данные полностью потеряют актуальность, и их легко будет отличить от реальных. Также стоит выбрать минимальную единицу времени в 0,5 секунд, так как это минимальное время, за которое можно передать пакет в 146 бит при параметре SR12. Таким образом, остаётся возможность передачи одного из 1200 значения, что соответствует объёму в 11 бит.

Координаты являются наиболее важной информацией, однако при наличии у приёмника навигационных данных о своём расположении можно сократить часть информации. Он сможет дополнить информацию, приняв за условие то что передатчик находится в радиусе 20 км. Разброс в 40 км в переводе в координаты это ~700 000 значений по долготе или 20 бит информации и ~350 000 значений по широте или 19 бит информации

Скорость объекта стоит ограничить пороговым значением. При радиусе действия в 20 км устройство не должно иметь скорость выше 100 км/ч, так что это будет являться пределом. При переводе в узлы пороговое значение составляет 54 узлов, что при учёте сотых долей, указанных в стандарте GPRMC, равняется 13 битам. Азимут направления следует передавать в чистом виде, так как нет возможности сократить ненужную информацию. 360 градусов с десятичными долями составляют информацию объёмом 12 бит.

Разложив пакет NMEA по указанному выше алгоритму, выходит сократить информацию до 75 бит. Эти данные достаточны для определения оператором расположения, скорости и направления устройство в радиусе работы стандарта LoRa. Для передачи данных с наибольшей дальностью необходимо использовать параметр Spreading Factor с максимальным значением (SF12). Скорость передачи данных при таких условиях соответствует 293 бит в секунду или 146 бит в 0,5 секунд, что позволяет добавить 71 бит информации к навигационным данным.

### **Структура передаваемого пакета**

Помимо навигационных данных оператору потребуется идентификатор устройства для корректного определения источника информации. С увеличением количества устройств растёт и количество помех в эфире. Максимально число передатчиков следует принять за 512, потому как в этом случае загруженность эфира будет достаточна для передачи данных вплоть до SF9. Исходя из этого, идентификатор устройство составит 9 бит.

Оставшиеся биты следует использовать для защиты информации, например при помощи кода Рида-Соломона. Это класс помехоустойчивых кодов, обладающих способностью обнаруживать и исправлять множественные ошибки в передаваемых данных. Он демонстрирует оптимальные характеристики в каналах связи с пакетными ошибками, что обусловлено его способностью исправлять целые поврежденные символы независимо от количества ошибочных битов в каждом символе. Итоговая структура пакета данных представлена на рис. 1.

Идент. номер	Навигационные данные					Защитные биты
	Широта	Долгота	Скор.	Напр.	Время	
9 бит	19 бит	20 бит	13 бит	12 бит	11 бит	до 62 бит

Рис. 1. Схема формирования навигационного пакета для передачи по стандарту LoRa

Полученный пакет укладывается в объём, передаваемый по стандарту LoRa с SF12, что позволяет отправлять навигационные данные на расстояние до 20 км на открытой местности. Информация имеет дополнительный уровень защиты от потерь, из-за чего появляется возможность восстановить даже частично утраченное сообщение.

### Заключение

Передача навигационных данных долгое время остаётся актуальной проблемой. С развитием робототехники и беспилотных аппаратов появляется необходимость в новых устойчивых протоколах и методах передачи информации. Использование стандарта LoRa, хоть и накладывает значительные ограничения, позволяет решить часть поставленных задач.

### Список литературы

1. URL: <https://www.semtech.com/lora/what-is-lora>
2. SiRF Technology, Inc. NMEA Reference Manual // rev 2.1, Dec 2007
3. URL: <https://docs.novatel.com/OEM7/Content/Logs/GPRMC.html>
4. URL: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/spreading-factors/>
5. URL: [https://www.researchgate.net/figure/LoRa-Spreading-Factor-SF-Bitrates-and-Time-on-Air-LoRa-is-chosen-as-the-wireless\\_fig7\\_324043563](https://www.researchgate.net/figure/LoRa-Spreading-Factor-SF-Bitrates-and-Time-on-Air-LoRa-is-chosen-as-the-wireless_fig7_324043563)
6. URL: <https://gist.github.com/aemarkov/d696715917626edd4ba19bb76e72e71a>
7. Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки // Мир — 1976. — С. 596

## ОРИЕНТАЦИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

А. ШЕЛЯГ, Е.В. ИЛАТОВСКАЯ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им В.И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** В данной статье рассматривается разработка системы управления ориентацией электромеханического объекта с помощью ПИД регулятора, настроенного с помощью метода Циглера-Никольса. Представлены графики, полученные с испытаний на реальном объекте управления.

*Ключевые слова:* ПИД-регулятор, система управления, испытательный стенд, устойчивость, колебания.

В данной работе рассматривается система управления для электромеханического объекта, который помещён в испытательный стенд. Контур управления ориентацией очень важен, ведь именно от него в первую очередь зависит устойчивость всей системы. Стенд, в котором проводились испытания, позволяет настроить регулятор и подтвердить устойчивость.

Для калибровки работы электромеханического объекта был использован стенд, состоящий из шарнирной опоры – карданова подвеса. На рисунке 1 показана сама



установка. Такая конструкция позволяет имитировать различные углы отклонения и траектории движения, что необходимо для разработки управления ориентацией и проведении комплексных испытаний. Использование карданова подвеса в процессе настройки коэффициентов регулятора обеспечивает возможность последовательного и контролируемого вращения устройства в пространстве, что способствует выявлению и устранению систематических ошибок.



*Рис. 1. Карданов подвес*

Для обеспечения устойчивого положения стенда в ходе работы была проведена его калибровка грузилами, которые были прикреплены к внешней и внутренней раме установки. Также конструкция была дополнена креплениями для объекта и подставками для стенда. Дополнения были спроектированы в системе автоматизированного проектирования SolidWorks, а затем напечатаны на 3D принтере. Крепления были прикручены к прутьям установки с помощью гаечного крепления, а подставки были прикреплены с помощью пластиковых хомутов к основанию для обеспечения необходимой высоты стенда. Крепления представлены на рисунке 2.

Электромеханический объект управления состоит из четырёх актуаторов, управляемых с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Для обеспечения точного контроля положения и ориентации системы используются датчики гироскопа и акселерометра, данные с которых передаются на микроконтроллер по интерфейсу I2C. Определение угла отклонения объекта осуществляется на основе обработки этих данных. В качестве управляющего устройства применяется микроконтроллер STM32F767ZITxLQFP144, обладающий высокой производительностью и необходимыми периферийными интерфейсами, включая I2C для связи с датчиками и UART для обмена данными с внешними устройствами или компьютером.



*Рис. 2. Крепления для коптера*

Подставки для стенда представлены на рисунке 3.



*Рис. 3. Подставки для стенда*

Для повышения качества управления и устойчивости системы была проведена настройка ПИД-регулятора с использованием метода Циглера-Никольса, который позволил подобрать коэффициенты регулятора, обеспечивающие баланс между быстродействием и стабильностью. Такая архитектура управления позволяет эффективно регулировать угол отклонения объекта, компенсируя внешние возмущения и динамические особенности электромеханической системы с четырьмя актуаторами.

На рисунке 4 представлен график состояния электромеханического объекта в режиме вынужденных колебаний, который был достигнут с помощью подбора пропорционального коэффициента.

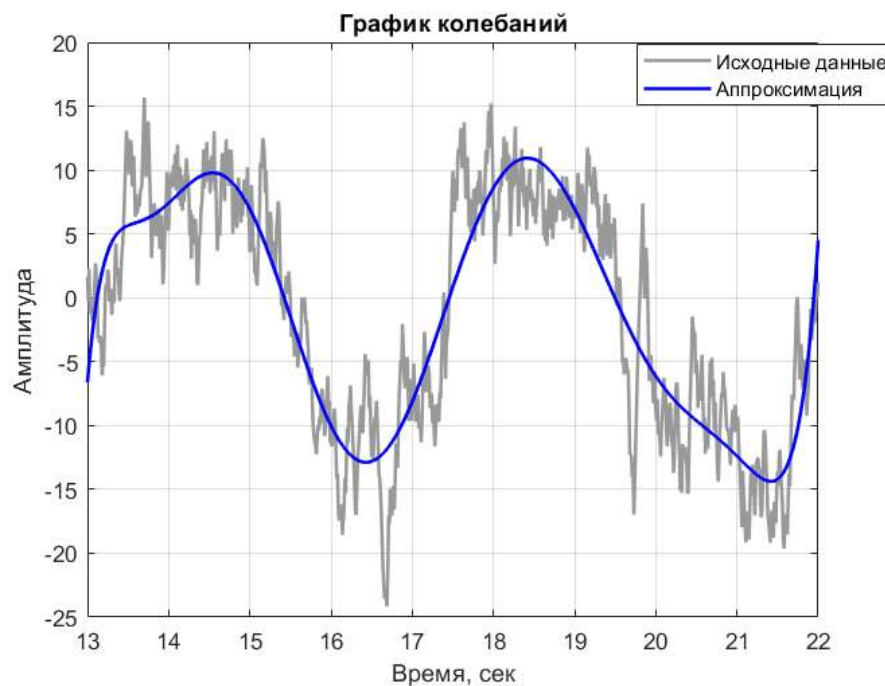
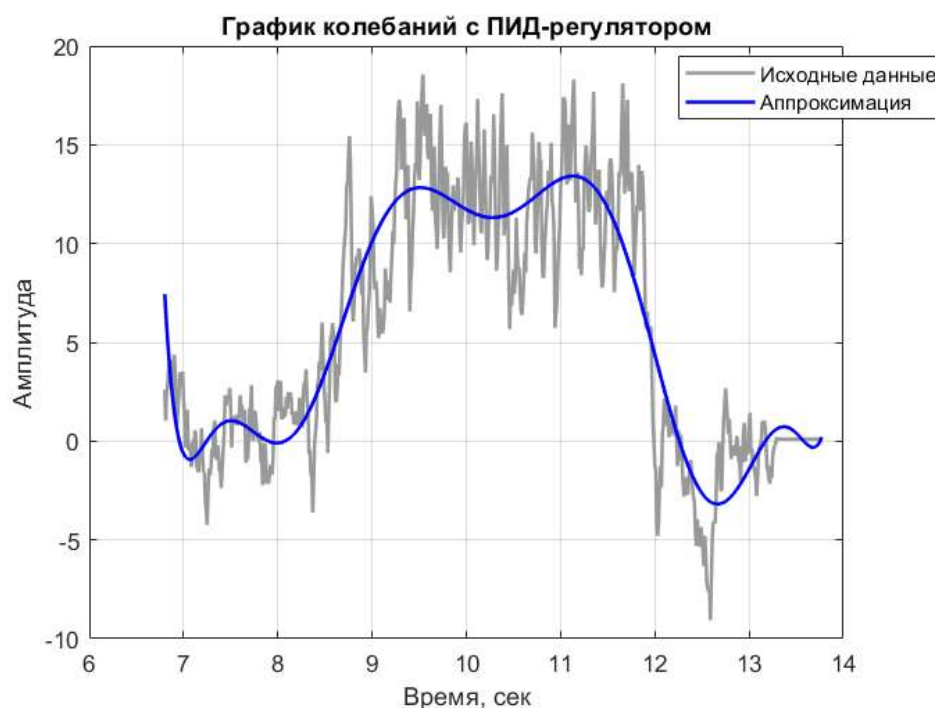


Рис. 4. График колебаний

Далее по методу Циглера-Никольса были рассчитаны коэффициенты ПИД-регулятора. В ходе эксперимента были немного изменены интегральная и дифференциальные коэффициенты для достижения необходимого результата. Итоговый график представлен на рисунке 5, он показывает, что при вынужденном отклонении объекта в стенде, через некоторый промежуток времени он стабилизировался в исходное положение, то есть в нулевую точку.



*Рис. 5. График колебаний, после расчёта коэффициентов*

В ходе работы были рассчитаны коэффициенты ПИД-регулятора по методу Циглера-Никольса, которые позволили объекту в стенде возвращаться в исходное положение.

**Список литературы.**

1. Кондратьев В. В., Мазуров В. М. Быстродействующий адаптивный ПИД-регулятор с настройкой параметров по методу Циглера-Никольса //Теплоэнергетика. – 1994. – №. 10. – С. 60-63.
2. Наumenко В. А., Кудряшев С. Б. Применение методов оптимальной настройки ПИД-регуляторов для управления двигателями постоянного тока //Актуальные проблемы науки и техники. 2019. – 2019. – С. 30-31.

## СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОД, АВТОМАТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

### СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ СУДОВОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА С ВНЕШНЕЙ ФОРСИРОВКОЙ

ВДОВИН А.Д., АБДУЛЛАЕВА З. М.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им В.И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** Выполнено моделирование системы автоматического регулирования возбуждения (САРВ) судового синхронного генератора с внешней форсировкой. Проведен сравнительный анализ моделей без форсировки и с внешним управлением возбуждающим напряжением. Для исследуемого генератора (50 Гц, 400 В, 85 кВА) смоделированы ступенчатые подключения нагрузок 50–100% номинала и оценены ключевые показатели качества: установившиеся и переходные отклонения напряжения, время восстановления. Показано, что применение внешней форсировки снижает переходные отклонения и сокращает время восстановления напряжения.

*Ключевые слова:* автоматическое регулирование возбуждения, синхронный генератор, внешняя форсировка, Matlab Simulink, переходный процесс

#### **Введение**

Системы автоматического регулирования возбуждения (САРВ) судовых синхронных генераторов обеспечивают устойчивость напряжения и стабильность работы судовой сети. Однако классические схемы САРВ нередко характеризуются значительными переходными отклонениями и длительным временем восстановления, что снижает надёжность энергоснабжения судна. Цель работы — исследовать влияние внешней форсировки на характеристики САРВ судового синхронного генератора. В рамках исследования реализована модель в среде MATLAB Simulink и проведён сравнительный анализ различных схем регулирования.

#### **Анализ существующих систем**

На данный момент широко применяется модель синхронного генератора по методике Парка–Горева, реализованная в блоке Synchronous Machine pu Fundamental (SimPowerSystems). Традиционный AVR (Excitation System) позволяет поддерживать выходное напряжение на уровне 1 pu при изменении нагрузки, однако при резких бросках потребления наблюдаются значительные переходные отклонения до  $\pm 10\%$  и длительное восстановление. Введение внешней форсировки возбуждения с регулируемым коэффициентом позволяет активизировать поле ротора пропорционально отклонению напряжения и ускорить динамику стабилизации.

#### **Методика моделирования**

Было построено три имитационные модели на основе структурной схемы (рис.1): без внешней форсировки (ВФ), с внешней форсировкой, с внешней форсировкой и контролем приращения напряжения (КПН) в среде Matlab Simulink. Исследуемый генератор имеет параметры: номинальные 400 В (линейное), 50 Гц, 85 кВА, 1500 об/мин. Нагрузки представляют собой статические Three-Phase Series RLC Load, последовательно

подключаемые шагами 50, 75 и 100% от номинальной мощности. На Рис. 2-3 приведены модели три имитационные модели: без внешней форсировки, с внешней форсировкой, с внешней форсировкой и контролем приращения напряжения.

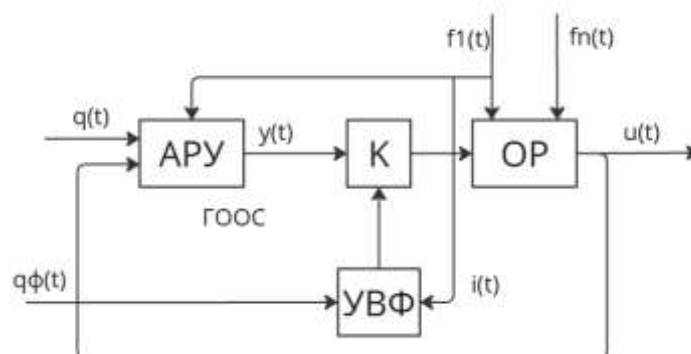


Рис.1. Структурная схема системы автоматического регулирования возбуждения с внешней форсировкой

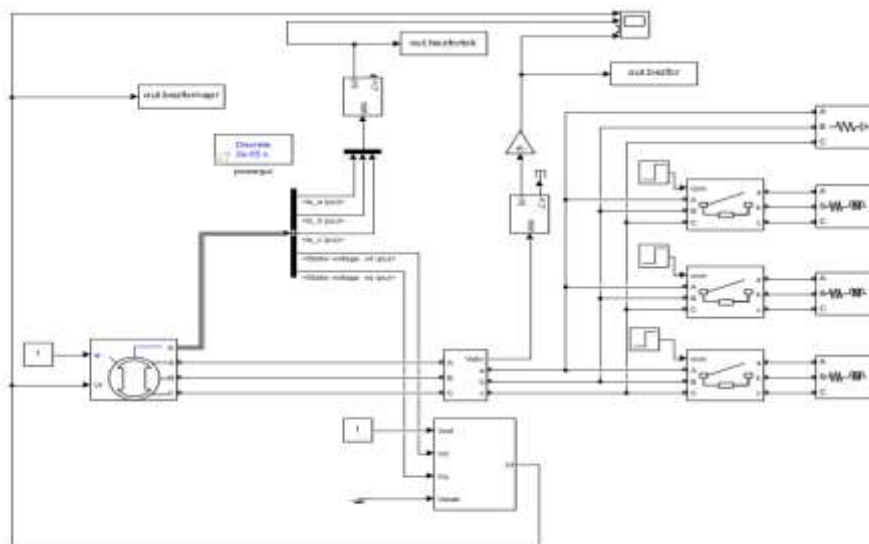


Рис.2. Имитационная модель системы автоматического регулирования возбуждения судового синхронного генератора без внешней форсировки

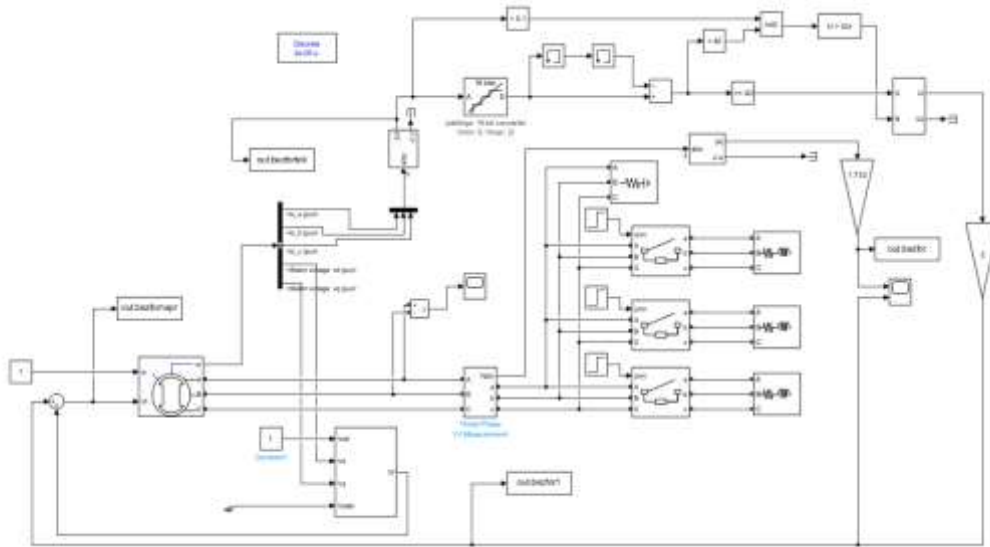


Рис.3. Имитационная модель системы автоматического регулирования возбуждения судового синхронного генератора с внешней форсировкой

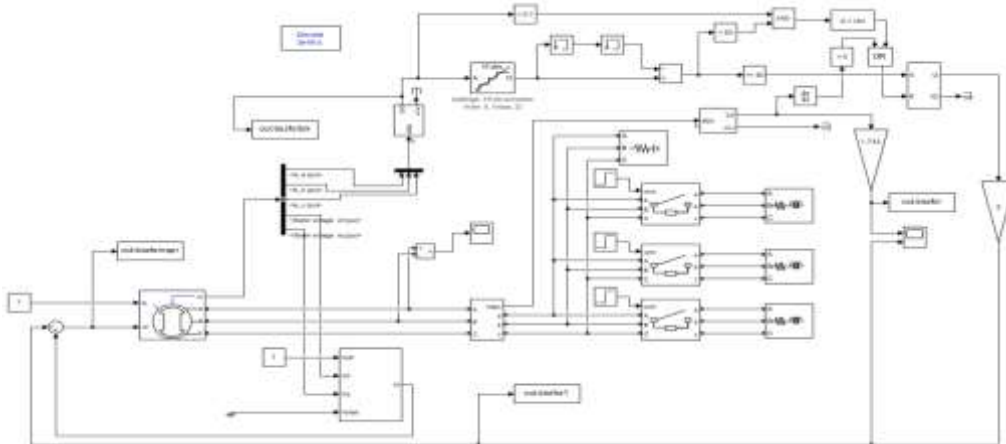


Рис.4. Имитационная модель системы автоматического регулирования возбуждения судового синхронного генератора с внешней форсировкой и контролем приращенния напряжения

На основании приведенных выше моделей, а так же разработанной имитационной модели САРВ судового СГ с внешней форсировкой, математическая модель, описывающая САРВ судового СГ с ВФ может быть записана в виде:

$$\begin{cases} U_d = R_s * i_d + \frac{d\Phi_d}{dt} - \omega_r * \Phi_q; \\ U_q = R_s * i_q + \frac{d\Phi_q}{dt} - \omega_r * \Phi_d \\ U'_{fd} = R'_{fd} * K_f * i'_{fd} + \frac{d\Phi'_{fd}}{dt} \\ U'_{kd} = R'_{kd} * i'_{kd} + \frac{d\Phi'_{kd}}{dt} \\ U'_{kd1} = R'_{kd1} * i'_{kd1} + \frac{d\Phi'_{kd1}}{dt} \\ U'_{kd2} = R'_{kd2} * i'_{kd2} + \frac{d\Phi'_{kd2}}{dt} \end{cases}$$



## Результаты моделирования

В процессе моделирования системы возбуждения без использования внешней форсировки было зафиксировано переходное отклонение напряжения на уровне  $-10,8\%$  при подключении нагрузки, эквивалентной  $100\%$  от номинальной. Установившееся отклонение напряжения при постоянной нагрузке составило  $8,06\%$ , что превышает допустимые значения, регламентированные стандартом ГОСТ 33115–2014.

На временной диаграмме отчётливо наблюдается резкий провал напряжения в момент подключения нагрузки. Введение внешней форсировки позволило частично устранить данный эффект: переходное отклонение снизилось до  $-6,6\%$ , а установившееся — до  $6,4\%$ . Однако при этом возникло выраженное перерегулирование, указывающее на то, что форсировка не отключается своевременно. Это снижает общую устойчивость системы и может привести к длительным колебаниям напряжения.

Для устранения данной проблемы в модель была добавлена функция контроля приращения напряжения (КПРН), обеспечивающая корректное и оперативное завершение форсирующего воздействия. Совмещённая схема с внешней форсировкой и КПРН показала улучшенные характеристики: переходное отклонение составило  $-4,8\%$ , а установившееся напряжение при неизменной нагрузке отклонялось лишь на  $3,7\%$ , что соответствует требованиям нормативных документов и свидетельствует о повышении качества регулирования.

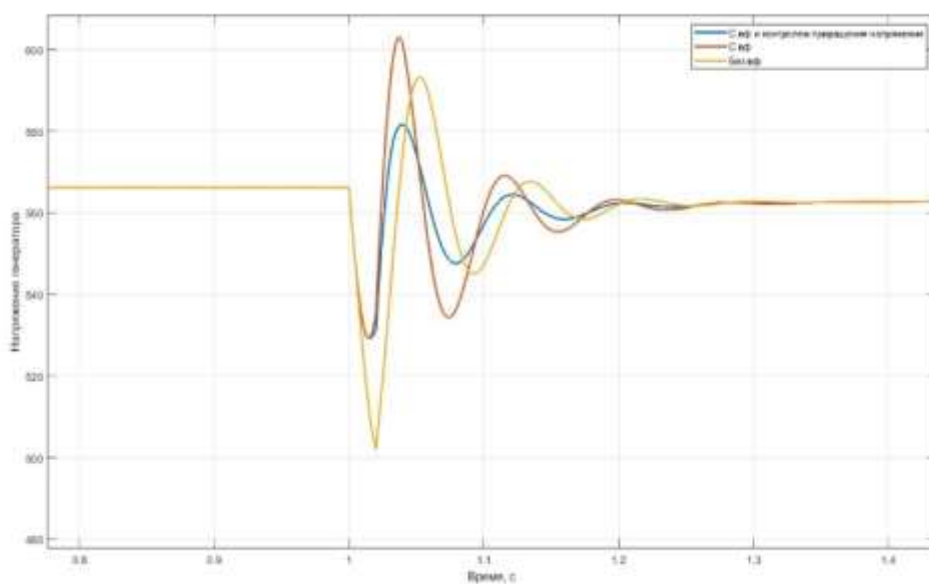


Рис.5. Графические результаты зависимости напряжения возбуждения от подключения нагрузки  $100\%$  ( $P=61.2$  кВт,  $Q=45.9$  кВар,  $S=85$  кВА) от мощности синхронного генератора

Таблица 1. Результаты моделирования

№	Модель	Установившееся отклонение напряжения при неизменной нагрузке, %	Установившееся отклонение напряжения при изменении нагрузки, %	Переходное отклонение напряжения, %	Время восстановления напряжения, сек.
1	Без ВФ	8.06	0.57	-10.8	0.52



2	С ВФ	6.4	0.57	-6.6	0.43
3	С ВФ и КПРН	3.7	0.57	-4.8	0.3
4	Допустимое отклонение	$\pm 5$	$\pm 2.5$	$\pm 10$	-

### Заключение

Разработанная модель САРВ с внешней форсировкой показала значительное улучшение динамических характеристик по сравнению с классической системой. Внешняя форсировка позволяет значительно уменьшить переходные отклонения и сократить время восстановления напряжения, что важно для надёжности электроснабжения судовых систем.

### Список литературы

1. Park R.H., Gorev A.V. Синхронные машины: теория и применение. М.: Энергоатомиздат, 2000.
2. Сугаков В.Г., Тоцев А.А., Зобов Л.В. Математическая и имитационная модель системы автоматического регулирования возбуждения судового синхронного генератора с внешней форсировкой. 2018г
3. Иванов И.И., Петров П.П. Исследование САРВ синхронных генераторов // Электротехника: теория и практика. 2023. №4. С. 45–52.
4. Смирнов А.В. Автоматическое регулирование возбуждения генераторов. СПб.: Наука, 2019.
5. ГОСТ Р 51317-99. Качество электроэнергии. Общие нормы.

## ЗЕЛЁНАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ ОТ МИКРОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

ЖИЛЯЕВ Н.Е.

*Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачёва*

**Аннотация.** В первой части статьи рассматриваются экологические аспекты традиционных способов получения электроэнергии. Во второй части представляется описание разработки и 3D-модели МГЭС. Описываются основные компоненты и принцип работы. Рассчитана укрупненная модель разработки.

*Ключевые слова.* Возобновляемые источники электроэнергии, микро-ГЭС, 3D-моделирование, расчет стоимости.

**Актуальность:** в настоящее время в России идет бурное развитие «чистой» электроэнергии. Специалисты со всей страны пытаются разработать новые экологические методы добычи энергии. Это все необходимо для борьбы с главными причинами человечества, а именно – это истощение невозобновляемых источников энергии и переработки отходов при их использовании.

**Предмет исследования:** получение ВИЭ.

**Объект исследования:** микро-ГЭС (МГЭС).

**Цель:** разработать возобновляемый источник электроэнергии, который сможет обеспечивать автономность работы небольших приусадебных хозяйств, пункты питания и освещение автомобильной дороги, а также рассчитать стоимость разработки.

**Задачи:**

- выявить оптимальный способ получения электроэнергии, который приносит наименьший вред природе;
- изучить механизм работы МГЭС;

- сделать необходимые расчеты для создания МГЭС;
- создать 3D модель МГЭС;
- рассчитать укрупненную стоимость разработки;
- выявить применимость и эффективность данной разработки.

Методы исследования: исследование литературы, 3D моделирование МГЭС.

В настоящее время основными источниками энергии являются углеводородное сырье и АЭС, наносящие вред экологии. Существуют экологичные возобновляемые источники энергии, такие как ГЭС, МГЭС, солнечная, ветряная и геотермальная энергетика. Однако, из-за географических особенностей, их развитие в нашей стране ограничено. Поэтому необходима разработка новых методов получения «зеленой» электроэнергии. Предлагается идея, основанная на МГЭС, для выработки «чистой» электроэнергии.

Разрабатывается МГЭС, использующая водопропускные трубы под автодорогами с постоянным течением воды. В качестве основы взят механизм выработки электроэнергии ГЭС, обеспечивающий независимость от времени суток и погоды, в отличие от солнечных батарей и ветрогенераторов.

ГЭС преобразует поток воды в электроэнергию с помощью задвижки, водяной турбины и синхронного генератора. Задвижка контролирует поток воды, турбина преобразует его энергию, а генератор вырабатывает переменное напряжение.

Планируется установка конструкции под автодорогой с постоянным водотоком и противоналедным лотком для работы МГЭС в зимний период, подобно прямоугольной трубе на реке Курляк 2-й под автодорогой «Северо-Западный обход города Кемерово». Расчетные параметры водотока: расход воды – 8,42 м<sup>3</sup>/с, уклон трубы – 0,5%, скорость воды на выходе – 3,78 м/с, поперечное сечение на выходе – 6 м<sup>2</sup>.



Рис. 1. Прямоугольная труба под автомобильной дорогой



Рис. 2 Противоналедневый лоток

На основе справочных данных из книги Б.Б. Кажинского "Свободнопоточные гидроэлектростанции малой мощности" (1950 г.) рассчитана мощность гидроустановки.

Зная исходные данные находим:

Динамический напор  $H$  составляет 0,73 ( $H = \frac{v^2}{2} \times g$ , где  $V$  – средняя скорость течения воды).

Мощность установки  $N$  равна 6,15 на 1 м<sup>2</sup> поперечного сечения ( $N = H \times Q$ ). Для 6 м<sup>2</sup> поперечного сечения мощность составляет 39,6 кВт·ч.

С учетом КПД 0,7 итоговая выработка электроэнергии оценивается в 27,72 кВт·ч.

Теперь перейдём к созданию 3D-модели МГЭС. Для представления нашей разработки было решено использовать популярную 3D-программу Blender. Для понимания общей

картины макет МГЭС был создан наглядно, без масштабирования и выдержки точных размеров. На нём можно увидеть, как будет располагаться МГЭС в пространстве и её основные компоненты.

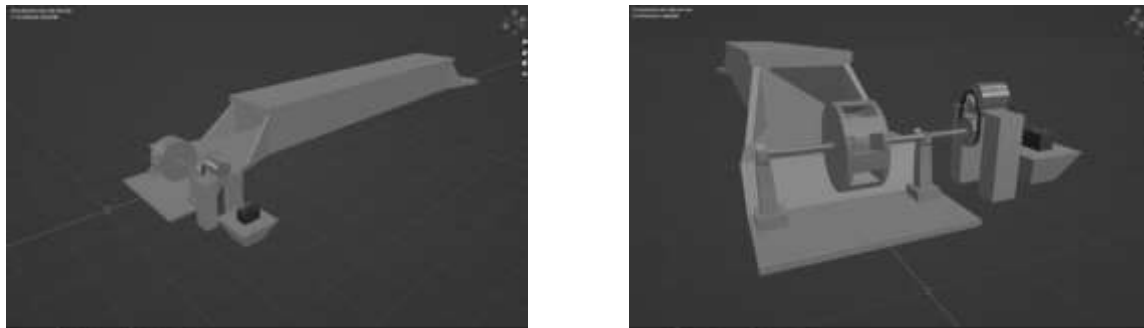


Рис. 3-4. 3D модель МГЭС

Разработка МГЭС имеет широкую практическую значимость для коммерческих и частных нужд. Оптимальное применение – освещение автотрассы. МГЭС может обеспечивать работу  $\approx 38$  светодиодных светильников типа Street-Solar ( $0,06 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  на светильник) при 12-часовой работе в сутки. Данные взяты с сайта производителя светильников. Так же разработка может быть использована для снабжения электрических приборов в небольшом частном доме.

Приведем средние расчеты при пиковой нагрузке за час потребления:

- для работы 20 лампочек потребуется  $0,2 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  энергии
- бытовая электроника заберёт  $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  энергии.

Итого пиковое потребление электроэнергии в загородном доме, в среднем, может составлять:  $1,2 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  энергии. А это означает, что мощности МГЭС будет достаточно чтобы обеспечить до 20 загородных домов в зависимости от потребляемой электроэнергии в часы пик.

Чтобы показать на сколько наша идея является рентабельной было решено рассчитать укрупненную стоимость нашей разработки. Для начала мы определились с основными позициями расходов (в стоимость так же вошли доставка материалов и все необходимые работы). В них входили:

1. Расчет стоимости устройства котлована с щебеночно-песчаной смесью (ЩПС).
2. Заливка гидротехнического бетона.
3. Возведение арматурного каркаса с опалубкой для устройства бетона.
4. Водяная мельница.
5. Трансформатор.
6. Подключение потребителя электроэнергией от МГЭС к сети:

Итого общая стоимость постройки МГЭС с учетом работы, доставки и закупки материалов будет составлять  $\approx 911190$  руб. А это значит, что разработка является относительно дешевой и недорогой.

Произведем сравнительный анализ трех ВИЭ — это солнечная, ветряная и наша МГЭС. Подбор оборудования был выполнен с учетом основных параметров мощности разработки. Будут рассмотрены следующие аспекты: выработка энергии в сутки, стоимость, окупаемость, преимущества и недостатки.

Для сравнения было решено взять гибридную солнечную электростанция, вертикально-осевой ветрогенератор и нашу разработку.

Таблица 1

	Солнечная панель	Ветрогенератор	МГЭС
Выработка энергии в сутки, кВт·ч	135	666,6	665,28
Стоимость, руб.	3 252 016	5 800 000	911 190
Окупаемость, лет	8,7	15,5	2,4
Преимущества	100% экологически чисты и бесшумны в процессе производства электроэнергии; Долговечность (20-30 лет); Перспективное направление получение электроэнергии.	Отсутствует загрязнение окружающей среды; Простой монтаж и техническое обслуживание; Использование неисчерпаемого источника энергии в независимости от времени года и суток.	Отсутствие вредных воздействий на качество воды; Сохранение природного ландшафта рек; Возможность обеспечивать электроэнергией отдаленные поселения; Низкая себестоимость.
Недостатки	Зависимость от времени года, погоды и времени суток Высокая стоимость; Проблемная утилизация отработанных панелей; Содержат в своем составе токсичные соединения.	Очень высокие первоначальные вложения и большой срок окупаемости; Шум при работе; Опасно для птиц; Вырабатывает вредный инфразвук для живых организмов Занимают огромную площадь земли.	Зависимость от гидрологического режима; Возможность поломки оборудования за счет мусора, содержащегося в воде; Долгий срок ремонта при поломке компонентов.

Следуя из сравнительной таблицы, можно сказать, что МГЭС по всем параметрам превосходит остальные источники возобновляемой электроэнергии – это говорит о большой эффективности разработки.

Своим проектом я хочу показать и рассказать людям, что для получения энергетических ресурсов необходимо использовать не только невозобновляемые, но и возобновляемые источники энергии. Ведь наша страна богата одним из самых больших источников возобновляемой электроэнергии — это вода.

Данным проектом хотелось бы сподвигнуть специалистов заняться этим вопросом более детально, потому что проблема экологии — это не единственная проблема, которая

существует в нашей стране. Но и решить вопрос с бесперебойным обеспечением электричеством удаленных сёл, деревень и т.д. для повышения уровня жизни людей в каждом уголке нашей страны.

### Список литературы

1. Гумаров, А. Гидроэлектростанция своими руками: как соорудить автономную мини-ГЭС / Амир Гумаров. – Текст: электронный // Интернет-энциклопедия по обустройству сетей инженерно-технического обеспечения «Совет инженера» : [сайт]. – Москва, 2019. – URL: <https://sovet-ingenera.com/eco-energy/ekodom/gidroelektrostanciya-svoimi-rukami.html> (дата обращения: 26.02.2025).
2. Кажинский, А. А. Свободнопоточные гидроэлектростанции малой мощности / А. А. Кажинский; Массовая радио-библиотека. – Москва : Государственное энергетическое издательство, 1950. – 74 с. – ISBN 9785458379250. – Текст: непосредственный.
3. Маниш, К. С. Hydroelectric Power Plant – Parts, Working, Advantages & Disadvantages / Маниш Кумар Саини. – Текст: электронный // «Tutorials point»: [сайт]. – Индия, 2022. – URL: <https://www.tutorialspoint.com/hydroelectric-power-plant-parts-working-advantages-and-disadvantages> (дата обращения: 01.03.2025).
4. Марченко, А. Большое будущее малых ГЭС — 2018 / Анна Марченко – Текст: электронный // Малая и микрогидроэнергетика : [сайт]. – Москва, 2018. – URL: <https://rina.pro/napravleniya-deyatelnosti/alternativnaya-energetika/mikro-gidro-elektrostancii> (дата обращения: 27.02.2025)

## РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ШАГАЮЩЕГО РОБОТА

ЛЯХОВСКИЙ А.С., ПОЛЯКОВ И., ПОРОХНЕНКО К.А.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им В.И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** Проект подразумевает разработку робота типа «Гексапод», с возможностью дальнейшего оснащения необходимыми для выполнения задач элементами.

*Ключевые слова:* шагающий робот, робототехника, управл

В настоящее время в мире робототехники существует множество различных типов роботов, которые классифицируются по различным критериям, включая способ передвижения. Понимание и классификация роботов по способам передвижения играют важную роль в определении их функциональности, эффективности и области применения. На данный момент выделяют три основных способа передвижения наземных роботов: с помощью колес, гусениц и имитация ходьбы человека или животного.

Колёсные роботы имеют достаточно простую конструкцию и обладают хорошей скоростью и манёвренностью. Гусеничные роботы имеют гусеничную платформу, которая повышает устойчивость и проходимость. А шагающие роботы обладают уникальной возможностью преодоления препятствий и плавного перемещения по сложному рельефу.

Разработка будущего прототипа шагающего робота началась с проработки 3D-модели отдельных частей устройства.



*Рис. 1. Разработка прототипа ноги робототехнического устройства*

После была реализована сборка модели прототипа.



*Рис. 2. Сборка модели прототипа*

Разработка робота – это не только алгоритмы и написание кода, но и прежде всего тщательных подбор элементов, от которого зависит его эффективность, надёжность, рентабельность, а также его возможности. Выбор аппаратной части можно разделить на следующие части: устройство управления, исполнительное устройство, программные компоненты и устройства ввода/вывода.



*Рис. 3. Основные элементы системы*

Для выбора управляющего устройства был проведён сравнительный анализ существующих отладочных плат, по итогам которого наилучшим вариантом оказалась отладочная плата STM32 Nucleo-64. В качестве исполнительного устройства решено использовать сервоприводы, отличительной особенностью которых является наличие

встроенной обратной связи по положению. Драйвер PCA9685 для управления сервоприводами снимет нагрузку с контроллера, а также разделит силовую часть от логической. В качестве устройства ввода решено использовать геймпад, который позволит в полной мере управлять роботом.

Таким образом разработан шестиногий шагающий робот, который имеет ряд преимуществ перед другими платформами, а именно высокую устойчивость и относительно хорошую манёвренность, что повышает его проходимость и устойчивость.

### Список литературы

1. Ларкина В.А. – Шагающие роботы для спасательных операций. Обзор и анализ существующих моделей // Кибернетика и программирование. – 2021. - №1. – С. 35 – 73.
2. Способы передвижения шагающих роботов // URL: <http://roboticslib.ru/books/item/f00/s00/z0000016/st027.shtml> (Дата обращения: .25.04.2025)
3. Al-Shuka Hayder F. N., Allmendinger F., Corves B. and Wen-Hong Zhu. Modeling, Stability and Walking Pattern Generators of Biped Robots: a Review. Robotica. 2014;32:907–934. DOI: 10.1017/S0263574713001124.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА СУДНЕ

ПРИХОДЬКО И.А., АБДУЛЛАЕВА З. М.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им В.И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** В работе исследуются различные подходы к повышению качества генерируемой на судне электроэнергии посредством комплексной координации систем электропривода и синхронной генерации, а также внедрения пассивных фильтров. Регулирование скорости асинхронного двигателя короткозамкнутого типа реализовано на основе скалярного  $U/f$ -управления, обеспечивающего поддержание постоянного магнитного потока. Для стабилизации напряжения судового генератора применена система автоматического возбуждения (AVR), позволяющая быстро и точно поддерживать его терминальное напряжение в заданных пределах.

*Ключевые слова:* качество электроэнергии, асинхронный генератор,  $U/f$ -управление, Matlab Simulink, фильтры

### Введение

Управление асинхронным двигателем короткозамкнутого типа выполнено по простому  $U/f$ -методу с PI-регулятором скорости, что позволяет сохранять постоянный магнитный поток и обеспечивать предсказуемое время разгона. В качестве развязки и демпфирования гармоник между генератором и преобразовательным блоком установлен трансформатор «звезда–треугольник», за которым последовательно подключены LC-фильтры и дроссели: они эффективно сглаживают пульсации выпрямленного и инвертированного напряжений. Для автоматического поддержания номинального уровня напряжения синхронного генератора применена система возбуждения (AVR) с тонко настроенными PI-коэффициентами, что обеспечивает быстрый отклик на изменение нагрузки и минимальные искажения в стационарном режиме. Такая архитектура, объединяющая скалярное управление машиной, фильтрацию и адаптивное возбуждение, гарантирует стабильность электрической сети судна как при штатной работе, так и при резких изменениях нагрузки.

### Моделирование системы

Модель системы реализована в среде Simulink с привлечением компонентов из библиотеки Simscape Electrical. В её основе — блок Asynchronous Machine (pu-Units) для представления АД КЗ, управляемый при помощи блока PI Controller (Simulink → Discrete), реализующего скалярную стратегию U/f посредством Three-Phase Sine Wave Generator и PWM Generator. Между выходом генератора и выпрямителем размещён блок Three-Phase Transformer (звезда–треугольник), далее последовательно с дополнительными дросселями Series RLC Branch (реализация дросселей). Инверторная часть представлена блоком Universal Bridge для управления IGBT-мостом, за которым установлен второй LC-фильтр. Питание синхронного генератора моделируется блоком Synchronous Machine, снабжённым встроенным Excitation System (Specialized Power Systems → Machines → Excitation System), настроенным PI-регулятором возбуждения. Вся конфигурация объединена через Simulink-PS Converter и PS-Simulink Converter для перехода между физическими и управляющими сигналами. На рисунке 1 приведена общая модель всей системы.

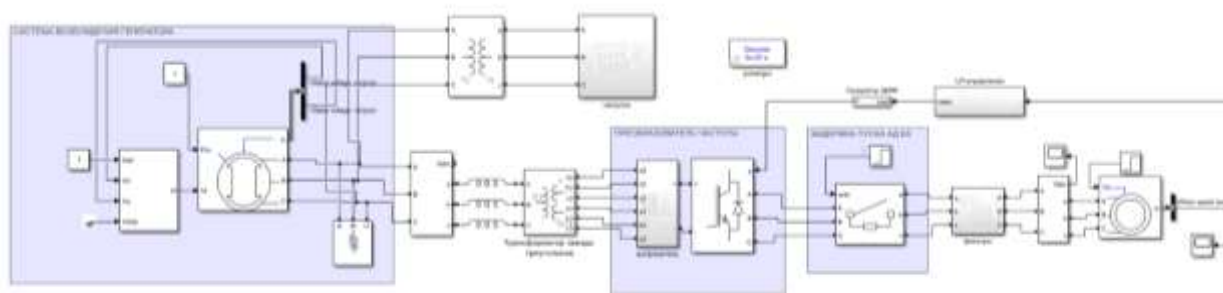


Рис.1. Модель судовой системы

На рисунке 2 представлена структурная схема U/f управления асинхронным двигателем.

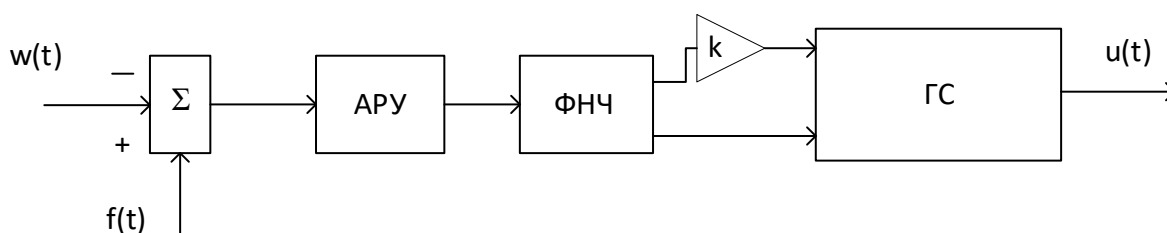


Рис.2. Структурная схема скалярного управления

$W(t)$  – значение скорости вращения ротора асинхронного двигателя;

$f(t)$  – номинальное значение скорости вращения;

АРУ – автоматическое регулирующее устройство (в данном случае ПИ-регулятор);

ФНЧ – фильтр нижних частот;

$k$  – коэффициент нарастания амплитуды;

ГС – генератор сигнала;

$u(t)$  – опорный сигнал для ШИМ –генератора.



Сигнал создаваемый ГС представляет собой 3 синусоиды с разностью фаз в 120 градусов, с постепенно нарастающими частотой и амплитудой. Значение частоты умножается на коэффициент  $k = \frac{U_H}{U_{dc} \cdot f_H}$ , где  $f_H$  – номинальная частота двигателя,  $U_H$  – номинальное напряжение двигателя,  $U_{dc}$  – значение напряжения на выходе выпрямителя. На рисунке 3 представлена модель вторичных потребителей на судне.

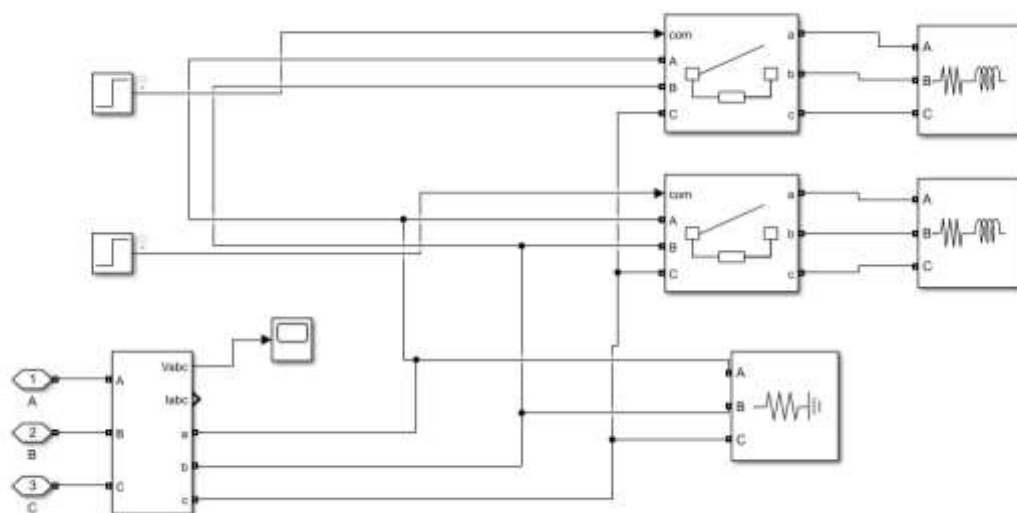


Рис.3. модель вторичных потребителей

### Результаты моделирования

В результате моделирования подтверждена высокая эффективность предложенной структуры управления. При скалярном U/f-регулировании скорость асинхронного двигателя достигала заданного уровня 1 о.е., также после подключения момента сопротивления скорость вернулась на нужный уровень. Установленный трансформатор «звезда–треугольник» и последующие LC-фильтры с дросселями обеспечили сохранение синусоидальной формы напряжения генератора. Автоматическое регулирование возбуждения генератора (AVR) удерживало терминальное напряжение в номинальном при динамической нагрузке, что свидетельствует об устойчивости и точности работы всей энергосистемы судна. На Рис.4 приведена переходная характеристика скорости асинхронного двигателя

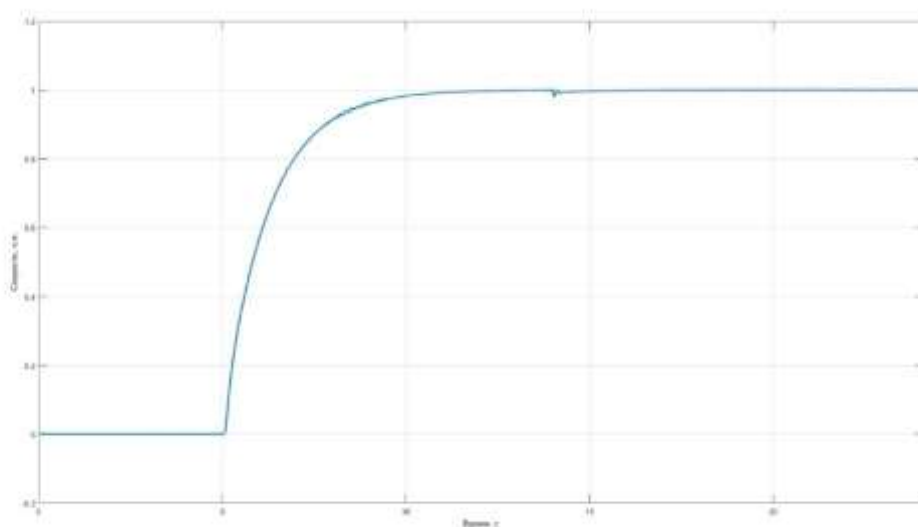


Рис.4. График скорости асинхронного двигателя

На рис. 5 приведены графики амплитудного значения напряжения на выходе генератора

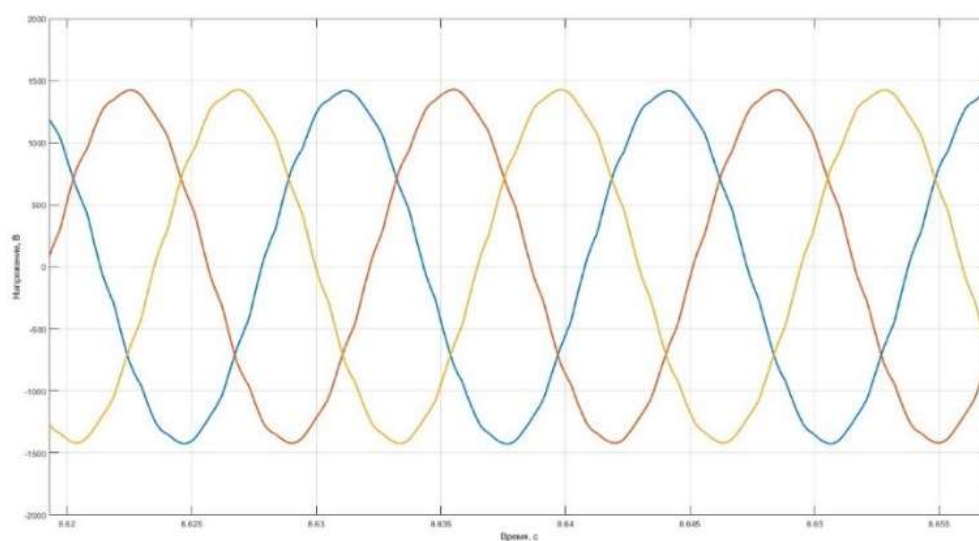


Рис.5. График напряжения на выходе генератора после запуска двигателя

### Расчёт фильтров

Расчёт входного LC-фильтра производился на основе допустимого уровня пульсаций и характеристик нагрузки: при номинальном токе  $\approx 109$  А и допустимой пульсации  $\Delta U \leq 2,5 \%$  ( $\approx 27,5$  В) на частоте выпрямления 12-пульсного моста  $f_{rip}=600$  Гц ёмкость конденсатора определялась по формуле

$$C = \frac{I_n}{\Delta U * f_{rip}}$$

и составила около 1 050 нФ. Частота среза фильтра выбиралась на уровне  $f_c = \frac{f_{sw}}{10} = 135$  Гц, что позволяет эффективно ослаблять гармоники ШИМ при 1 350 Гц, а индуктивность рассчитывалась из соотношения  $f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ,  $L \approx 1,3$  мГн.

### Заключение

В заключение отметим, что предложенная многоуровневая структура управления, объединяющая скалярное U/f-регулирование асинхронного двигателя, PI-автомат возбуждения синхронного генератора и рассчитанные пассивные фильтры, позволяет обеспечить на судне требуемые показатели качества электроэнергии. Скорость привода стабилизируется в заданном диапазоне без значимых колебаний и с минимальным перерегулированием, а форма и амплитуда синусоиды генератора сохраняются в пределах допусков (THD < 8 %). Комплексное применение трансформатора «звезда–треугольник», LC-фильтров и оптимизированных PI-контуров обеспечивает высокую устойчивость системы при переходных процессах и динамических изменениях нагрузки, что подтверждается результатами моделирования.

### Список литературы

1. Агунов А.В. Методология и принципы построения систем управления параметрами качества электрической энергии в судовых электроэнергетических системах с нелинейными элементами: диссертация д-ра техн. наук / А.В. Агунов. – Санкт-Петербург, 2004. – 186 с.
2. Калачев Ю.Н., Александров А.Г. Преобразователи автономных источников электроэнергии (и их модели): практикум по моделированию систем автоматического регулирования / Ю.Н. Калачев, А.Г. Александров. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 80 с.
3. Чугаев С.А., Гончарова О.Н., Доровской В.А. Методы повышения качества электроэнергии судовых электроэнергетических систем // Электротехнические системы судов и кораблей: сб. статей / ФГБОУ ВО КГМУ – 7 с.

## СИСТЕМЫ КОМПЕНСАЦИИ КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА ДЛЯ СУДОВЫХ КРАНОВ

САЛИХОВ К.Ф., САППО А.А., ПОРОХНЕНКО К.А.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им В.И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** В работе разрабатывается система управления перемещением груза с учетом его колебаний, которые возникают в процессе перемещения.

**Ключевые слова:** *судовой кран, система управления краном, нок стрелы.*

Задача стабилизации груза при перемещении судовым краном считается одной из самых актуальных в современном мире. Судовые краны используются повсеместно, они являются незаменимой частью мировой торговли, требующей перемещения больших товаров на транспортные средства и обратно.

Данная работа посвящена созданию и изучению математической модели судового крана с жесткой стрелой, а также разработке алгоритма управления его приводами и стабилизации груза при наличии качки. В рамках работы была смоделирована упрощенная модель, описывающая движение груза, в виде сферического маятника с подвижной точкой подвеса, реализована программа для ПЛК Siemens S7-300 на языке LAD, способная управлять приводами рассматриваемого судового крана, разработан алгоритм, позволяющий минимизировать влияние качки на перемещение груза из точки в точку.

Для данного проекта в качестве основного управляющего действия был выбран ПЛК Siemens S7 1517-3 PN/DP. Конфигурация ПЛК представлена на рисунке 1.

Данный выбор обусловлен относительно разумной ценой, достаточной функциональностью и хорошей надежностью. Кроме того, важную роль сыграло наличие невероятно удобной, абсолютно универсальной и обладающей широким спектром возможностей программной среды от Сименс – TIA Portal V18.

Для управления краном и активации всех возможных режимов программы требуется HMI панель оператора, представленная на рисунке 2.

В верхней части панели находятся области ручного управления позволяющие указывать желаемые скорость и позицию каждого из механизмов, а также отображать их текущие значения. Здесь также присутствует индикация состояния каждой из осей позиционирования.



Рис. 1. ПЛК Simatic S7-1517-3 PN/DP



Рис. 2. Панель оператора HMI

Поворотный механизм отвечает за вращение стрелы крана по горизонтали. Оператор может включить ось, установить целевую угловую позицию и желаемую скорость

поворота. Интерфейс отображает текущий угол поворота стрелы, а также скорость, с которой она движется. Управление направлением вращения осуществляется двумя кнопками: «Против часовой» и «По часовой», а запуск и остановка — кнопками «Пуск» и «Стоп».

Результат работы системы записывается в виде графиков положения.

На рисунке 3 продемонстрированы графики при работе автоматического режима. На верхнем графике поворотного механизма виден скачек, образующийся при переходе с 0 на 360 градусов. Это результат использования циклической системы координат для поворотного механизма.

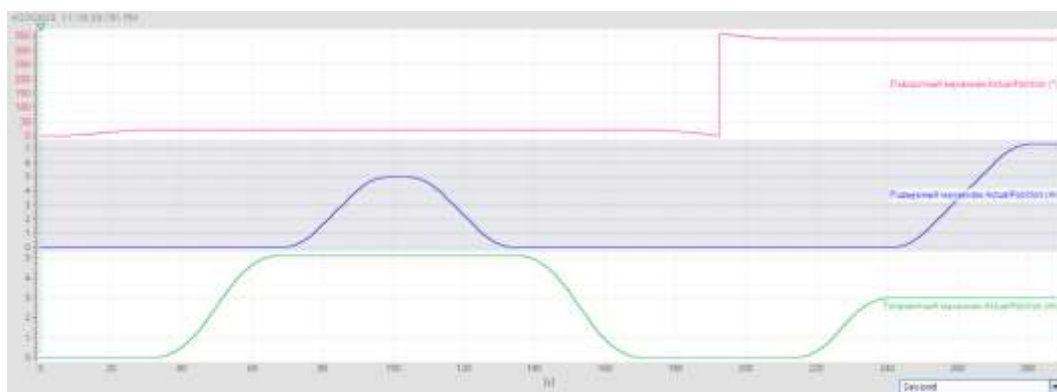


Рисунок 3 – Положение трех механизмов при работе автоматического режима

Циклическая система координат – это система, где одна или несколько координат являются углами (например, полярная, цилиндрическая, сферическая), повторяющимися с периодом  $2\pi$ .

В ходе проведенного исследования были разработаны и протестированы алгоритмы управления перемещением груза судового крана с использованием ПЛК Siemens/ Успешно настроена работа в среде SIA Portal, разработаны программы на языке LAD и обеспечена интеграция с исполнительными механизмами.

### Список литературы

1. Вайнсон, А. М. Подъемные краны / А. М. Вайнсон. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1988. – 432 с.
2. Воробьев, А. Ф. Электропривод судовых механизмов / А. Ф. Воробьев. – Ленинград: Судостроение, 1984. – 288 с.
3. Miskinis C. Explaining the Definition of Digital Twin and How It Works. <https://www.challenge.org/insights/what-is-digital-twin>, 2018.

## СВОЙСТВА БИПОЛЯРНОЙ ПОРОГОВОЙ МОДЕЛИ МЕМРИСТОРОВ

СМИРНОВ В.А., СОЛОВЬЕВА Е.Б.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им В.И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** Рассмотрены особенности биполярной пороговой модели (Bipolar Memristive System with Threshold, BMST) мемристоров. Представлены уравнения и функции, ее описывающие. Приведена классификация математических моделей мемристивных устройств и отмечены часто используемые

универсальные модели мемристоров. Выполнен сравнительный анализ моделей и подчеркнуты достоинства BMST-модели.

*Ключевые слова:* мемристор, математическая модель, модель мемристора, мемристанс, биполярная пороговая модель

Мемристор в качестве нового электрического элемента ввел профессор Леон Чуа, который в 1971 году описал полную взаимосвязь между электрическими сигналами (зарядом, током, напряжением и магнитным потоком), а именно ввел зависимость между магнитным потоком и зарядом [1]. Мемристор – это резистор с памятью (отсюда название *memristor* = *memory* + *resistor*), который применяется в разных технических областях [2]. Его вольтамперная характеристика имеет вид гистерезиса, проходящего через начало координат [2], [3]. Поведение мемристанса (сопротивления мемристора) показано на рисунке 1, где  $R_{on}$  и  $R_{off}$  – минимальный и максимальный мемристансы, соответственно.

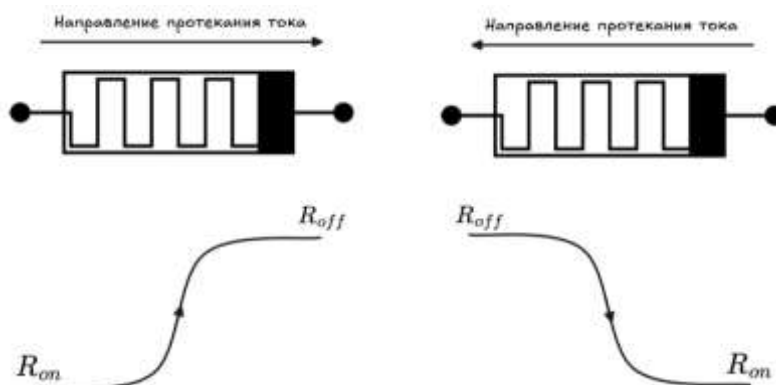


Рис. 1. Поведение мемристанса

Разные технологии и материалы применяются для создания мемристоров. Физические процессы, лежащие в основе технологий, различны, например, окислительно-восстановительные реакции [1], [4]-[6]; фазовое изменение состояния [1], [5]; спинтроника [1], [5]; сегнетоэлектрический туннельный переход [1], [5]; электрохимическая металлизация [5]; магнитный туннельный переход [5]. Разные технологии порождают разные математические модели мемристоров. Классификация математических моделей мемристивных устройств представлена на рисунке 2 [3].

Одна из универсальных математических моделей мемристоров, обеспечивающая высокую точность, – биполярная пороговая модель (Bipolar Memristive System with Threshold, BMST) [7], [8]. Эта модель относится к категории *generic* (рисунок 2) и описывается двумя уравнениями [8]:

$$i = x^{-1} \cdot u,$$

$$\frac{dx}{dt} = f(u) \cdot w(x, u),$$

где  $i$ ,  $u$  – ток и напряжение мемристора,  $x$  – переменная состояния,  $f(u)$  – нелинейная функция с пороговыми свойствами,  $w(x, u)$  – оконная функция, ограничивающая мемристанс значениями  $R_{on}$  и  $R_{off}$ . Нелинейная функция  $f(u)$  имеет вид:

$$f(u) = \beta u + 0.5(\alpha - \beta) \left[ |u + U_t| - |u - U_t| \right],$$

где  $\beta$  – коэффициент наклона при  $|u| > U_t$ ,  $\alpha$  – коэффициент наклона при  $|u| < U_t$ ,  $U_t$  – пороговое значение напряжения. Функция  $f(u)$  качественно показана на рисунке 3 [8].

Ideal memristor:	$\begin{cases} i = G(\varphi)v \\ d\varphi = v \end{cases}$	OR	$\begin{cases} v = R(q)i \\ dq = i, \end{cases}$
Ideal Generic memristor:	$\begin{cases} i = G(x)v \\ dx = \tilde{g}(x)v \end{cases}$	OR	$\begin{cases} v = R(x)i \\ dx = \hat{f}(x)i \end{cases}$
Generic memristor:	$\begin{cases} i = G(\mathbf{X})v \\ d\mathbf{X} = \mathbf{g}(\mathbf{X}, v) \end{cases}$	OR	$\begin{cases} v = R(\mathbf{X})i \\ d\mathbf{X} = \mathbf{f}(\mathbf{X}, i) \end{cases}$
Extended memristor:	$\begin{cases} i = G(\mathbf{X}, v)v, G(\mathbf{X}, 0) \neq \infty \\ d\mathbf{X} = \mathbf{g}(\mathbf{X}, v) \end{cases}$	OR	$\begin{cases} v = R(\mathbf{X}, i)i, R(\mathbf{X}, 0) \neq \infty \\ d\mathbf{X} = \mathbf{f}(\mathbf{X}, i) \end{cases}$

Рис. 2. Классификация математических моделей мемристивных устройств

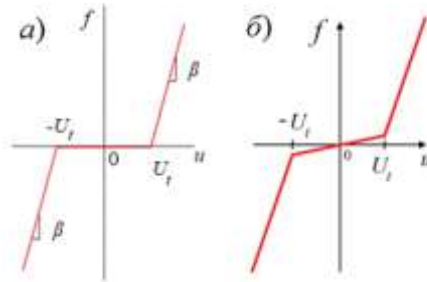


Рис. 3. Нелинейная функция  $f(u)$  с пороговыми свойствами: а)  $\alpha = 0$ , б)  $\alpha \neq 0$

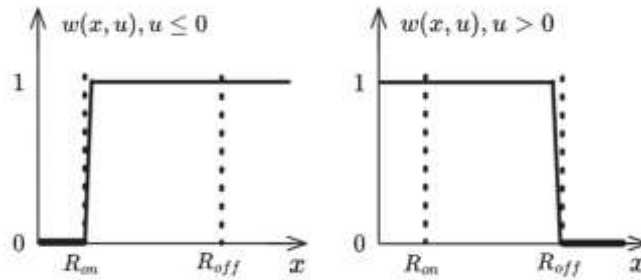


Рис. 4. Части оконной функции при отрицательном и положительном напряжениях

Оконная функция  $w(x, u)$  описывается уравнением

$$w(x, u) = \delta_1(u) \cdot \delta_1(R_{off} - x) + \delta_1(-u) \cdot \delta_1(x - R_{on}),$$

где  $\delta_1$  – функция Хевисайда. Части оконной функции при положительном и отрицательном напряжениях изображены на рисунке 4. Согласно свойствам Продромакиса [9], функция  $w(x, u)$  не преобразуется к линейной и не является масштабируемой. Дополнительно в [9] описывается проблема «запирания границы», которую функция  $w(x, u)$  успешно решает.

Сравнение математических моделей мемристоров выполним согласно следующим факторам [7]:

1. *Тип модели*: модель может формироваться с учетом или без учета физических процессов в мемристоре.
2. *Зависимость мемристанса*: модели относительно мемристанса могут быть явные и неявные.
3. *Наличие пороговых значений*: задание пороговых значений, после которых начинаются переходные процессы переключения состояний мемристора, повышает физическое правдоподобие, аналогично моделированию полупроводников с PN-переходами.
4. *Класс мемристивной системы*: модели, относящиеся к классам generic и extended (рисунок 2), считаются универсальными.
5. *Сложность*: в зависимости от математического описания, модели могут быть простыми и сложными.
6. *Точность модели*: чем ближе результаты моделирования к экспериментальным данным, тем точнее математическая модель.
7. *Поддержка высоких частот (выше 1 МГц)*: работа на высоких частотах важна для современных устройств, включая мемристивные.
8. *Симметрия*: симметрия возможна между процессами установки состояния (SET) и (RESET).
9. *Механизм управления*: изменение состояний мемристора (его управление) может осуществляться током, напряжением, зарядом или магнитным потоком.
10. *Импульсное программирование*: переключение состояний мемристора возможно с помощью импульсов разной амплитуды, частоты и скважности.

Свойства универсальных моделей мемристоров представлены в таблице 1. Рассмотрены следующие модели: BMST [8], модель линейного дрейфа ионов (Linear ion drift) [10], модель нелинейного дрейфа ионов (Nonlinear ion drift, Lehtonen and Laiho) [10], модель туннельного барьера Симмонса (Simmons Tunnel Barrier) [11], TEAM (ThrEshold Adaptive Memristor) [10] и VTEAM (Voltage ThrEshold Adaptive Memristor) [10].

Таблица 1

**Свойства универсальных моделей мемристоров**

Свойство	BMST	Linear ion drift	Nonlinear ion drift (Lehtonen and Laiho)	Simmons Tunnel Barrier	TEAM	VTEAM
Тип модели	Аналитическая	Идеализированная физическая	Физически обоснованная	Физически обоснованная	Физически обоснованная	Физически обоснованная
Мемристанс	Явный	Явный	Неявный	Неявный	Явный	Явный
Пороговые св-ва	+	—	—	—	+	+
Универсальность	+	—	—	—	+	+
Сложность	Низкая	Низкая	Высокая	Высокая	Низкая	Низкая
Точность	Высокая	Очень низкая	Низкая	Высокая	Достаточная	Достаточная
Высокочастотное применение	+	—	—	+	+	+
Симметрия	+(если $\alpha = 0$ )	+	—	—	—	—



Механизм управления	Напряжени е	Ток	Напряжени е	Ток	Ток	Напряжени е
Зависимость от напряжения / времени при импульсном программировании	+ / –	– / –	– / –	– / –	– / –	+ / –

Из анализа таблицы 1 следует, что модель BMST не связана с конкретными физическими процессами, поэтому она универсальна, т. е. инвариантна к технологиям и материалам создания мемристоров. Модель BMST характеризуется низкой сложностью и высокой точностью. Из рассмотренных моделей наиболее близкой к BMST-модели является VTEAM-модель.

### Список литературы

1. Соловьева Е.Б., Смирнов В.А. О физических процессах в мемристорах // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Т. 17, № 1. 2024. С. 90-98.
2. Соловьева Е.Б., Смирнов В.А., Балданова Ю.А., Сердюк А.П. Мемристор и его роль в электротехнике // МКЭЭЭ-2024 : Труды XX Международной Конференции «Электротехника, Электротехнологии, Электротехнические Материалы и Компоненты», пос. Поведники, Московская область, 16–19 сентября 2024. 2024. С. 52-57.
3. Chua L. Everything You Wish to Know About Memristors But Are Afraid to Ask // Radioengineering. vol. 24, no. 2. 2015. С. 319-368.
4. Yoon J. H., Song Y.-W., Ham W., Park J.-M., Kwon J.-Y. A review on device requirements of resistive random access memory (RRAM)-based neuromorphic computing // APL Materials. vol. 11, no. 9. 2023. С. 1-18.
5. Khan R., Rehman N. U., Iqbal S., Abdullaev S., Aldosari H. M. Resistive Switching Properties in Memristors for Optoelectronic Synaptic Memristors: Deposition Techniques, Key Performance Parameters, and Applications // ACS Applied Electronic Materials. vol. 6, no. 1. 2024. С. 73-119.
6. Solovyeva E., Serdyuk A. Behavioral Modeling of Memristors under Harmonic Excitation // Micromachines. vol. 15, no. 1. 2024. С. 1-15.
7. Hajri B., Aziza H., Mansour M. M., Chehab A. RRAM Device Models: A Comparative Analysis With Experimental Validation // IEEE Access. vol. 7. 2019. С. 168963–168980.
8. Pershin Y. V., Ventra M. D. SPICE Model of Memristive Devices with Threshold // Radioengineering. vol. 22, no. 2. 2013. С. 485-489.
9. Соловьева Е.Б., Смирнов В. А. Оконные функции в модели линейного дрейфа ионов для мемристоров // САД: Международный сборник научных трудов пятой международной заочной конференции «Синтез, анализ и диагностика электронных цепей», г. Ульяновск, 23–25 мая 2024 г. Вып. 18. 2024. С. 74-78.
10. Maruf M. H., Ali S. I. Review and comparative study of I-V characteristics of different memristor models with sinusoidal input // International Journal of Electronics. vol. 107, no. 3. 2020. С. 349-375.
11. Daoud A. A., Shaaban A. A., Abuelenin S. M. Accuracy Enhancement of Pickett Tunnelling Barrier Memristor Model // ICITACEE : The 1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering. Semarang - S., 2014.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ШЕСТИФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

ШЛЯПЦЕВ К.М.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им В.И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** В данной статье применяется альтернативный подход к созданию математической модели шестифазного асинхронного двигателя с помощью фазных координат, где уравнения записаны в матрично-векторной форме. В ходе научной работы была исследована синтезированная математическая

модель двигателя при прямом пуске в среде программирования SimInTech. Полученные графики переходных процессов говорят об адекватности синтезированной модели.

*Ключевые слова:* шестифазный, асинхронный двигатель, фазные координаты, матрица-вектор

## Введение

Анализ отечественных и зарубежных статей показывает, что подход к моделированию шестифазного асинхронного двигателя такой-же, как и у трехфазного – с помощью вращающейся системы координат (dq). Эта система имеет ряд допущений, направленных для упрощения моделирования [1]. Одно из таких допущений, является неприменимым для шестифазного асинхронного двигателя – эквивалентная Т-образная схема замещения двигателя, где каждая фаза статора соответствует каждой фазе ротора и не учитывается сдвиг между обмотками статора и ротора (т.е. оси обмоток совместимы). В данной статье предлагается альтернативный подход к моделированию двигателя в виде фазных координат с использованием матриц-векторов.

## Синтез математической модели.

Математическое описание любого асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором основывается на системе уравнений, которая включает в себя уравнения равновесия статора и ротора, уравнения потокосцепления статора и ротора [2], уравнение электромагнитного момента, рассчитанного через соотношения мощностей двигателя [3] и уравнение вращения ротора:

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{U}_S = R_S \vec{I}_S + \frac{d \vec{\Psi}_S}{dt} \\ \vec{U}_R = R_R \vec{I}_R + \frac{d \vec{\Psi}_R}{dt} \\ \vec{\Psi}_S = L_S \vec{I}_S + L_{mS}(\Theta) \vec{I}_R \\ \vec{\Psi}_R = L_{mR}(\Theta) \vec{I}_S + L_R \vec{I}_R \\ M_{эм} = \frac{P_{мех}}{\omega_{мех}} = \left( \vec{I}_S^T \frac{dL_{mS}(\Theta)}{dt} \frac{1}{L_R} \vec{\Psi}_R \right) / \omega_{мех} \\ M_{эм} - M_c = J \frac{d\omega_{мех}}{dt} \end{array} \right. ,$$

где:  $\vec{U}_S$  – вектор напряжений статора, размером  $[6 \times 1]$ ;  $\vec{I}_S$  – вектор токов статора, размером  $[6 \times 1]$ ;  $R_S$  – диагональная матрица сопротивлений статора, размером  $[6 \times 6]$ ;  $\vec{\Psi}_S$  – вектор потокосцепления статора, размером  $[6 \times 1]$ ;  $L_S$  – матрица индуктивностей статора, размером  $[6 \times 6]$ ;  $L_{mS}(\Theta)$  – матрица дополнительной составляющей потокосцепления статора, размером  $[6 \times 3]$ ;  $\vec{U}_R$  – вектор напряжений ротора, размером  $[3 \times 1]$ ;  $\vec{I}_R$  – вектор токов ротора, размером  $[3 \times 1]$ ;  $R_R$  – диагональная матрица сопротивлений ротора, размером  $[3 \times 3]$ ;  $\vec{\Psi}_R$  – вектор потокосцепления ротора, размером  $[3 \times 1]$ ;  $L_R$  – матрица индуктивностей ротора, размером  $[3 \times 3]$ ;  $L_{mR}(\Theta)$  – матрица дополнительной составляющей потокосцепления ротора, размером  $[3 \times 6]$ ;  $M_{эм}$  – электромагнитный момент;  $P_{мех}$  – механическая мощность;  $\omega_{мех}$  – угловая частота вращения ротора;  $M_c$  – момент сопротивления;  $J$  – момент инерции вала двигателя;  $\Theta$  – электрический угол вращения ротора.

Матрицы индуктивностей статора и ротора имеют вид:

$$L_S = \begin{bmatrix} L_{AA} & L_{AB} & L_{AC} & L_{AD} & L_{AE} & L_{AF} \\ L_{BA} & L_{BB} & L_{BC} & L_{BD} & L_{BE} & L_{BF} \\ L_{CA} & L_{CB} & L_{CC} & L_{CD} & L_{CE} & L_{CF} \\ L_{DA} & L_{DB} & L_{DC} & L_{DD} & L_{DE} & L_{DF} \\ L_{EA} & L_{EB} & L_{EC} & L_{ED} & L_{EE} & L_{EF} \\ L_{FA} & L_{FB} & L_{FC} & L_{FD} & L_{FE} & L_{FF} \end{bmatrix} \quad L_R = \begin{bmatrix} L_{aa} & L_{ab} & L_{ac} \\ L_{ba} & L_{bb} & L_{bc} \\ L_{ca} & L_{cb} & L_{cc} \end{bmatrix},$$

где:  $L_{AA}, L_{BB}, L_{CC}, L_{DD}, L_{EE}, L_{FF}$  – фазные индуктивности статора (одинаковые), равные сумме индуктивности рассеяния статора ( $L_{S\sigma}$ ) и взаимной индуктивности между двумя обмотками статора ( $2/6 * L_m$ , где  $L_m$  – взаимная индуктивность между статором и ротором). Остальные элементы матрицы  $L_S$  равны произведению взаимной индуктивности между двумя обмотками статора и косинуса угла между данными обмотками, с учетом угла сдвига. В матрице  $L_R$ :  $L_{aa}, L_{bb}, L_{cc}$  – фазные индуктивности ротора (одинаковые), равные сумме индуктивности рассеяния ротора ( $L_{R\sigma}$ ) и взаимной индуктивности между двумя обмотками ротора ( $2/3 * L_m$ ). Остальные элементы матрицы  $L_R$  равны произведению взаимной индуктивности между двумя обмотками ротора и косинуса угла между данными обмотками.

Матрицы дополнительных составляющих потокоцеплений статора и ротора имеют вид:

$$L_{mS}(\theta) = \begin{bmatrix} L_{Aa} & L_{Ab} & L_{Ac} \\ L_{Ba} & L_{Bb} & L_{Bc} \\ L_{Ca} & L_{Cb} & L_{Cc} \\ L_{Da} & L_{Db} & L_{Dc} \\ L_{Ea} & L_{Eb} & L_{Ec} \\ L_{Fa} & L_{Fb} & L_{Fc} \end{bmatrix} \quad L_{mR}(\theta) = L_{mS}(\theta)^T,$$

где каждый элемент матрицы  $L_{mS}(\theta)$  является динамической функцией косинуса от электрического угла поворота ротора ( $\theta$ ), умноженной на взаимную индуктивность между двумя обмотками статора ( $2/6 * L_m$ ). В матрице  $L_{mR}(\theta)$ , взаимная индуктивность между двумя обмотками ротора равна  $2/3 * L_m$ .

### Моделирование переходных процессов.

На рисунке 1 показан компьютерный испытательный стенд, состоящий из непосредственно математической модели шестифазного (двухобмоточного) асинхронного двигателя, блока статической нагрузки  $M_n$ , двух мостовых автономных двухуровневых инверторов, подключенных к источнику постоянного напряжения. Блок Control Mod формирует шесть синусоидальных сигналов с инжекцией третьей гармоники. В блоке PWM происходит сравнение модулирующих сигналов и пилю, в результате чего формируются управляющие импульсы для инверторов. У второго инвертора относительно первого сдвиг фаз в питании двигателя 30 градусов. В качестве исследуемого объекта взят двигатель фирмы SCHORCH, модель KL6538B-AS06 и его паспортные данные, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование параметра	Значение
Номинальное действующее напряжение статора, (RMS) [В]	960
Номинальная частота напряжения статора, [Гц]	50
Номинальный действующий ток статора, (RMS) [А]	871
Номинальный момент, [Н*м]	23060
Номинальная угловая частота вращения, [рад/с]	104
Действующий ток холостого хода статора, (RMS) [А]	405

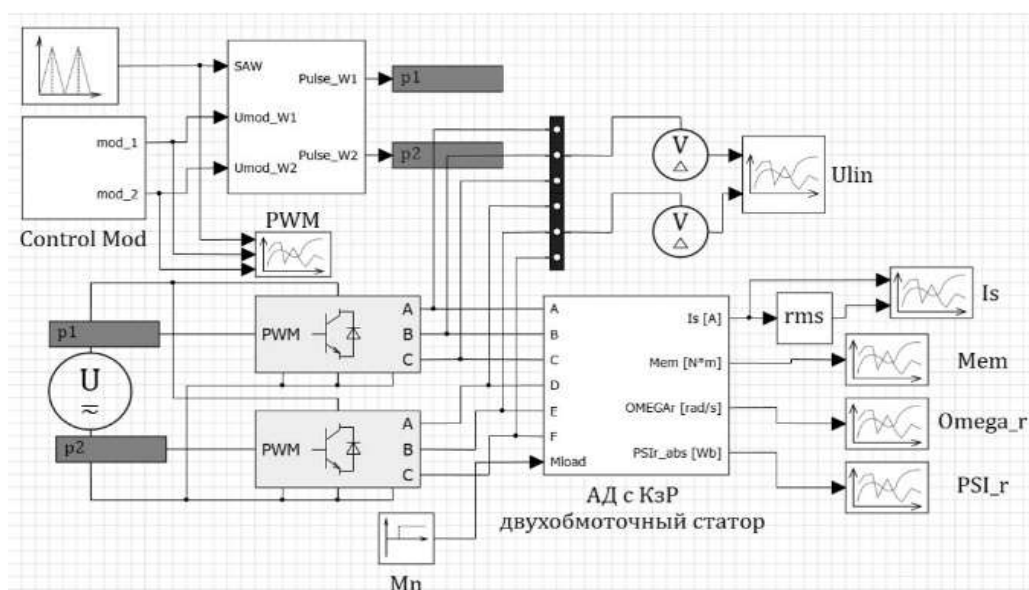


Рис. 1. Компьютерный испытательный стенд

После разгона двигателя до холостых оборотов и окончания действия апериодической составляющей токов статора, в момент времени 1.6 с., подается постоянная нагрузка в виде номинального момента. На рисунке 2 соответственно показаны временная развертка линейных напряжений и переходный процесс токов статора.

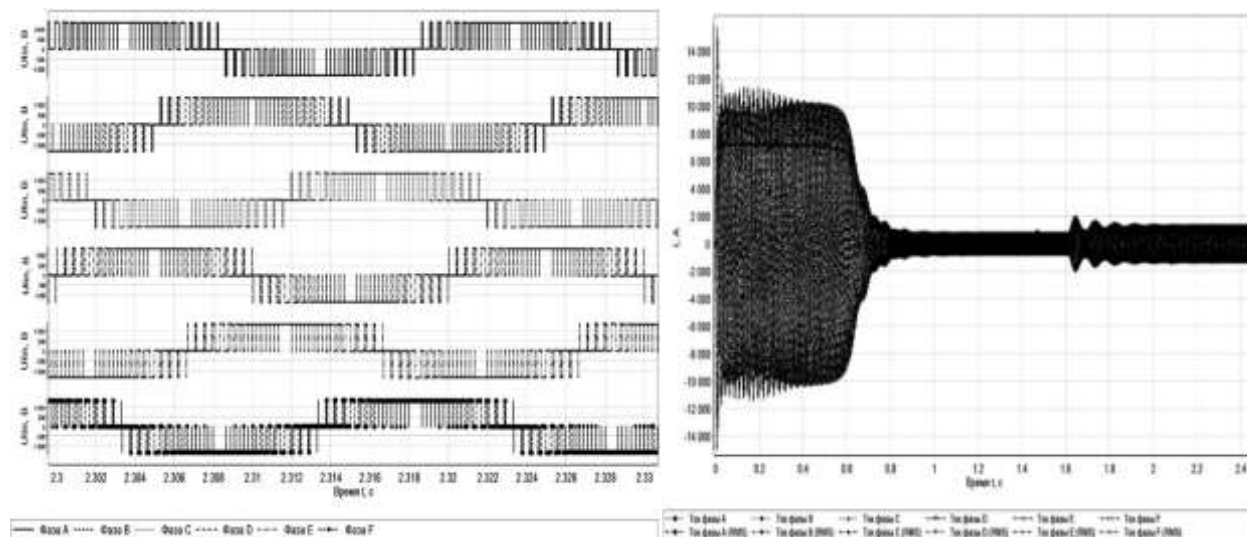


Рис. 2. Линейные напряжения и токи статора

На рисунке 3 соответственно показаны временные развертки мгновенных и действующих значений токов статора на холостом ходу и при нагрузке.

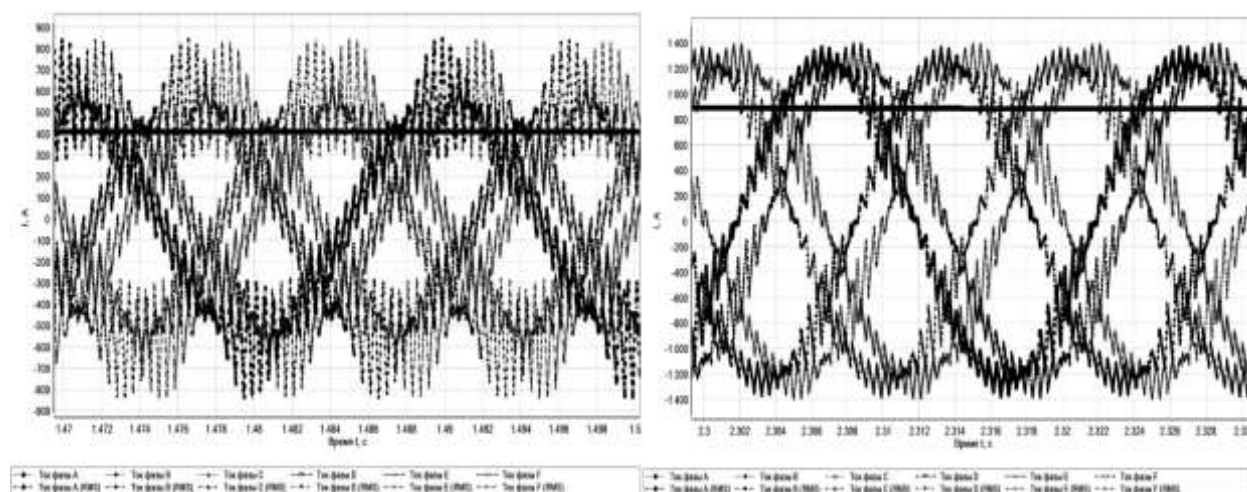


Рис. 3. Токи статора на холостом ходу и при нагрузке

На рисунке 4 соответственно показаны переходные процессы электромагнитного момента и угловой частоты вращения вала двигателя.

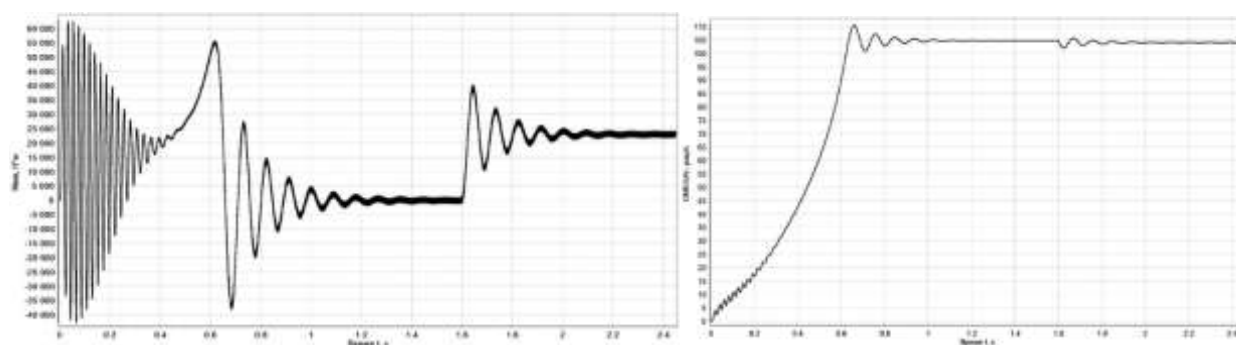


Рис. 4. Электромагнитный момент и угловая частота вращения

Установившиеся значения токов, а именно действующие значения при холостом ходу и номинальной нагрузке, электромагнитного момента и угловой частоты вращения соответствуют паспортным данным двигателя в полной мере. Характер переходных процессов также заявляет об адекватно синтезированной модели.

### Заключение

Альтернативный подход к моделированию шестифазного асинхронного двигателя с помощью фазных координат в виде матрично-векторной формы позволяет синтезировать математические модели различных многофазных асинхронных машин и исследовать их переходные процессы в разных режимах эксплуатации. Полученные графики переходных процессов показывают применимость математической модели в областях электротехники, как судостроение, промышленности и т.д.

### Список литературы

1. Калачев Ю.Н., SimInTech: моделирование в электроприводе, Москва: ДМК Пресс, 2021, 106 с.
2. Герман-Галкин С.Г., Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК, СПб: КОРОНА-Век, 2008, 368 с.
3. Соколовский Г.Г., Электроприводы переменного тока с частотным регулированием, Москва: АКАДЕМИА, 2006, 265 с.

## **СЕКЦИЯ ИННОВАЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ: ОТ РЕАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ К ЦИФРОВЫМ ДВОЙНИКАМ**

### **АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАЗМЕРОВ ОБЪЕКТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ 3D-СКАНИРОВАНИЯ В РАЗЛИЧНОМ ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ**

В.Р. БЕРМАС, В.А. ПАРФЁНОВ, М.Л. НЭТУ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** Данная статья посвящена анализу точности измерения размеров объектов, при обработке данных 3D-сканирования при использовании различного специализированного программного обеспечения. В работе проводилось сканирование эталонного объекта и обработка данных сканирования при помощи нескольких специализированных компьютерных программ, в результате чего были получены значения размеров эталона. Обнаружены различия полученных результатов, что может быть связано с различием реализованных в разных ПО математических алгоритмах.

*Ключевые слова:* оптическая электроника, 3D-сканирование, 3D-сканер, программное обеспечение, обработка данных.

#### **Актуальность технологии 3D-сканирования**

В современном мире внедрение инновационной технологии 3D-сканирования поспособствовало оптимизации процессов не только в инженерных специальностях, но и в сферах искусства, промышленного дизайна, медицины. При помощи данного метода создания объемных цифровых объектов можно без особого труда добиться получения точной и высококачественной виртуальной модели в кратчайшие сроки, что ускоряет множество задач при изготовлении копий, слепков и моделей. На данный момент существует большое количество типов 3D-сканеров для разных форматов работ, а также множество видов программного обеспечения, позволяющих заниматься обратным проектированием и прототипированием, проведением измерений и контролем за отклонениями при производстве, а также производить трехмерное архивирование и 3D-печать. Исходя из текущей ситуации, исследования, направленные на получение более высокой точности и качества сканирования, перспективны как с научной, так и с практической точки зрения.

#### **Использованное оборудование**

При проведении экспериментов для выполнения сканирования использовалось российское оборудование, а именно: сканер RangeVision PRO, комплектный поворотный стол RangeVision, матирующий антибликовый спрей Ateco White, а также комплектное программное обеспечение RangeVision ScanCenter и ПО от сторонних разработчиков Geomagic Design X и Geomagic Wrap для обработки полученных в результате сканирования данных.

Сканер, используемый во время выполнения работы функционирует при помощи технологии структурированного света, ПЗС матрица камер фиксирует изменение световых шаблонов, выводимых проектором, что позволяет получать данные о геометрии, размере и текстуре объекта. Полученные облака точек преобразуются в полигональную модель при

помощи алгоритмов программного обеспечения, что дает возможность в дальнейшем проводить измерения с высокой точностью, строить твердотельные модели по полигональной модели и менять их в соответствии с поставленной задачей.



*Рис. 1. 3D-сканер RangeVision PRO*



*Рис. 2. Поворотный стол RangeVision*

В качестве эталона для сканирования было решено использовать металлическую восьмиугольную призму 20x20x30 мм, так как она была изготовлена методом электроэрозионной резки. Погрешность при данном методе варьируется от 5 мкм до 20 мкм, и в нашем случае не превышает 15 мкм, что делает объект для сканирования подходящим для оценки точности полученных значений.



*Рис. 3. Объект сканирования*

### **Этапы работы**

Первый и главный этап работы – процесс сканирования, он является самым важным, потому что точность, полученная в результате, напрямую зависит от правильно выполненных операций. Так как эталонный объект сканирования металлический и имеет глянцевую поверхность, порождающую блики и паразитную засветку, его следовало подготовить к работе и покрыть матирующим спреем для получения высококачественных сканов. Для извлечения наиболее выверенных результатов было принято решение производить сканирование объекта три раза с разными толщинами слоя антибликового спрея. Таким образом, погрешность полученных значений размеров будет оценена при разных условиях покрытия и с разными по качеству сканами. Также, на грани призмы были нанесены пластилиновые метки, которые дают возможность алгоритмам программного обеспечения зацепиться за их структуру и произвести точную сшивку отдельных снимков в один целостный скан. В случае невозможности сшивки при помощи автоматических

алгоритмов существует возможность сделать это вручную, так же при помощи ориентации по меткам.

Второй этап – обработка полученных облаков точек, сшитых в цельный скан, но имеющих дефекты. Для создания полигональной модели потребовалось произвести сшивку и очистку от шумов и дефектов, после чего при помощи комплектного программного обеспечения RangeVision ScanCenter была создана полигональная модель, по которой выполнялись измерения.

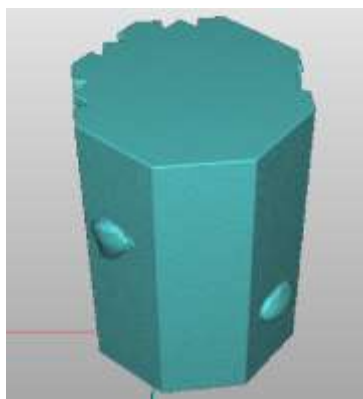


Рис. 4. Скан эталонного объекта

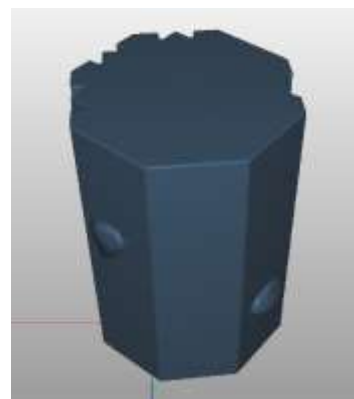


Рис. 5. Полигональная модель эталонного объекта

Третий этап – построение геометрических примитивов на гранях оцифрованной призмы для получения значений размеров. Данный метод предполагает создание на гранях объекта сканирования виртуальных плоскостей и точек, между которыми вычисляется расстояние и соответствует ширине или высоте призмы. Ширинам сторон призмы были присвоены индексы "а", "б", "в" и "г".

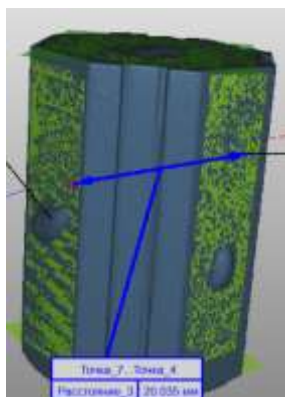


Рис. 6. Измерения в ПО RangeVision ScanCenter

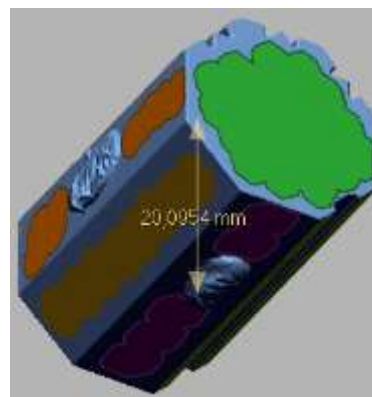


Рис. 7. Измерения в ПО Geomagic Design X



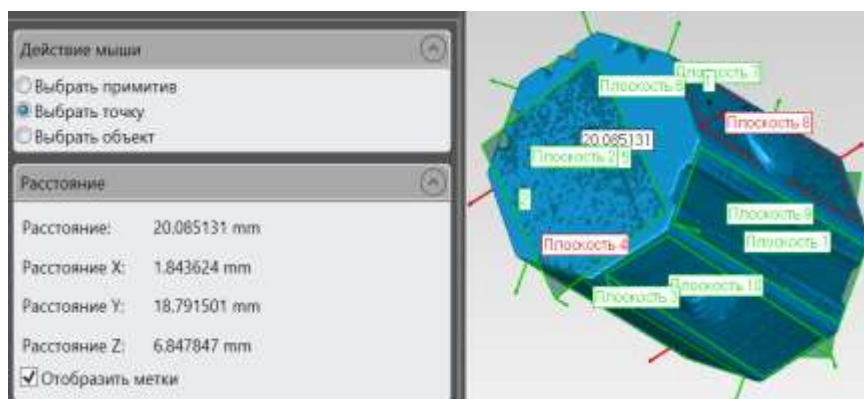


Рис. 8. Измерения в ПО Geomagic Wrap

## Результаты

В результате экспериментов были получены значения размеров, после чего была проведена оценка средних отклонений данных между используемыми программными обеспечениями. Итоги по измерениям приведены в таблице 1.

Таблица 1 Сравнительная характеристика полученных значений размеров

Величина	№	RangeVision ScanCenter, мм	Geomagic Design X, мм	Geomagic Wrap, мм	Отклонение макс. знач. от мин. знач., мм
Ширина(а)	1	20,035	20,0375	20,0348	0,0027
	2	20,071	20,0714	20,0705	0,0009
	3	20,096	20,0954	20,0918	0,0042
Ширина(б)	1	20,041	20,0411	20,0233	0,0178
	2	20,074	20,0738	20,0723	0,0017
	3	20,093	20,0936	20,0912	0,0024
Ширина(в)	1	20,059	20,0664	20,0636	0,0074
	2	20,075	20,0749	20,0783	0,0034
	3	20,088	20,0892	20,0851	0,0041
Ширина(г)	1	20,057	20,0642	20,0708	0,0138
	2	20,074	20,0749	20,0735	0,0014
	3	20,092	20,0929	20,0888	0,0041
Высота	1	29,998	29,992	29,994	0,006
	2	30,033	30,034	30,037	0,004
	3	30,029	30,0259	30,028	0,0031
Среднеквадратичное отклонение					0,00455

## Выводы

В результате 3D-сканирования эталонного объекта и обработки полученных данных, можно сделать вывод о том, что погрешность измерений при использовании различных видов программного обеспечения обусловлена различием реализованных в них математических алгоритмов построения геометрических примитивов. Так как каждое ПО ориентировано на выполнение определенных задач, структура его кода отличается от остальных. Среднеквадратичное отклонение от получаемых результатов составило около 4,5 мкм, это очень малая величина погрешности, которая допустима для многих инженерных задач, связанных с обратным проектированием. Однако сам по себе факт отличия 3D-моделей одного и того же объекта при обработке данных 3D-сканирования в

различных ПО необходимо иметь в виду при выполнении практических работ по сканированию объектов малого размера.

### Список литературы

1. Фрейдин А.Я., Парфёнов В.А., Трехмерное лазерное сканирование и его применение для съемки архитектурных сооружений и реставрации памятников // «Оптический журнал» – 2007. – №8. – С. 44-49.
2. Иванов А.А., Николаев А.В., Войнаш С.А., Анализ технологий и оборудования 3D-сканирования объектов // Международная научно-практическая конференция. Сб. научных трудов. – 2024. – С. 208-211.
3. Кудрявцев А.Б., Современные технологии 3D сканирования // XIII Международная научно-практическая конференция. Сб. статей. – 2019. – С. 136-138.
4. Аксёнов М.С., Зырянов В.А., Существующие методы 3D сканирования, перспектива их развития // Всероссийская научно-практическая конференция. Сб. статей. – 2024. – С. 5-7.

## ВНЕДРЕНИЕ BIM МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ХОЛДИНГА

ВЕРИГО М. В.

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)*

**Аннотация.** Статья посвящена применению BIM-технологий в проектировании объектов агропромышленного холдинга. Рассматриваются основные преимущества подхода, включая повышение точности проектных решений и снижение ошибок. Анализируется влияние технологии на эффективность строительных процессов. Показана взаимосвязь BIM с перспективными технологиями цифрового производства. Также упомянуты некоторые барьеры внедрения BIM.

*Ключевые слова:* BIM, коллизия, проектирование, цифровизация, строительство

Современное строительство – сложный и многоэтапный процесс, успех которого во многом решается на этапе проектирования. Процесс проектирования закладывает используемые в дальнейшем технические, организационные и экономические решения, что определяет последующую реализацию проекта. В случае ошибок на данном этапе с большой долей вероятности произойдут задержки, которые в случае постройки производственных помещений несут в себе упущенную выгоду, перерасход бюджета, дальнейшие проблемы в эксплуатации сооружения. Внедрение BIM-технологий позволяет снизить вероятность задержек и ошибок на этапе проектирования, что повышает эффективность строительных проектов. Кроме того, оно дает возможность дальнейшего повышения уровня цифровизации холдинга.

Building information modeling (BIM) – это совокупность представленных в электронном виде документов, графических и неграфических данных по объекту строительства, размещаемая в соответствии с установленными правилами в среде общих данных, представляющая собой единый достоверный источник информации по объекту на всех или отдельных стадиях его жизненного цикла. Моделирование информационной модели здания — это процесс создания и использования информации по строящимся, а также завершенным объектам капитального строительства в целях координации входных данных, организации совместного производства и хранения данных, а также их использования для различных целей на всех этапах жизненного цикла. [1]

При проектировании производственных объектов агропромышленного комплекса требуется учет ряда специфичных факторов, таких как: жесткая привязка к

производственным процессам, учет габаритов и особенностей размещения технологического оборудования, обеспечение логистических потоков сырья и готовой продукции, соблюдение температурных режимов для разных зон производства, организация системы вентиляции и кондиционирования. Эти факторы усложняют процесс проектирования, увеличивая вероятность ошибок.

С помощью BIM-моделирования создается 3D-модель будущего производственного помещения, что позволяет наглядно оценить распределение технологических зон и размещение оборудования, а в дальнейшем упрощает обнаружение более оптимального варианта расстановки оборудования и рабочих зон и внесение корректив в проект.

BIM позволяет снизить риск возникновения коллизий, т. е. ошибок в наложении границ разных объектов. Программные алгоритмы анализируют модель на предмет пересечений, выявляют конфликты между архитектурными, конструктивными и инженерными элементами, проектирование выполняется в едином для всех участников проекта информационном пространстве, производится постоянная синхронизация изменений между разделами проектной документации. Это позволяет сократить затраты на проектирование и снизить риск ошибок, которые будут переданы на этап строительства.

Также возможно добавление временного (4D) и стоимостного (5D) измерения к BIM-модели, что ведет к повышению эффективности управления проектами – появляется возможность быстрее и точнее производить подсчет объема необходимых стройматериалов и конструкций, составлять сметы и оперативно вносить в них изменения [2], повышается прозрачность и контроль за проектом, появляется больше возможностей для оптимизации решений, а также возрастает синхронизация команд не только при проектировании модели здания, но и при разработке плана работ и экономической составляющей проекта.



Рис. 1 - BIM-модель экстракционного цеха.

BIM-модель, изображенная на рисунке 1, была разработана в ходе работы над документацией для строительного проекта по расширению производственных мощностей существующего завода. Для разработки данной модели использовались Autodesk Revit и Autodesk Navisworks, уровень детализации (LOD) – 350, что позволяет различать элементы с точной геометрией, формами, содержащие параметры об изготовителе, технические

характеристики и материал элемента объекта [3]. Модель спроектирована для координации проектных решений, визуализации технологических процессов, а также последующего использования в строительстве. Включает в себя детализированную геометрию здания, размещение оборудования, инженерные сети и атрибутивную информацию по основным элементам. Состоит из архитектурного (определяет эргономику, соблюдение норм, взаимодействие людей с пространством), конструктивного (обеспечивает прочность и устойчивость здания, расчет нагрузок, минимизацию затрат на материалы) и технологического разделов (оптимизирует производственные процессы, логистику, интеграцию оборудования в здание). Модель разработана с учетом планируемого подключения цеха к существующей инфраструктуре завода.

Экспертная оценка показывает, что использование BIM позволяет снизить до 40% вероятность коллизий и ошибок в проекте (относительно традиционных методов проектирования), сократить сроки проектирования от 20% до 50%, а также предполагает до 30% снижения затрат на строительство и эксплуатацию. [4] Потенциально использование BIM-технологий может снижать затраты на подобные приведенному в работе проекты холдинга до десятков миллионов рублей, за счёт снижения количества критических ошибок, которые обнаруживаются только в ходе строительства, снижения задержек на каждом из этапов проекта, которое позволяет уменьшить потерянную выгоду от незапуска производства в срок и т. д.

Внедрение BIM является одним из шагов к цифровой трансформации агропромышленных предприятий. Дальнейшее развитие технологий открывает новые возможности для внедрения цифровых двойников, поскольку BIM является важным источником данных для них [5]. BIM является реестром цифровых активов постройки, включая в себя данные об объектах здания – всех конструктивных и технологических компонентов с детальными характеристиками, что является отправной точкой для создания цифрового двойника.

Несмотря на преимущества, которые дает внедрение BIM-технологий, существуют ряд препятствий и проблем, с которыми вероятнее всего придется столкнуться при внедрении. К ним можно отнести: затраты на обучение персонала и ПО, необходимость повышения квалификации сотрудников, а также последующее снижение продуктивности на период их адаптации к новым рабочим требованиям, необходимость создания стандартов работы и переработки бизнес-процессов, возможные сложности интеграции с используемым ПО и некоторые другие барьеры.

### **Список литературы**

1. ГОСТ Р 57563–2017 Моделирование информационное в строительстве. Основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений / Электронный фонд «Техэксперт» - <https://docs.cntd.ru/document/1200146763> (дата обращения 01.05.2025)
2. А. А. Жуков Анализ возможного экономического эффекта применения BIM -технологий на стадии эксплуатации и при реконструкции зданий // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений. - Новочеркасск: Лик, 2019. - С. 64–66.
3. Столбов И. В. Разработка правил стандартизации и классификации цифровых информационных моделей зданий и территорий для ГК «КОРТРОС» с их последующим внедрением: магистерская диссертация: дис. – б. и., 2023.
4. Колчин В. Н. Применение BIM-технологий в строительстве и проектировании // Инновации и инвестиции. 2019. №2.
5. Крюков К. М., Шаповалов А. В. Использование технологии цифровых двойников в строительстве // ИВД. 2022. №5 (89).

## ТИПОВАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РОБОТИЗИРОВАННЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ

Г.А. И

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого*

**Аннотация.** В работе предложена типовая модель проектирования автоматических линий с использованием роботизированных манипуляторов. Модель включает классификацию проектных параметров, подбор оборудования, организацию рабочих зон и цифровую интеграцию. Рассмотрены инвариантные и вариативные параметры, влияющие на структуру проекта. Модель применима в инженерной практике и образовательных курсах. Описан методический подход, включающий симуляцию и цифровое тестирование.

*Ключевые слова:* автоматическая линия, роботизированные манипуляторы, цифровое проектирование, инвариантные параметры, производственная автоматизация.

### **Введение**

Актуальность разработки типовой модели проектирования автоматических линий с использованием роботизированных манипуляторов обусловлена необходимостью повышения эффективности производства в условиях активного внедрения технологий автоматизации. Отсутствие единых методик проектирования затрудняет масштабируемое внедрение таких решений.

Цель исследования — формализация воспроизводимой модели проектирования автоматической линии, учитывающей как инвариантные, так и вариативные параметры.

Методика включает анализ требований, классификацию параметров, подбор оборудования, цифровое моделирование компоновок и организацию управления на основе современных ПЛК.

Результаты подтверждают универсальность модели, её применимость в различных производственных условиях и возможность использования в образовательной и инженерной практике.

### **Описание модели**

Этап 1. Анализ исходных данных и техническое задание

На данном этапе проводится всесторонний анализ технологических требований и точности линий на основании детального изучения специфики производства. Проводится подробный анализ технологических задач, требований заказчика и расчёт необходимой производительности.

Все параметры можно разделить на инвариантные (неизменные) и вариативные (зависящие от задачи и условий).

Вариативные параметры:

- Логика управления линией;
- Этапы проектирования;
- Требования к безопасности;
- Общие критерии эффективности.

Инвариантные параметры:

- Тип манипулятора;
- Захватное устройство;

- Пространственная конфигурация;
- Технические характеристики оборудования;
- Вид продукции.

#### Этап 2. Подбор оборудования

Выбор роботизированных манипуляторов осуществляется с учетом технических требований и специфик задач производства. Подбор вариантов основан на сравнительном анализе манипуляторов разных типов по таким характеристикам, как точность позиционирования, грузоподъемность, рабочий диапазон, стоимость. Пример сравнения можно увидеть в таблице 1. В ней проведено сравнение манипулятора SCARA, шестикоординатных роботы и дельта-роботов по указанным критериям.

Таблица 1

**Сравнение роботизированных манипуляторов**

Тип манипулятора	Грузоподъемность, кг	Точность, мм	Рабочий диапазон, мм	Стоимость, тыс. руб.
SCARA	до 10	$\pm 0,01$	до 600	500-1500
Шестикоординатный	до 200	$\pm 0,03$	до 2000	1500-5000
Дельта-робот	до 5	$\pm 0,02$	до 400	800-2000

#### Этап 3. Организация рабочих зон

Правильная организация рабочих зон является критически важной задачей, поскольку позволяет избежать простоев, столкновений и нерационального использования производственных площадей. Для достижения оптимального расположения оборудования рекомендуется использовать специализированные программные инструменты. Одним из них является RoboDK. Данное ПО позволяет моделировать поведение промышленных роботов, что позволяет минимизировать дальнейшие риски. RoboDK имеет широкий спектр роботов, которые можно применять для моделирования. Благодаря технологии цифровых двойников, можно протестировать весь рабочий процесс, тем самым предопределить и предотвратить возможные столкновения, обеспечить плавное и надёжное развёртывание, а также снизить затраты.

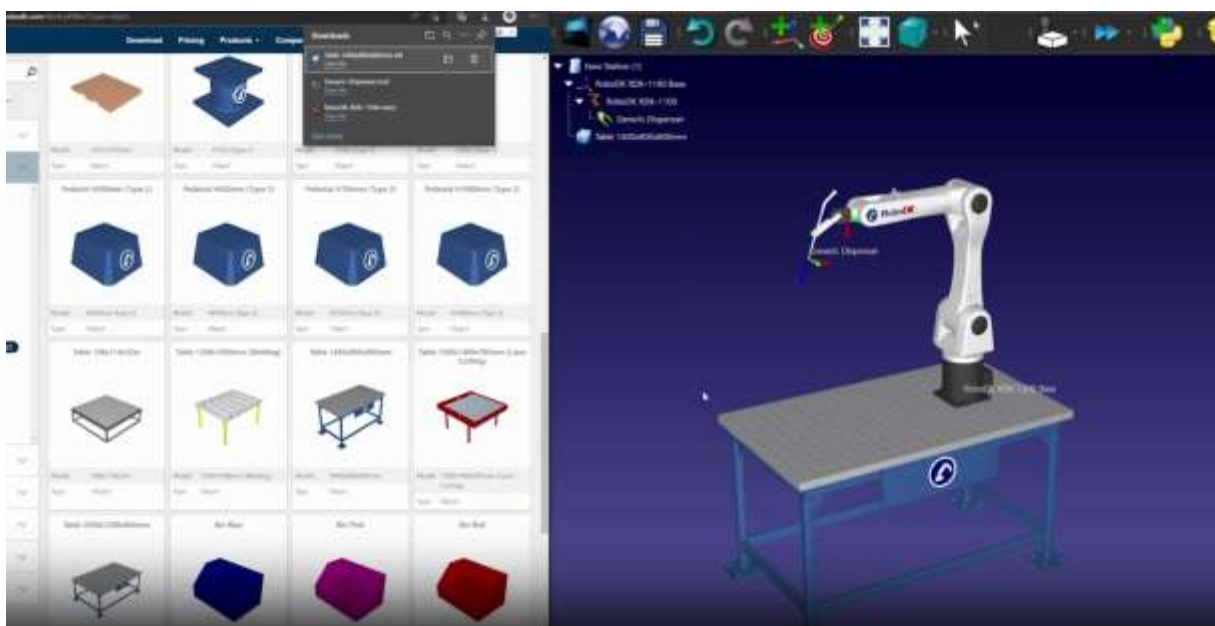


Рис. 1. Процесс организации рабочей зоны в программе RoboDK

#### Этап 4. Цифровизация управления

Ключевую роль в интеграции элементов автоматической линии играют современные системы цифрового управления. Применение программируемых логических контроллеров (ПЛК) позволяет обеспечить быструю и надежную передачу информации, контроль состояния всех узлов линии, минимизацию человеческого фактора и увеличение общей эффективности производства. В качестве одного из примеров современных ПЛК можно привести Siemens S7-1500, который подходит для автоматизации средней и высокой степени сложности. Таким образом, он может быть использован, как и для различных производств, так и для организации складских помещений. Благодаря интеграции всех элементов в единую цифровую систему, появляется возможность оперативно управлять производственными процессами и минимизировать человеческий фактор.

#### Этап 5. Тестирование и наладка оборудования

Заключительный этап предполагает проведение комплексных испытаний, наладку оборудования, выявление возможных дефектов и их оперативное устранение. Также в рамках этого этапа проводится обучение технического персонала, что является обязательным условием для надежной эксплуатации и поддержания высокого уровня производительности линии.

Типовые ошибки на производстве часто возникают не из-за некачественного оборудования, а из-за неверных проектных решений, вызванных дефицитом компетенций.

Типовые ошибки на производстве часто возникают не из-за некачественного оборудования, а из-за неверных проектных решений, вызванных дефицитом компетенций. Более того, для эффективного взаимодействия в команде — от инженера до менеджера проекта — необходимо единое понимание этапов и критериев качества. Отсюда возникает необходимость в структурированной модели компетенций.

Модель строится по трем уровням — техническому, цифровому и управленческому.

Технические компетенции:

- Основы мехатроники и конструкций РМ;
- Знание нормативов (ГОСТ Р 58704, ISO 10218, ISO/TS 15066);

- Умение подбирать захватные механизмы под конкретные изделия;
- Навыки чтения электрических, пневматических и компоновочных схем.

Цифровые и программные компетенции:

- Умение работать с CAD/CAE (SolidWorks, AutoCAD, T-Flex);
- Владение средами симуляции (RoboDK, Visual Components, Factory I/O);
- Настройка OPC-серверов, взаимодействие с SCADA/MES;
- Знание основ киберфизических систем, OPC UA, цифровых двойников.

Проектные и управленческие компетенции:

- Системное мышление, управление требованиями (requirements engineering);
- Базовые навыки в agile и waterfall-подходах;
- Коммуникация в междисциплинарной команде;
- Подготовка ТЗ, регламентов, технической документации.

Разработанная модель может быть адаптирована на основе цифровых компетенций Минцифры РФ (блок "Инженерия и цифровое производство").

### **Заключение**

Предложенная типовая модель проектирования автоматических линий с роботизированными манипуляторами обеспечивает системный и воспроизводимый подход к автоматизации производства. За счёт разделения параметров на инвариантные и вариативные достигаются универсальность и адаптивность проектных решений. Модель согласуется с современными принципами цифровизации, включая интеграцию с MES/SCADA и применение цифровых двойников. Она может быть использована в промышленной практике, образовательных и сертификационных программах, а также послужить основой для стандартизации проектных процессов. Её применение способствует снижению рисков внедрения, сокращению сроков проектирования и стандартизации инженерных процессов.

### **Список литературы**

1. ГОСТ Р 60.0.6-2020. Системы автоматизированного управления. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2020.
2. Юревич Е.И. Основы робототехники. – М.: Высшая школа, 2019.
3. Петров С.А., Иванов А.В. Робототехника в производстве: оптимизация рабочих пространств // Инжиниринг и автоматизация. – 2021. – №5. – С. 45-49.
4. RoboDK [Электронный ресурс]. – URL: <https://robodk.com> (дата обращения: 10.04.2025).
5. Siemens S7-1500 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.siemens.com> (дата обращения: 10.04.2025).
6. Минцифры России. Цифровые компетенции для инженерных профессий [Электронный ресурс]. — М.: Минцифры РФ, 2022. — 30 с. — URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/> (дата обращения: 13.04.2025).

## **ПРОЕКТ «ВОЛОНТЁРСТВО СТАРШЕКЛАССНИКОВ» В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ ПО МАТЕМАТИКЕ**

Гайсина С. В., Иванов С. Г.

*СПбГЭТУ «ЛЭТИ»*



**Аннотация.** В статье описывается практический опыт организации волонтерского движения в общеобразовательных организациях с целью мотивации к изучению математики и повышения уровня математической подготовки. Предлагается привлечь старшеклассников к ведению математических кружков в основной школе, рассматриваются различные модели проведения занятий со школьниками.

*Ключевые слова:* математика, школа, волонтер, математические кружки.

**Abstract.** The article describes the practical experience of organizing a volunteer movement in general education organizations with the aim of motivating schoolchildren to study mathematics and improving the level of mathematical training. It is proposed to involve high school students in conducting mathematical clubs in basic school, various models of conducting classes with schoolchildren are considered.

*Key words:* mathematics, school, volunteer, mathematical clubs.

### **Актуальность проекта**

В современном мире «волонтерство» становится стилем жизни для значительной части общества как в России, так и в мире. Все большее количество людей вовлекается в волонтерское движение, участвует в акциях и находит для себя в этой деятельности «смысл жизни», «социальное предназначение» и рассматривает такую деятельность как одну из форм социальной активности.

Традиционно в России бескорыстная помощь ближнему инициировалась религиозными институтами. В нынешних условиях «диапазон форм волонтерства значительно расширился — так же, как и круг адресатов помощи». Волонтеры участвуют в проведении спортивных состязаний и театральных представлений, помогают в больницах и заботятся об экологии планеты.

В общеобразовательных учреждениях существует определенная проблема недостаточной математической подготовки школьников. Не во всех образовательных учреждениях есть возможность реализации программы обучения по математике на профильном уровне. С другой стороны, для поступления и успешного обучения в вузах технической направленности такая подготовка является лишь «первым шагом», необходимым «базовым уровнем» для дальнейшей профессиональной подготовки.

В этой связи представляется перспективной идеей подключение волонтеров-старшеклассников для проведения массовых школьных математических кружков, но не от случая к случаю, а на регулярной основе.

В связи с принятием в мае 2021 года обновленных федеральных государственных образовательных стандартов основного общего и среднего образования (далее – ФГОС ООО и ФГОС СОО) актуализируются действия, направленные на реализацию Концепции развития математического образования в Российской Федерации (утверждена в 2013 г.) и выполнение поручения Президента РФ «обеспечить совершенствование преподавания учебных предметов «математика» и «информатика» в общеобразовательных организациях, установив их приоритет в учебном плане и скорректировав содержание примерных основных образовательных программ общего образования» (декабрь 2020 г.).

При усилении внимания к развитию математического образования на государственном уровне, школьные математические кружки по разным причинам пока не получили достаточного развития, в том числе из-за недостатка кадрового ресурса и современных методик работы. С другой стороны, заинтересованные в развитии математических кружков внешние сотрудники, например, преподаватели вузов, могут посетить довольно небольшое количество школ. Проведение он-лайн занятий или создание районных кружков не до конца обеспечивает потребность общества в очных математических кружках. Подключение

волонтеров-старшекласников к различным проектам в дополнительном образовании и во внеурочной деятельности позволит расширить формы и способы развития математического образования, как на базовом, так и на углубленном уровне и снизит нагрузку на педагогов общеобразовательных школ.

Стоит отметить, что под массовостью математических кружков подразумеваются кружки без предварительного отбора, причем цель – не поддержка школьной программы и подготовка к ОГЭ и ЕГЭ, а решение олимпиадных, творческих задач по математике, например, таких как представлены в сборниках математических задач [1], [2], [3], [4], [5], [6].

Важно учесть, что для эффективной работы математического кружка требуется систематическая организационная и методическая поддержка этой работы администрацией и педагогическим коллективом образовательного учреждения. Целесообразно поручить администрации школы организационную составляющую, например, составление расписания, выделение материально-технических и кадровых ресурсов, педагогам дополнительного образования поручить своевременное оповещение участников и сотрудникам вузов, сотрудничающим со школами, поручить методическую составляющую такой деятельности. Сотрудники высшей школы заинтересованы в социальном партнерстве со школой и готовы проводить и курировать такую деятельность в школе, но могут очно посетить довольно небольшое количество школ.

Подключение старшекласников в качестве волонтеров предоставляет широкие возможности для их разностороннего развития и профориентации, но на практике пока используется редко. С другой стороны, школьные математические кружки пока не получили достаточного развития, в том числе из-за нехватки времени у школьных учителей на такую работу. В итоге, даже при наличии заинтересованных в развитии математических кружков внешних сотрудников, преподавателей вузов, готовых вести он-лайн или офф-лайн – занятия со школьниками не до конца обеспечивают социальный запрос к уровню математической подготовки будущих абитуриентов и территориальной доступности очных математических кружков.

В СПбГЭТУ «ЛЭТИ» накоплен значительный опыт дополнительной математической подготовки школьников, мотивации и вовлечения учащихся в «прекрасный мир математики». Сотрудники кафедры алгоритмической математики, имеющие научные степени по педагогике, готовы предоставить методические рекомендации и сборники сценариев занятий для организации деятельности массовых школьных математических кружков, где ведущим занятия может выступать старшекласник-волонтер.

Деятельность ученика старшей школы может быть официально зафиксирована в волонтерской книжке, зарегистрированной на портале Госуслуг, и учтена в качестве баллов индивидуальных достижений при поступлении в вуз. При этом для старшекласников данная работа, ведение математического кружка может быть засчитана и как проектная деятельность, а для их подопечных, учащихся основной школы, как внеурочная деятельность или дополнительное образование.

Важно старшекласникам-волонтерам передать сценарий общения с учеником в случае ошибочного решения задачи. Для эффективной работы полезно не только указать на ошибочность решения, но и по возможности направить подопечного на исправление неточности. Например, при решении конструктивной задачи можно указать, какое конкретно условие нарушено, при решении задачи на доказательство - где конкретно

нарушена логическая цепочка. Конечно, в предлагаемых СПбГЭТУ «ЛЭТИ» сценариях занятий дается разбор всех задач, но в сложных ситуациях требуется методическое сопровождение и чуткое участие школьного педагога, готового прийти на помощь своему ученику.

В результате волонтерской деятельности формируются как метапредметные, предметные, так и личностные результаты образования в соответствии с ФГОС старшей школы. В качестве предметных результатов, старшеклассник получает более глубокое усвоение школьного курса математики, умение нешаблонно, критически мыслить при решении нестандартных задач. Именно такие задачи становятся интегративным центром предлагаемого курса математики, и представлены в рекомендованных в данной статье сборниках математических задач.

У старшеклассников-волонтеров, ведущих занятия математического кружка, умение доступно и доходчиво объяснить материал формируется параллельно с развитием коммуникативной культуры, развитие ораторских способностей и умения выступать на публике, вести диалог, поддерживать аргументированную дискуссию, переводящую традиционный спор в научную полемику.

Для организации эффективной деятельности математического кружка от старшеклассника требуется умение структурировать собственные знания и провести соотнесение их с предложенным материалом. В ряде случаев выявляется недостаток собственного знания и владения школьным материалом, что приводит к необходимости самостоятельно разбираться со сложной темой, изучать дополнительные разделы математики или обратиться за помощью к школьному преподавателю или преподавателю вуза. Таким образом, у старшеклассника появляется стимул получить дополнительный опыт социализации, самопознания и саморазвития, проявить свои лидерские качества и умения конструктивно взаимодействовать со старшими, социально значимыми людьми.

Нам видится возможным поручить старшеклассникам – волонтерам и руководство проектной деятельностью учащихся основной школы по темам, предложенным преподавателями кафедры алгоритмической математики и входящим в методические рекомендации от СПбГЭТУ «ЛЭТИ». В проектной работе, кроме решения задач, можно активно использовать компьютерную поддержку преподавания математики, в том числе для исследовательской работы [7], [8].

Для большей объективности необходима фиксация результатов такой работы, в том числе подборки задач, статистика начального и итогового тестов, анкетные отзывы. В помощь школе и старшеклассникам-волонтерам СПбГЭТУ «ЛЭТИ» ежегодно проводит математические конкурсы, олимпиады и научно-практические конференции.

### **Новизна проекта**

1. Регулярное подключение волонтеров-старшеклассников для проведения школьных математических кружков.

2. Применение технологий взаимного обучения и самообучения в процессе преподавания [9] не только для освоения школьной программы, но и для дополнительного образования в математике.

Целями школьных математических кружков, которые нужно передать волонтерам, являются:

1. Создание условий для повышения интереса к математике.
2. Формирование представления о математике как творческой работе.
3. Использование математики как средства социализации (активизировать общение школьников, а порой и школ, между собой).

Сильные стороны массовых математических кружков

1. Понимание актуальности математики педагогами и родителями школьников.
2. Существование широкой разнообразной базы занимательных задач по математике, успешно проверенных на практике.
3. Возможность обходиться минимальной технической базой.
4. Накопленный и передаваемый педагогами в течение многих лет опыт проведения индивидуальных (математическая олимпиада) и коллективных (математический бой, брейн-ринг, аукцион, карусель) соревнований.
5. Наличие в математике четких критериев – решена задача или нет, что позволяет ученику лучше увидеть миг победы, когда задача решена, и достаточно объективно оценивать результаты занятий кружка и математических соревнований.

### **Вывод**

Массовые школьные математические кружки – эффективная и сравнительно технологичная форма дополнительного образования, и подключение волонтеров-старшеклассников может повысить эффективность математической подготовки в общеобразовательных школах.

### **Список литературы**

1. Агаханов Н.Х., Подлипский О.К. Математика. Районные олимпиады. 6-11 класс. – М.: Просвещение, 2010.
2. Бабинская И.Л. Задачи математических олимпиад. М.: Наука, 1975.
3. Генкин С.А., Итенберг И.В., Фомин Д.В. Ленинградские математические кружки. – Киров: Аса, 1994.
4. Горбачев Н.В. Сборник олимпиадных задач по математике (3-е изд., стереотип.). – М.: МЦНМО, 2013.
5. Иванов С.Г. Он-лайн курс «Задачи повышенной сложности по математике для старшеклассников». <https://stepik.org/course/25439>
6. Иванов С.Г. Нестандартные задачи по алгебре (5–7 класс). СПб.: Издательство ЦПО «Информатизация образования», 1999.
7. Иванов С. Г., Рыжик В.И. "Исследовательские и проектные задания по планиметрии с использованием среды "Живая математика". М., Просвещение, 2013.
8. Плюс компьютер: журнал. / Иванов С.Г., Рыжик В.И. // Математика в школе 2022, № 1.
9. Учебно-методические материалы при реализации технологии «обучение через преподавание»: журнал. / Толкачева Е.А., Иванов С.Г. // Развитие образования. – 2022. – Т. 5, № 4. – ISSN 2619-1466.

## **РАЗРАБОТКА ВИДЕОИГР КАК МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПРОЦЕСС: РОЛИ, ЭТАПЫ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ**

КОСАРЕВСКАЯ Е.О., ХЛЕБНИКОВ А.А.

**Аннотация.** Разработка видеоигр требует участия специалистов разных профилей, ключевыми среди которых являются разработчики программного обеспечения. В работе представлено обоснование для увеличения числа образовательных программ для подготовки ИТ-специалистов, специализирующихся на разработке видеоигр. Сравниваются данные по рынку ПО в целом и по видеоиграм, с числом вузов,

осуществляющих подготовку IT-специалистов, в том числе разработчиков видеоигр. Представлено описание основных этапов разработки видеоигр и необходимых образовательных программ для подготовки специалистов.

**Ключевые слова:** Разработка видеоигр, высшее образование, GDD, Game Design Document, рынок ПО

### Введение

Видеоигра — это программный продукт развлекательного характера, объединяющий творческие и технические аспекты, в котором ключевую роль играет система игровых законов и правил, определяющих взаимодействие пользователя с динамичной виртуальной средой. Разработка видеоигр (далее геймдев) – это комбинация технического процесса с творческим и коммерческим для создания конечного программного продукта развлекательной сферы.

Для разработки современных видеоигр требуется команда специалистов, обладающих компетенциями, которые необходимы исключительно для разработки видеоигр, при этом являются разновидностью компетенций общих для разработки ПО. При разработке видеоигр приходится работать с трехмерными пространствами и решать задачи взаимодействия объектов, движения объектов и оптимизации алгоритмов.

Сравним некоторые показатели относительно высшего образования для IT-специалистов в общем с показателями для разработчиков видеоигр. IT специалистов в России обучают в 815 университетах [1]. Из них только в 14 университетах готовят специалистов разработчиков видеоигр. Доля университетов, которые готовы обучать специалистов разработчиков видеоигр составляет 1,72% от всех университетов обучающих студентов по IT-специальностям.

Таблица 1

### Рынки IT и видеоигр в России

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
ВВП РФ, трлн. руб [2]	91,8	103,8	109,6	107,6	135,7	155,1	172,1	201,1 [3]
Рынок IT, млрд. руб.	1270	1510	1610	1850	2220	2100	2800	4500
Рынок видеоигр, млрд. руб. [4]	94	101	121	163	178	168	176	187
Доля видеоигр в рынке IT, %	7,40%	6,69%	7,52%	8,81%	8,02%	8,00%	6,29%	4,16%

По данным IDC с 2017 по 2020 гг. рынок IT в России вырос на 45,7% [4], в то время как рынок видеоигр вырос на 73,4%, а средняя доля видеоигр в рынке IT составляла 7,6%.

За такой же промежуток времени, с 2021 по 2024 гг., по данным TAdviser [5], рынок IT вырос на 102,7%, в то время как рынок видеоигр увеличился всего на 11,3%, что в среднем составляет 6,6% доли видеоигр в рынке IT.

Наибольший скачок рынка видеоигр в России зафиксирован в 2020 года, так как по сравнению с 2019 годом прирост составил 34,7 %, что связано с массовой изоляцией во время начала пандемии COVID-19 [6].

На данный момент Рынок IT в России составляет 2,2% ВВП, в то время как рынок видеоигр составляет 0,1% ВВП. Организация развития видеоигровой индустрии разработала пятилетний план поддержки и развития российского геймдева для того, чтобы добиться роста отрасли видеоигр до 0,4% - 0,5% ВВП России к 2029 году [7].

Рынок видеоигр в России с 2017 по 2024 год в среднем занимал 7,1% от рынка IT. Чтобы российский геймдев развивался нужны квалифицированные специалисты. На данный момент обучение новых специалистов отстает от рынка, что в перспективе может замедлить развитие рынка видеоигр в России. Для того, чтобы увеличить количество разработчиков с соответствующей квалификацией, необходимо увеличить количество мест для обучения в вузах и подготовить образовательные программы и преподавателей.

Целью нашей работы является представление описания процесса разработки видеоигр с перечнем необходимых компетенций для сотрудников, задействованных в разработке видеоигр, что обоснует необходимость увеличения числа вузов, осуществляющих подготовку специалистов по разработке видеоигр.

Процесс разработки видеоигры включает в себя несколько этапов и относится не только к написанию программного кода. Разработка начинается с создания идеи и определения жанра будущей видеоигры. После этого определяется видеоигровая платформа и создается геймдизайн документ (далее ГДД от англ. game design document, GDD), в котором описывается будущая видеоигра.

ГДД имеет следующие разделы: общая информация, концепция видеоигры, геймплей (правила взаимодействия игрока с игровым миром), персонажи, мир видеоигры (описание виртуального пространства игры), пользовательский интерфейс (англ. user interface, UI), аудио и визуальные эффекты, технические требования, маркетинг и монетизация [8].

Видеоигра не сразу создается в итоговом виде, первоначально создаются прототипы, с которыми обращаются к инвесторам или открывают сбор денег на краудфандинговых платформах. После определения источников финансирования и составления плана работы начинается основной этап разработки.

Запуск видеоигры сопровождается маркетинговыми исследованиями и продвижением видеоигры до официального выхода. Когда все вышеперечисленные работы выполнены - видеоигра готова к релизу, т.е. к продаже конечным пользователям. Сразу после релиза видеоигра переходит в этап поддержки, которая включает в себя исправление ошибок, улучшение видеоигры или разработки дополнительного загружаемого контента (англ. downloadable content, DLC).

В таблице 2 представлены этапы разработки видеоигры с соответствующими ролями участника команды и возможной образовательной программой, необходимой для подготовки специалиста.

*Таблица 2*

### **Этапы разработки видеоигры, роли и программа подготовки**

Этап	Роль участника команды	Возможная программа подготовки
Создание идеи и выбор жанра	Заказчик	27.03.05 Инноватика
Прототипирование	Разработчик ПО, Дизайнер	01.03.02 Прикладная математика и информатика 54.03.01 Дизайн
Формирование геймдизайн документа	Системный аналитик	09.03.02 Информационные системы и технологии
Поиск средств инвестирования, планир. расходов и доходов	Руководитель проекта	38.03.02 Менеджмент
Основной этап разработки	Разработчик ПО, Дизайнер, Тестирующий ПО	09.03.04 Программ. инженерия 54.03.01 Дизайн 27.03.02 Управление качеством
Маркетинг	Маркетолог	38.03.02 Менеджмент

Подробнее рассмотрим следующие 2 этапа, а именно: прототипирование и разработка видеоигры, в которых ключевую роль играют разработчики ПО:

- Прототипирование

Этап прототипирования является важным этапом разработки, так как на нем команда пробует разные механики, идеи и стили видеоигры. В данном случае механики это набор правил и взаимодействий, определяющих, как игрок взаимодействует с игрой. Во время разработки видеоигры могут иметь как один прототип, который в итоге перерастает в финальную игру, так и множество прототипов, каждый из которых может быть откинут по множеству причин, кроме того, некоторые отброшенные прототипы могут перерасти в отдельные видеоигры или даже серию видеоигр.

На данном этапе разработчики выполняют одну из ведущих ролей, т.к. только они могут воссоздать идеи в виде программного кода.

В конце этапа прототипирования, если все идеи не были отброшены, утверждается основной комплекс механик, которые войдут в новую видеоигру, и начинается формирование ГДД.

ГДД часто используется в качестве технического задания (ТЗ) для разработчиков, т.к. там описано, как будет работать каждая механика видеоигры, что позволяет разработчикам сконцентрироваться на разработке, а не на уточнении деталей работы.

- Основной этап разработки

При переходе разработки видеоигры в основной этап, чаще всего, у команды уже есть сформированная идея видеоигры, которая также описана в ГДД. Несмотря на то, что

ГДД является документом, содержащим множество уточнений по видеоигре, он также продолжает изменяться во время всего этапа разработки и хранит актуальное описание ключевых характеристик видеоигры.

Ближе к концу основного этапа разработки начинается тестирование проекта, а также запускается маркетинговая кампания видеоигры, для привлечения внимания игроков к будущей видеоигре. Некоторые компании проводят закрытые или открытые тесты позволяя игрокам потрогать продукт до его даты выхода, тем самым повышая интерес и ажиотаж к проекту.

### **Заключение**

В завершение статьи отметим, что в работе представлены:

- данные по рыночной доли видеоигр в России и данные по вузам, осуществляющим подготовку по программе разработчика видеоигр;
- сопоставление этих данных позволяет сделать вывод о наличии существенного спроса со стороны работодателей и студентов на обучение профессии разработчика видеоигр;
- этапы основного процесса разработки видеоигры и с указанием ролей участников процесса и возможных программ по профессиональной подготовке;
- краткие описания этапов проектирования и разработки видеоигр.

### **Список литературы**

1. Направления бакалавриата: поиск по ЕГЭ (математика, русский язык, информатика) [Электронный ресурс] // Вузопедия. – URL: <https://vuzopedia.ru/napravleniya/bakalavriat?ege=mat;rus;informatika> (дата обращения: 20.04.2025)
2. ВВП по кварталам с 1995 по 2024 год [Электронный ресурс]: статистические данные // Федеральная служба государственной статистики (Росстат). – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/VVP\\_kvartal\\_s\\_1995-2024.xlsx](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/VVP_kvartal_s_1995-2024.xlsx) (дата обращения: 30.04.2025).
3. Официальная статистика: валовой внутренний продукт [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. - URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/313/document/258152> (дата обращения: 30.04.2025).
4. IT-отрасль в России и в мире: как растет рынок информационных технологий [Электронный ресурс] // Delprof. – URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/it-otrasl-v-rossii-i-v-mire-kak-rastet-rynok-informatsionnykh-tehnologiy/> (дата обращения: 30.04.2025).
5. Рынок информационных технологий (ИТ) в России: статистика, компании и тенденции [Электронный ресурс] // Tadviser. – URL: <https://www.tadviser.ru/a/53628> (дата обращения: 01.05.2025).
6. Играют все: как COVID-19 изменил индустрию гейминга [Электронный ресурс] // SberPro. – URL: <https://sber.pro/publication/igrayut-vse-kak-covid-19-izmenil-industriyu-geiminga/> (дата обращения: 01.05.2025).
7. В России готовятся сразу несколько планов развития игровой отрасли [Электронный ресурс] // Российская газета. – 2023. – 26 декабря. – URL: <https://rg.ru/2023/12/26/v-rossii-gotoviatsia-srazu-neskolko-planov-razvitiia-igrovoj-otrasli.html> (дата обращения: 02.05.2025).
8. Реальный заработок онлайн без вложений: лучшие способы для начала в 2024 году [Электронный ресурс] // SkyPro Wiki. – URL: <https://sky.pro/wiki/profession/realnyj-zarabotok-onlajn-bez-vlozhenij-luchshie-sposoby-dlya-nachala-v-2024-godu/> (дата обращения: 02.05.2025).



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ В РАМКАХ СППР ИТ-КОМПАНИИ

Лучин Д.А.

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** В статье рассматривается построение по статистическим данным двух производственных функций для предприятия ИКТ-сектора Российской Федерации, приводится краткая интерпретация полученных результатов и потенциал использования полученных данных в рамках СППР. Рассматриваются двухфакторная модель Кобба-Дугласа и степенная производственная функция комплексных переменных с действительными коэффициентами, анализируются их совместное использование в рамках СППР.

**Ключевые слова:** *экономико-математическое моделирование, производственные функции, СППР, комплекснозначная экономика*

### Введение

В настоящее время ИКТ-сектор Российской Федерации находится на стадии активного развития и расширения, чему способствуют процессы импортозамещения и государственная поддержка компаний-представителей сектора. Так, за 2024 год объем российского ИКТ-рынка вырос на 28,3%, а прибыль ИТ-компаний на 22,6%. В условиях подобного роста на первое место выходят вопросы управления имеющимися ресурсами с целью максимизации прибыли. Одним из важнейших инструментов руководства компаний является система поддержки принятия решений (СППР), которая позволяет принимать взвешенные обоснованные решения на основании комплексной информации о ситуации внутри и вне компании. Одной из составляющих СППР могут рассматриваться инструменты прогнозирования динамики экономических процессов, в частности, использование производственной функции для экономического прогнозирования. Данная статья посвящена построению и использованию двух производственных функций: Кобба-Дугласа и степенной производственной функции комплексного переменного для компании сектора информационных технологий в рамках системы поддержки принятия решений.

### Построение производственных функций и интерпретация результатов

Производственная функция (ПФ) показывает зависимость между максимальным объемом производимого продукта и физическим объемом факторов производства при данном уровне технических знаний, иными словами, производственная функция позволяет проанализировать влияние параметров производства на его выпуск. В контексте ИКТ-сектора под выпуском будем рассматривать доход предприятия  $Q$  [1, 2]. Одной из самых распространенных ПФ является двухфакторная модель Кобба-Дугласа, которую можно записать следующим образом:

$$Q = AK^{\alpha}L^{1-\alpha},$$

где  $Q$  – доход предприятия,  $A$  – общая продуктивность факторов производства (коэффициент нейтрального технического прогресса),  $K$  – физический капитал,  $L$  – затраты труда,  $\alpha$  – коэффициент эластичности.

Двухфакторная модель ПФ Кобба-Дугласа относится к ПФ вещественных переменных. В последнее время, с 2004 года, ведутся исследования по вопросу использования комплексных переменных в экономико-математическом моделировании. Использование

комплексных переменных позволяет расширить инструментальную базу анализа производственных процессов [2]. Потому в рамках данной статьи будет рассмотрен один из вариантов использования комплексных переменных, а именно модель степенной производственной функции комплексных переменных с действительными коэффициентами. Смысл данной модели заключается в зависимости комплексного производственного результата от комплексной переменной производственных ресурсов. Для степенной производственной функции с действительными коэффициентами зависимость может быть записана следующим образом:

$$G + iC = a(K + iL)^b,$$

где  $G$  – валовая прибыль и  $C$  – суммарные издержки представлены действительными числами;  $K$  – затраты капитала и  $L$  – затраты труда также действительные числа;  $i$  – мнимая единица,  $i^2 = -1$ ;  $a$  и  $b$  – действительные коэффициенты функции.

Очевидно, что в сумме валовая прибыль и суммарные издержки дают доход предприятия  $Q$ . Арктангенс полярного угла  $G/C$  является показателем рентабельности, а арктангенс полярного угла  $K/L$  – фондовооруженность труда. Таким образом данная модель позволяет анализировать гораздо больше, чем ПФ Кобба-Дугласа [3].

Далее рассмотрим построение двух приведенных производственных функций на реальных статистических данных предприятия ИКТ-сектора Российской Федерации – компании «Газпромнефть – Цифровые решения», выполняющей роль корпоративного интегратора компетенций по цифровому развитию «Газпром нефти». Данные для анализа были взяты из открытых источников, в том числе отчетов ФНС и представлены в таблице 1. Некоторые данные среднесписочной численности приближительны [4].

Таблица 1

**Данные о деятельности исследуемого предприятия**

Год	Выручка, руб.	Вал. прибыль, руб.	Издержки, руб.	Осн. средств, руб.	ФОТ, руб.	Среднесп. числ., чел.
2012	5063598	1566984	3496614	49420	2003764	3500
2013	7140055	2145763	4994292	132374	2788084	3300
2014	8099753	2343734	5756019	174219	3826041	3200
2015	6145973	2030961	4115012	210075	3193132	3100
2016	5690393	1611237	4079156	325406	3073706	3100
2017	6952819	1711948	5240871	405847	3764495	3200
2018	8527035	1921022	6606013	974098	4685680	3156
2019	11940022	3055469	8884553	1730938	5948921	3804
2020	16158486	1682263	14476223	1011660	7450367	4245
2021	15008837	1469273	13539564	1515370	8105406	4056
2022	17797915	2092547	15705368	1288816	10722080	4386
2023	22173612	3466219	18707393	1701564	14168342	4889

Построим производственную функцию Кобба-Дугласа по имеющимся данным, для нахождения коэффициентов используем метод наименьших квадратов. Для удобства

работы проведем стандартизацию данных путем деления временных рядов на первые показатели в ряду. Получим следующий результат:

$$Q = 0,988K^{0,301}L^{0,699}$$

Относительная ошибка аппроксимации составила 18,3%, что является достаточно высоким показателем и говорит об ограниченности применения данной модели на практике. Коэффициенты эластичности указывают на то, что для предприятия целесообразнее вкладываться в трудовые ресурсы: исходя из модели, увеличение числа занятых на 1%, можно получить рост выручки на 0,699%, в то время как увеличение капитала на 1% даст прирост выручки только на 0,301%. Но как было сказано ранее, точность модели оставляет желать лучшего – использовать ее целесообразно разве что в рекомендательных и исследовательских целях, но не как основной аргумент в пользу какого-либо решения в рамках системы поддержки принятия решений. Дополнительно были смоделированы постклассическая и неоклассическая ПФ, ошибки аппроксимации которых составили 15% и 8% соответственно. Выводы, исходя из результатов построения данных моделей, сходятся с рекомендациями функции Кобба-Дугласа.

Перейдем к степенной производственной функции с действительными коэффициентами. Для этого необходимо перейти к безразмерным величинам, используя данные из таблицы 1. Для этого используем подход из работы [3], а именно свяжем показатели G и C для вычисления Q, и приведем труд и капитал к безразмерным величинам путем деления каждого значения на первое значение труда; таким образом получим новый ряд безразмерных данных, представленный в таблице 2.

Таблица 2

**Безразмерные данные о деятельности исследуемого предприятия**

Год	G'	C'	K'	L'	a	b
2012	0,448	1	0,025	1	1,096	0,743
2013	0,614	1,428	0,066	1,391	1,555	0,765
2014	0,670	1,646	0,087	1,909	1,777	0,776
2015	0,581	1,177	0,105	1,594	1,312	0,739
2016	0,461	1,167	0,162	1,534	1,254	0,815
2017	0,490	1,499	0,203	1,879	1,577	0,858
2018	0,549	1,889	0,486	2,338	1,968	0,943
2019	0,874	2,541	0,864	2,969	2,687	0,963
2020	0,481	4,140	0,505	3,718	4,168	1,013
2021	0,420	3,872	0,756	4,045	3,895	1,055
2022	0,598	4,492	0,643	5,351	4,531	0,991
2023	0,991	5,350	0,849	7,071	5,441	0,956

Воспользовавшись формулами из работы [3], найдем искомые коэффициенты a и b, получим результат следующего вида:

$$G + iC = 3,348(K + iL)^{0,876}$$

Средняя ошибка аппроксимации для данной производственной функции составила 11%, что говорит о более высокой точности, нежели у функции Кобба-Дугласа. Коэффициенты для каждого года также представлены в таблице 2, такой рост

коэффициента  $a$  при незначительном росте коэффициента  $b$  говорит о том, что целесообразнее вкладываться в мероприятия, связанные с оптимизацией человеческого ресурса. Несмотря на многократный рост капитала за рассматриваемый период, не удалось продемонстрировать такого же роста валовой прибыли, в то время как выручка и издержки растут. Это может быть связано как с числом занятых, так и с организацией труда [5]. Для наглядности рассмотрим графики изменения коэффициентов (рис. 1). Следует отметить, что полученные рекомендации могут различаться с реальным положением дел и не могут быть рекомендованы в качестве обязательного мероприятия по оптимизации работы компании. Они созданы для расширения инструментария СППР: вкупе с данными от моделирования, ЛПР получают больше данных о процессах компании для принятия управленческого решения.

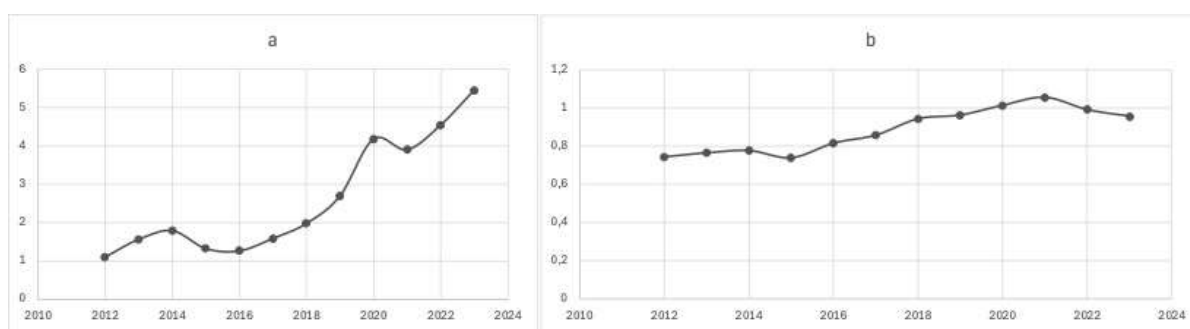


Рис. 1. Динамика изменения коэффициента пропорциональности  $a$  и показателя степени  $b$

### СППР и Выводы

Использование производственных функций как вещественных переменных, так и комплексных переменных в области СППР имеет право на существование, причем целесообразно исследовать и использовать оба варианта производственных функций ввиду того, что рекомендации, получаемые исходя из построенных моделей могут, во-первых, противоречить друг-другу, во-вторых, расходиться с реальным положением дел. В рассматриваемом примере, однако, рекомендации, полученные по результатам моделирования схожи и связаны с целесообразностью развивать направление человеческого капитала компании. Таким образом, используя в системе инструментальных методов различных производственных функций может предоставить лицам, принимающим решения, комплексный и разнообразный взгляд на положение дел и поспособствовать в принятии оптимального решения: моделирование с использованием данных производственных функций может быть использовано как в оперативном, так и в стратегическом планировании. Следует отметить, что существует большое количество иных вариантов в инструментарии экономического прогнозирования, анализ использования которых для исследуемого предприятия ляжет в дальнейшие научные работы автора.

### Список литературы

1. Акерман Е. Н. Оценка имитационного потенциала IT-компаний при помощи производственной функции Кобба-Дугласа / Акерман Е. А. Николаевна, Михальчук А. А., Спицын В. В., Чистякова Н. О. // Вестник НГУЭУ – 2019 – №4 – С. 130–142.
2. Бессонов В. А. Проблемы построения производственных функций в российской переходной экономике. М.: Институт экономики переходного периода, 2002. 89 с.

3. Светульников И. С. Использование комплексных переменных в теории производственных функций / Светульников И. С. // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2007 – №4 – С. 127–129.
4. Светульников И. С. Степенные производственные функции комплексных переменных / Светульников И. С., Светульников С. Г. // Экономика и математические методы. 2012 – №48(1) – С. 67–79.
5. Портал РБК Компании / [Электронный ресурс] // ООО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-ЦР» [сайт] – URL: <https://companies.rbc.ru/id/1087746449812-ooo-gazpromneft-tsifrovyye-resheniya/#general> (дата обращения: 20.04.2025)
6. Светульников С. Г. Основы комплекснозначной экономики. СПб.: Издатель Васиљкина М.Н., 2011. 348 с.

## ИНТЕГРИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ АНОМАЛИЙ В ТРУБОПРОВОДАХ НА ОСНОВЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПЕЛЬТЬЕ: ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК, ТЕПЛОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ

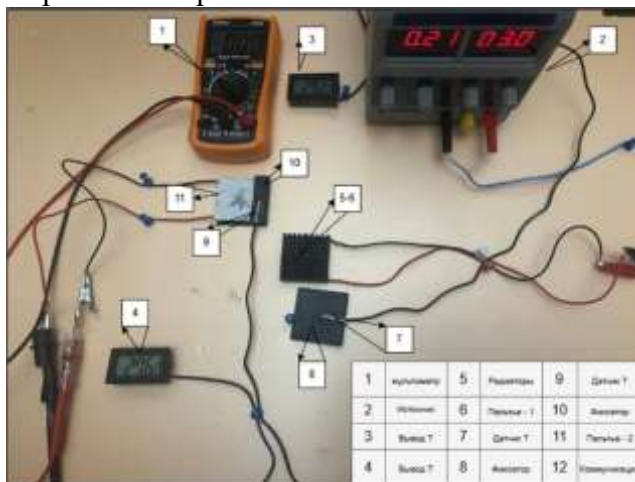
Любимов П.В.

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II*

**Аннотация.** Текущая траектория предиктивной аналитики во многом опирается на результаты отработки базы данных по параметрам элемента отказавшего агрегата, нахождение аномалий в работе установке возможно с использованием опосредованного элемента с хорошо изученными функциональными зависимостями между основными параметрами, так в этой работе предлагается алгоритм обнаружения температурных аномалий, включающий использование элемента Пельтье в качестве чувствительного элемента с которого в следящем режиме списывается и обрабатывается поток данных [1].

**Ключевые слова:** Модуль Пельтье, энергосбережение, теплоэнергетика, термоэлектрический генератор

В этой работе принимается модель Пельтье TEC-12708, с которой снимаются показания выходного напряжения в зависимости от температурного потенциала на обкладках и на котором исследуются переходные процессы при разных температурных источниках, схема экспериментальной установки рис. 1. Среда обработки статистических данных и построения алгоритма – R, вспомогательная расчетная среда – MathCad, среда математического моделирования RepeatLab.



*Рис. 1 Лабораторная установка по снятию динамических характеристик с модуля Пельтье*

Алгоритм включает следующие методы, для определения роста или падения напряжения на основе знака выходного напряжения, точка стабилизации с использованием скользящего окна, аномалии при задании постоянного температурного режима по Z-показателю, аномалии в процессе регулирования по кластеризации при аппроксимирующей параболической кривой. Предусмотрен модуль надежности, схема “2 из 2”. Решение об аномалии выводится по каждому блоку, оператор может принимать решение в зависимости от условий эксплуатации и ожидаемых результатов. Результаты сбора и обработки данных рис. 2-3. При нестабильной температурной кривой, вызванной помехами, реализован метод определения характера шума по исчислению тригонометрических функций.

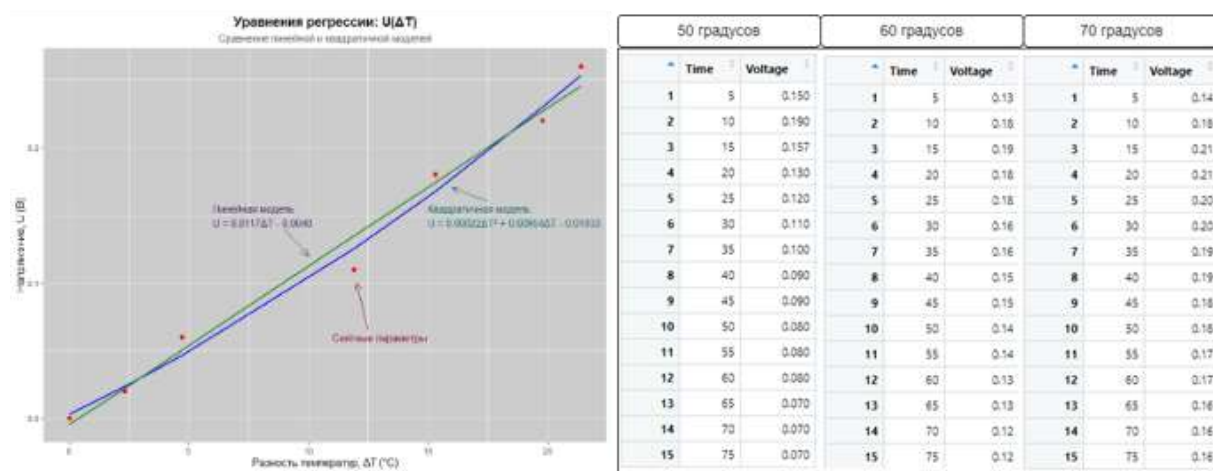


Рис. 2 Данные по выходному режиму для построения уравнения регрессии и прогонки алгоритма поиска аномалий.

Time	Voltage1	Anomaly1	Process	Voltage2	Anomaly2	Process2	JointAnomaly	Read_1	Read_2
31	155	0.255 TRUE	✗ Переходный	0.08 TRUE	✗ Переходный	TRUE	Рост температуры	Рост температуры	
32	160	0.260 TRUE	✗ Переходный	0.08 TRUE	✗ Переходный	TRUE	Рост температуры	Рост температуры	
33	165	0.255 TRUE	✗ Переходный	0.08 TRUE	✗ Переходный	TRUE	Рост температуры	Рост температуры	
34	170	0.255 TRUE	✗ Переходный	0.08 TRUE	✗ Переходный	TRUE	Рост температуры	Рост температуры	
35	175	0.255 TRUE	✗ Переходный	0.08 TRUE	✗ Переходный	TRUE	Рост температуры	Рост температуры	
36	180	0.255 TRUE	✗ Переходный	0.08 TRUE	✗ Переходный	TRUE	Рост температуры	Рост температуры	
37	185	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 TRUE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
38	190	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 TRUE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
39	195	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 TRUE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
40	200	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
41	205	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
42	210	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
43	215	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
44	220	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
45	225	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
46	230	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
47	235	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
48	240	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
49	245	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
50	250	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
51	255	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
52	260	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
53	265	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
54	270	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
55	275	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
56	280	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
57	285	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
58	290	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
59	295	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
60	300	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
61	305	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
62	310	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	
63	315	0.240 FALSE	✗ Переходный	0.08 FALSE	✗ Переходный	FALSE	Рост температуры	Рост температуры	

Рис. 3 Вывод результатов прогонки методов на определение аномалии при стационарном задании

Для процесса перевода на новый температурный уровень для того же блока данных, рис. 4.

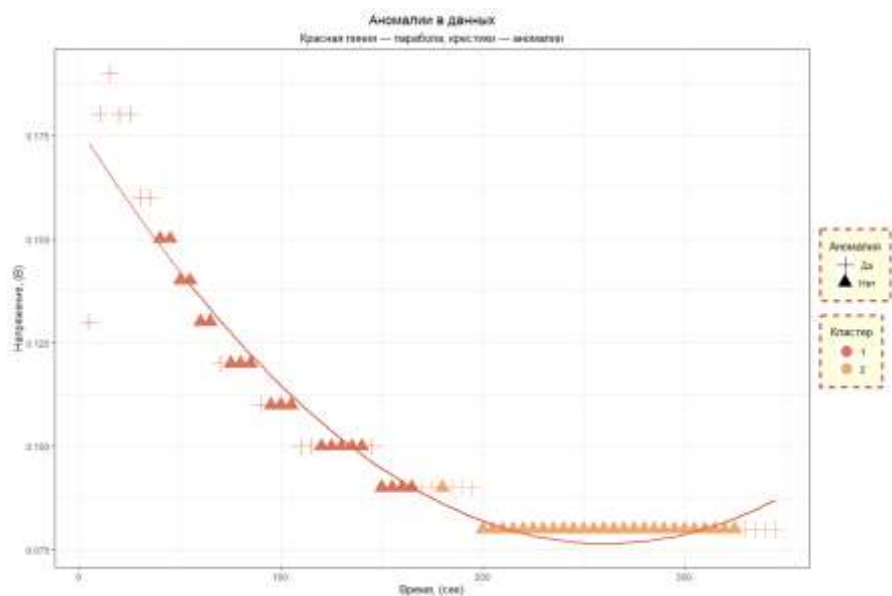


Рис. 4 Вывод результатов прогонки методов на определение аномалии при регулировании

Моделируя процесс теплопередачи от воды к наружной поверхности заданной многослойной цилиндрической стенки, возможно определить температуру для каждого участка, при постановке задачи как: “Проверка работы алгоритма в условиях наличия возмущений или помех”, воспользуемся функцией нормального распределения шума с добавлением случайного возмущения блока “random”, настроим частоту дискретизации, снимем данные после чего реализуем прогонку непосредственно в “теле” кода.

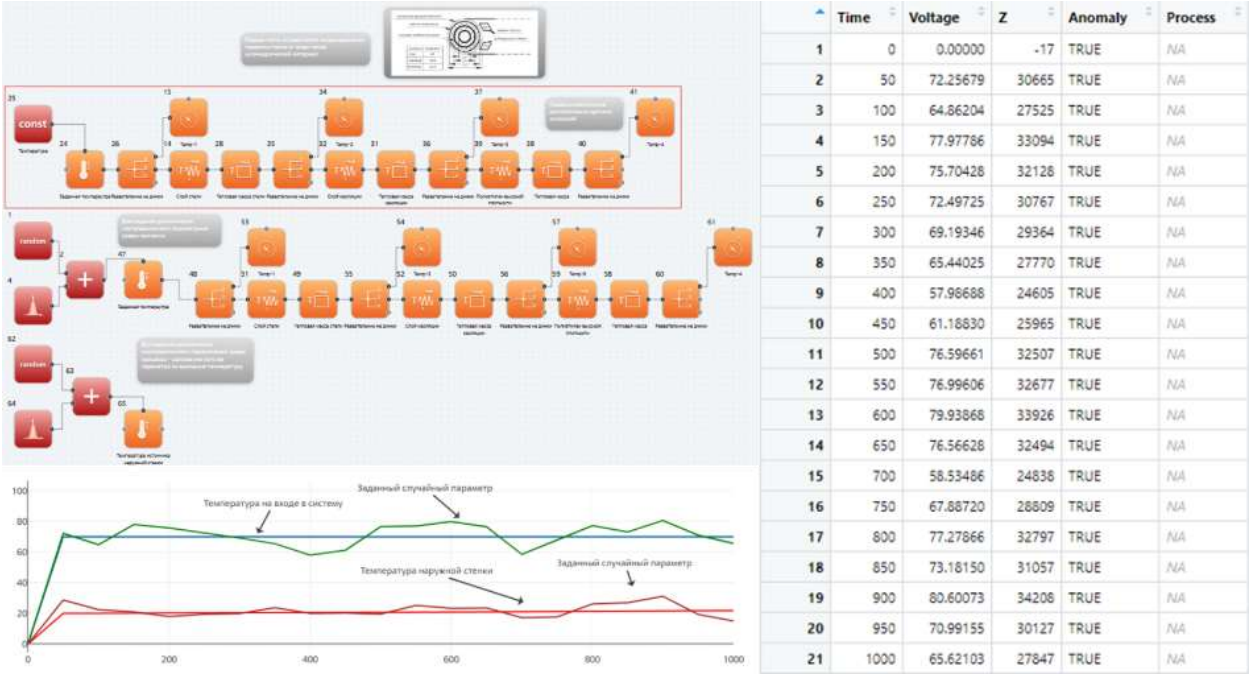


Рис. 4 Вывод результатов прогонки методов обнаружения температурных аномалий по температурной кривой с модели горизонтального водопровода

Для наших же данных реализуем оценку характера шума, для этого начнем с вычисления косинуса в треугольнике, представим вертикальный катет точки отклонения от 20°C как вертикальный катет, горизонтальный катет каждой итерации равен единице, тогда:



$$SaD(\cos(\alpha)) = \sum \frac{1}{\sqrt{1 + diff^2}} \text{ и } SaD(\sin(\alpha)) = \sum \frac{diff}{\sqrt{1 + diff^2}}$$

$$SaD = \frac{\sum \frac{diff}{\sqrt{1 + diff^2}}}{\sum \frac{1}{\sqrt{1 + diff^2}}}$$

По такой метрике возможно просто оценить качество шума, оценить стабильность, насколько данные близко расположены к горизонтали. Для косинусов при наименьших отклонения сумма равна количеству точек входа в функцию расчета, синус учитывает знак, позволяет оценить преобладание, в какую сторону в среднем отклоняются данные (выше или ниже 20°C). С использованием ранее вычисленного значения температуры и возможностей языка R, настроим алгоритм, прежде зададим шум нарастающий, убывающий и постоянный в отношении наших данных. Моделирование шума и прогонка алгоритма рис. 5.

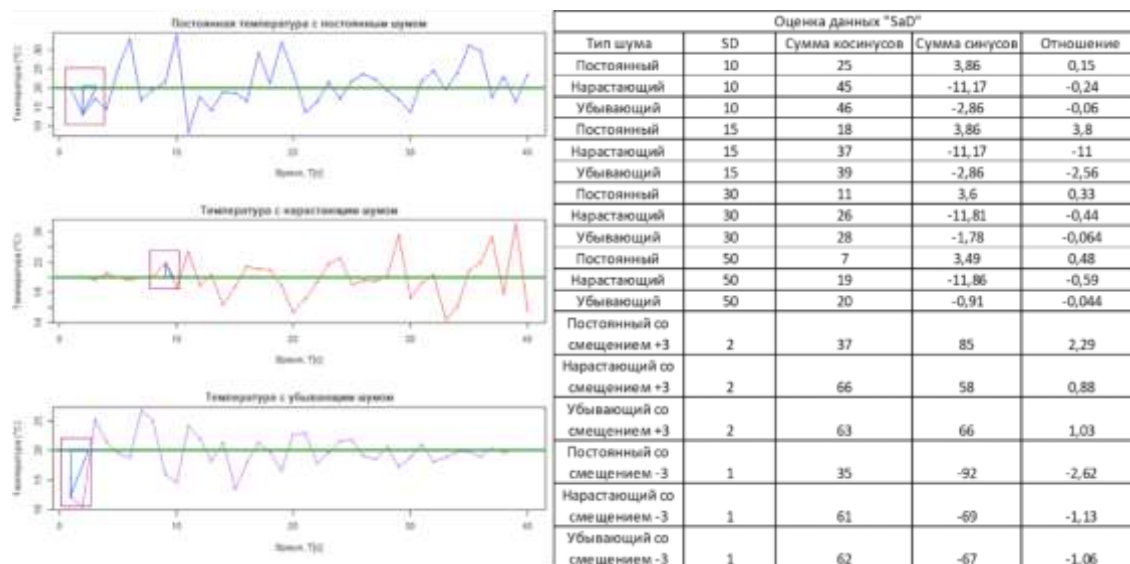


Рис. 5 К определению характера шума.

Сумма косинусов: чем выше значение, тем меньше отклонения от базовой температуры (20°C). Примеры из данных: Постоянный шум с SD=10: сумма = 25 умеренный шум. Постоянный шум с SD=50: сумма = 7 экстремальные отклонения. Нарастающий/убывающий шум с SD=10: сумма ~45–46 меньше крупных отклонений в начале/конце ряда. Сумма синусов: положительная, преобладание температур выше 20°C. Отрицательная, преобладание температур ниже 20°C. Примеры: Постоянный шум со смещением +3: сумма = 85 сильное смещение вверх. Постоянный шум со смещением -3: сумма = -92 сильное смещение вниз. Отношение, |Отношение|>1: Сильное смещение или экстремальный шум. |Отношение|<0.1: Шум близок к симметричному, смещения нет.

### Список литературы

1. T. Naruyama, Performance of Peltier elements as a cryogenic heat flux sensor at temperatures down to 60 K, Cryogenics, Volume 41, Issues 5–6, 2001, Pages 335-339, ISSN 0011-2275, [https://doi.org/10.1016/S0011-2275\(01\)00081-9](https://doi.org/10.1016/S0011-2275(01)00081-9).



## ОПТИМИЗАЦИЯ ЦИФРОВОГО ПРИСУТСТВИЯ БИЗНЕСА С ПОМОЩЬЮ RAG-УСИЛЕННЫХ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

МАВРИН Д.И.

*Санкт-Петербургский Государственный Электротехнический Университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** Статья посвящена оптимизации цифрового присутствия бизнеса через внедрение RAG-усиленных языковых моделей (LLM) для генерации SMM-контента. На примере ООО «ТКС.РУ» показано, как технология RAG снижает затраты на продвижение, сохраняя уникальность и безопасность данных. Предложены три варианта интеграции: локальный (in-house), гибридный и облачный (SaaS). Разработанный прототип на базе GigaChat и локальной БД демонстрирует свою функциональность. Особое внимание уделено этичности – все материалы маркируются как ИИ-контент. Перспективы включают возможность гибкого использования различных языковых моделей (LLM) и внедрение агентского функционала для автономной публикации. Проект ориентирован на поддержку российского технологического суверенитета.

*Ключевые слова:* RAG, LLM, SMM, ИИ-генерация, цифровое присутствие, этичность, гибридная архитектура, российские технологии, оптимизация затрат

В современном бизнесе эффективное продвижение в социальных сетях (SMM) стало ключевым инструментом для привлечения клиентов и увеличения продаж. Однако качественное ведение аккаунтов требует значительных ресурсов: найм штатного SMM-специалиста обходится компаниям в среднем от 100 тыс. рублей в месяц, а услуги фрилансеров, хотя и дешевле, часто приводят к шаблонному контенту и рискам утечки конфиденциальных данных. Для небольших предприятий такие расходы выходят за рамки, как правило, небольшого рекламного бюджета, что ставит под угрозу их конкурентоспособность в современной цифровой среде.

В рамках данной статьи автор продолжает свое сотрудничество с компанией «ТКС.РУ» по разработке решений с использованием технологий LLM. В предыдущих статьях автором описана разработка и запуск прототипа сервиса для отдела технической поддержки компании на основе дообученной генеративной нейронной сети с применением технологии embedding. Предлагаемая разработка является логическим развитием предыдущей работы с применением наиболее перспективного современного инструмента – технологии Retrieval-Augmented Generation (RAG) [1].

Разработана концепция сервиса, способного обеспечить стабильный поток SMM-контента при незначительных затратах для бизнеса. Сервис реализован в виде прототипа и запущен в тестовую эксплуатацию.

Технология RAG сочетает в себе возможности больших языковых моделей (LLM) и доступ к внешним источникам данных, что позволяет генерировать контент, основанный на актуальной и релевантной информации. Процесс делится на три ключевых этапа. Запрос пользователя векторизуется (создается embedding), и на его основе осуществляется поиск наиболее подходящей по смыслу информации в векторной базе данных (БД). Полученный на предыдущем этапе контекст используется для обогащения запроса пользователя релевантными данными. Эффективность описанного подхода была экспериментально подтверждена автором в предыдущей статье. Точность ответов LLM с применением данной технологии при тестировании показала высокий экспертный уровень в предметной области при весьма низкой стоимости владения [1].

Преимущество RAG – гибкость. Эта технология является модульной и состоит из трех сущностей [2]:

- БД, содержащей векторизованную дополнительную актуальную информацию (данные компании);
- механизма векторизации запроса пользователя и поиска релевантной информации в БД (бизнес-логика);
- обогащенная контекстом LLM, используемая в качестве основного генератора ответа.

Актуализация данных в БД может осуществляться как вручную, например сотрудником организации, так и с использованием средств автоматизации посредством программного интерфейса (API). Модульная архитектура предлагаемого решения позволяет без дополнительных финансовых и временных затрат использовать оптимальную для конкретной бизнес-потребности embedding и LLM модели любых доступных провайдеров (например, YandexGPT, GigaChat, GigaChatPRO и т.п.) [3,4].

Автором статьи совместно со специалистами ООО «ТКС.РУ» было разработано архитектурное решение «Виртуальный автор». Рабочее место представляет собой интерфейс, в котором оператор (сотрудник компании) может сгенерировать или выбрать из библиотеки фото виртуального автора и сформировать техническое задание, выбрав тип и объем сообщения, стиль (tone of voice) из соответствующего списка (пост для VK, Telegram, Яндекс Дзен, статья для сайта компании и др.) [5,6].

Сервис на основе актуальных данных генерирует материал в соответствии с заданием пользователя, практически готовый для публикации в соответствующем медиaprостранстве. Например, дайджесты, анонсы, рекламные посты для новых продуктов компании, статьи и др. (см. Рис 1).

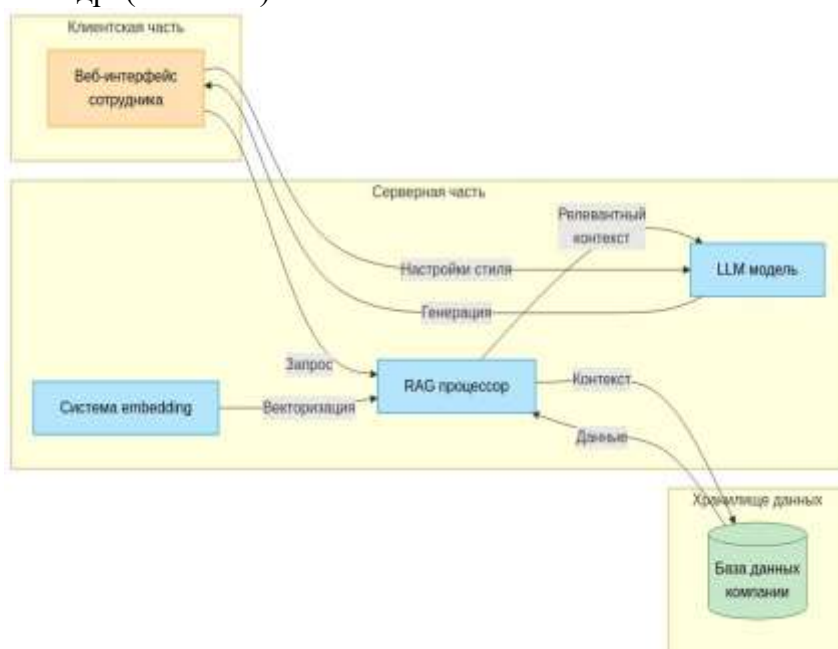


Рис. 1. Принцип работы сервиса

С точки зрения архитектуры у данного сервиса существует три варианта реализации. Компании, потенциально желающие приобрести это решение могут выбрать один из трех пакетов на основе своих нужд и возможностей [7]:

- Локальное решение (In-house, «коробочный» вариант). Организация разворачивает и поддерживает функциональность системы на собственных серверах, оставляя данные в ИБ-периметре (ДМЗ). Подходит для организаций с высокими требованиями к безопасности. Наиболее дорогостоящее решение, требующее вложений в приобретение и обслуживание высокопроизводительного сложного оборудования. В данном случае мы как поставщик решения (вендор) предоставляем компании готовый программный пакет, рекомендации по оборудованию и внедрению. Предоставляется техподдержка, доступ к обновлениям на абонентской основе. Обслуживанием системы клиент занимается самостоятельно.
- Полулокальное решение (50% In-house). Более дешевое решение, где LLM-компонент находится на вычислительном оборудовании вендора и подключается через API к БД на серверах клиента. Удобен компаниям, желающим иметь контроль над собственной БД, но не имеющим ресурсов для запуска и поддержки больших языковых моделей. Клиент оплачивает программный пакет, доступ к обновлениям, вычислительные мощности вендора в соответствии с тарифами, техподдержку.
- Облачное решение (SaaS-модель). Клиент получает доступ к системе через веб-интерфейс, все данные обрабатываются и хранятся на стороне вендора. Подходит для организаций с небольшими рекламными бюджетами, не предъявляющих к используемым данным повышенных требований в области безопасности. Наиболее бюджетное для бизнеса решение, так как обязанности по покупке и обслуживанию оборудования, обновления, оплата доступа к платным LLM лежат на вендоре. Клиент оплачивает только ежемесячную подписку.

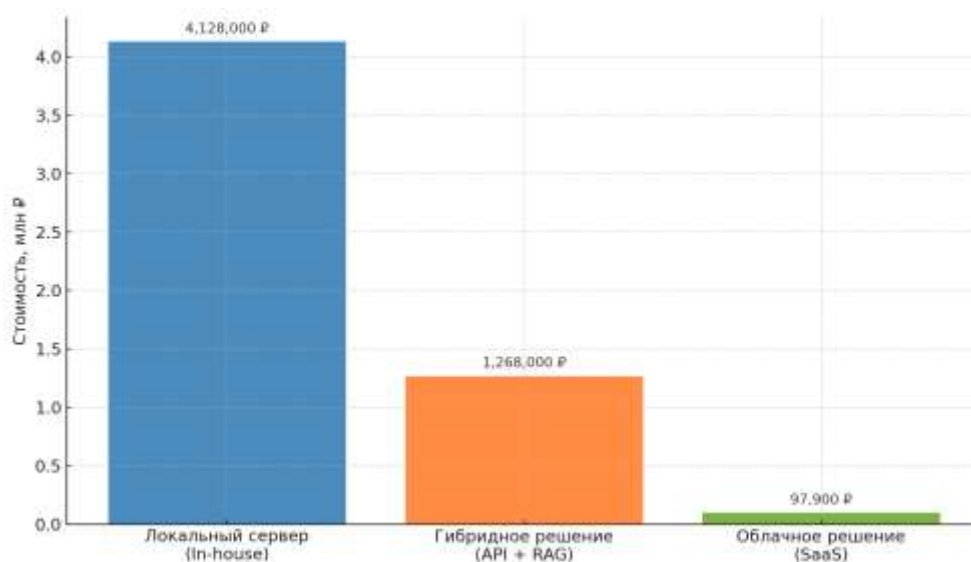


Рис. 2. Принцип работы сервиса

Проведённый анализ трёх вариантов архитектуры показал существенные различия в совокупной стоимости владения: затраты на локальное решение в первый год превышают расходы на гибридное решение в 3.3 раза, а облачное в 42 раза. Таким образом, выбор архитектуры определяется балансом между бюджетом, требованиями к безопасности и необходимостью кастомизации (см. Рис.2).

В рамках сотрудничества с компанией «ТКС.РУ» был реализован рабочий прототип решения, основанный на гибридной модели 50% In-house. Вычислительные задачи, связанные с генерацией контента, выполняются через API GigaChat, что позволяет использовать мощь современных LLM без затрат на локальное развертывание. База данных, включающая внутренние документы, новостные материалы и историю взаимодействий с клиентами, размещена на серверах компании, обеспечивая полный контроль над конфиденциальной информацией. Интерфейс системы интегрирован в корпоративную инфраструктуру.

Система автоматически формирует контент на основе актуальных данных: например, реклама новой услуги дополняется техническими характеристиками из внутренней документации, отзывами клиентов и т.п. Маркировка «использован ИИ» обеспечивает этическую прозрачность. Подобная практика распространена среди современных компаний, использующих генеративные нейронные сети для создания контента [8, 9].

Реализованный прототип показывает возможность создания полностью независимого отечественного решения, соответствующего стратегии импортозамещения и технологического суверенитета. В ближайшей перспективе рассматривается возможность сотрудничества с российским LLM-стартапом «Eva», что даст возможность внедрить агентский функционал: сервис сможет не только генерировать контент, но и автоматически публиковать его по расписанию, анализировать вовлеченность аудитории, предлагать темы для будущих материалов с обязательным утверждением сотрудниками компании [10,11].

Развитие таких функций превратит платформу в цифрового SMM-менеджера, способного адаптироваться к динамике рынка. Например, система сможет [12]:

- Автоматически увеличивать частоту публикаций в период акций, опираясь на календарь маркетинга.
- Генерировать контент под тренды, выявленные в социальных сетях.
- Интегрироваться с российскими аналитическими сервисами (например, Яндекс.Метрика) для оптимизации стратегии.

Прогноз коммерческого успеха среди малого и среднего бизнеса основан на растущем спросе на этические и безопасные отечественные решения в области ИИ. Акцент на локализации данных, использовании открытого кода и партнерстве с отечественными разработчиками позволит внести вклад в развитие технологической экосистемы страны.

### **Список литературы**

1. Маврин Д.И. Чат-бот клиентской поддержки на основе дообученной нейронной сети // Наука настоящего и будущего. – 2023. – Т. 3. – С. 155-159.
2. Козлов П.Н. Архитектура RAG: объединение поиска и генерации // Искусственный интеллект и данные. – 2023. – № 2. – С. 30-41.
3. Гигачат. GigaChat: возможности и интеграция [Электронный ресурс]. – URL: <https://gigachat.ru/docs> (дата обращения: 15.04.2025).
4. Яндекс. Технологии YandexGPT: официальная документация [Электронный ресурс]. – URL: <https://yandex.ru/company/technologies> (дата обращения: 15.04.2025).
5. РБК. ИИ-генерация контента: тренды 2025 года [Электронный ресурс]. – 2025. – URL: [https://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/11/04/2025/67f7dc39a79477fdd97bf30](https://www.rbc.ru/technology_and_media/11/04/2025/67f7dc39a79477fdd97bf30) (дата обращения: 15.04.2025).
6. Otus. Практика внедрения LLM в бизнес-процессы [Электронный ресурс] // Habr. – 2023. – URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/787116/> (дата обращения: 15.04.2025).
7. РБК. Этические аспекты ИИ-контента [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rbc.ru/technology> (дата обращения: 15.04.2025).
8. Raft. Как RAG-технологии меняют подход к генерации контента [Электронный ресурс] // Habr. – 2023. – URL: <https://habr.com/ru/companies/raft/articles/791034/> (дата обращения: 15.04.2025).

8. Колонки Лапина [Электронный ресурс] // Транспортно-логистический портал «tks.ru». URL: <https://www.tks.ru/columns/lapin/> (дата обращения: 24.04.2025).
9. Смирнова Е.А. Искусственный интеллект в маркетинге: от чат-ботов до генерации контента // Цифровая экономика. – 2023. – № 4. – С. 45-58.
10. Иванов Д.В. Импортозамещение в IT-сфере: вызовы и решения // Информационные технологии. – 2022. – № 9. – С. 12-25.
11. Правительство РФ. Стратегия развития искусственного интеллекта в Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – URL: <http://government.ru/docs/> (дата обращения: 15.04.2025).
12. Ева Бот [Электронный ресурс] // Telegram. URL: [https://t.me/eva\\_intelligence\\_bot](https://t.me/eva_intelligence_bot) (дата обращения: 25.04.2025).

## **УПРАВЛЕНИЕ АРХИТЕКТУРОЙ КОМПАНИИ НА ПЛАТФОРМЕ «1С:ПРЕДПРИЯТИЕ»**

Кьяндский А.М., Денисов А.Р.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.  
Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** В статье рассмотрена актуальная проблема крупной ИТ-компании по построению единой корпоративной системы управления данными на базе технологической платформы «1С:Предприятие». Составлен бизнес-процесс в нотации IDEF0, а также референсная модель ИТ-инфраструктуры предприятия, необходимая для реализации бизнес-логики в нотации ArchiMate.

*Ключевые слова:* цифровая трансформация, 1С:Предприятие, информационная система, ИТ-компания, ИТ-инфраструктура, данные

Одним из основных механизмов развития предприятий в контексте цифровой трансформации на текущем этапе является создание и развитие корпоративной системы поддержки принятия управленческих решений на всех уровнях, которая основывается на обработке корпоративных данных. Построение такой системы не может быть осуществлено мгновенно из-за её высокой сложности, а также значительных затрат и временных ресурсов. Поэтому необходимо реализовывать её постепенно, осуществляя последовательную реализацию согласованных проектов, что должно определяться стратегией цифровой трансформации компании [1]. При реализации такой стратегии в Российской Федерации необходимо учитывать специфику российского рынка корпоративных систем, где ведущее положение занимает Платформа «1С:Предприятие» [2].

Активное развитие технологической платформы «1С:Предприятие» привело к необходимости использования всё большего количества информационных систем (ИС) в своей деятельности. Понимая это, разработчики предложили универсальное платформенное решение, позволяющее учесть потребности максимально широкого круга потребителей. По этой причине компании могут внести дополнения в стандартный функционал в виде специфических подсистем [3].

Но при этом возникает проблема интеграции этих подсистем, так как каждая из них создает свои собственные структуры данных. Всё это приводит к трудностям с интеграцией, поддержания целостности данных и поддержкой их актуальности. Данная проблема дополнительно усложняется в связи с не высоким уровнем информационной безопасности [4].

Соответственно, процессы цифровой трансформации компании, связанные с построением единых корпоративных данных на платформе «1С:Предприятие», требуют глубокого стратегически ориентированного подхода к интеграции. Такой подход целесообразно реализовать на принципах управления архитектурой.

Не исключением стала крупная российская ИТ-компания ООО «Омега», оказывающая услуги в области системной интеграции на базе технологической платформы «1С:Предприятие», внедрении решений на основе искусственного интеллекта, бизнес-аналитики и анализе больших данных, виртуальной и дополненной реальности, робототехники [5]. Деятельность компании (см. рисунок 1) охватывает множество гетерогенных информационных систем, не связанных между собой.

Это привело к тому, что в настоящее время затруднено развитие внутренней экосистемы в том числе из-за непрозрачной системы обмена потоками данных между её составных частей.

Для решения вышеперечисленных проблем необходимо сформировать единую стратегию компании, направленную на создание единого информационного пространства. Наиболее эффективным и инновационным решением будет являться создание системы распределённых данных с использованием технологии проектирования хранилищ данных Data Vault 2.0 [6].

Полная референсная модель ИТ-инфраструктуры представлена на рисунках 2-6. Её можно разделить на несколько частей (блоков) в соответствии с бизнес-функциями, представленными на рисунке 1. На рисунке 2 представлен финансовый блок, отвечающий за выплату заработной платы, кадровой политики компании и управление закупками. На рисунке 3 представлен блок, отвечающий за стратегическое развитие существующей архитектуры. На рисунке 4 – производственный блок, включающий в себя выполнение работ по сопровождению в рамках текущих договоров сопровождения клиентов, разработке и доработке программного обеспечения под проекты внедрения. На рисунке 5 – блок для управления и учёта производственного блока (является частью производственного блока). На рисунке 6 – интеграция функциональных подсистем в единое информационное пространство.

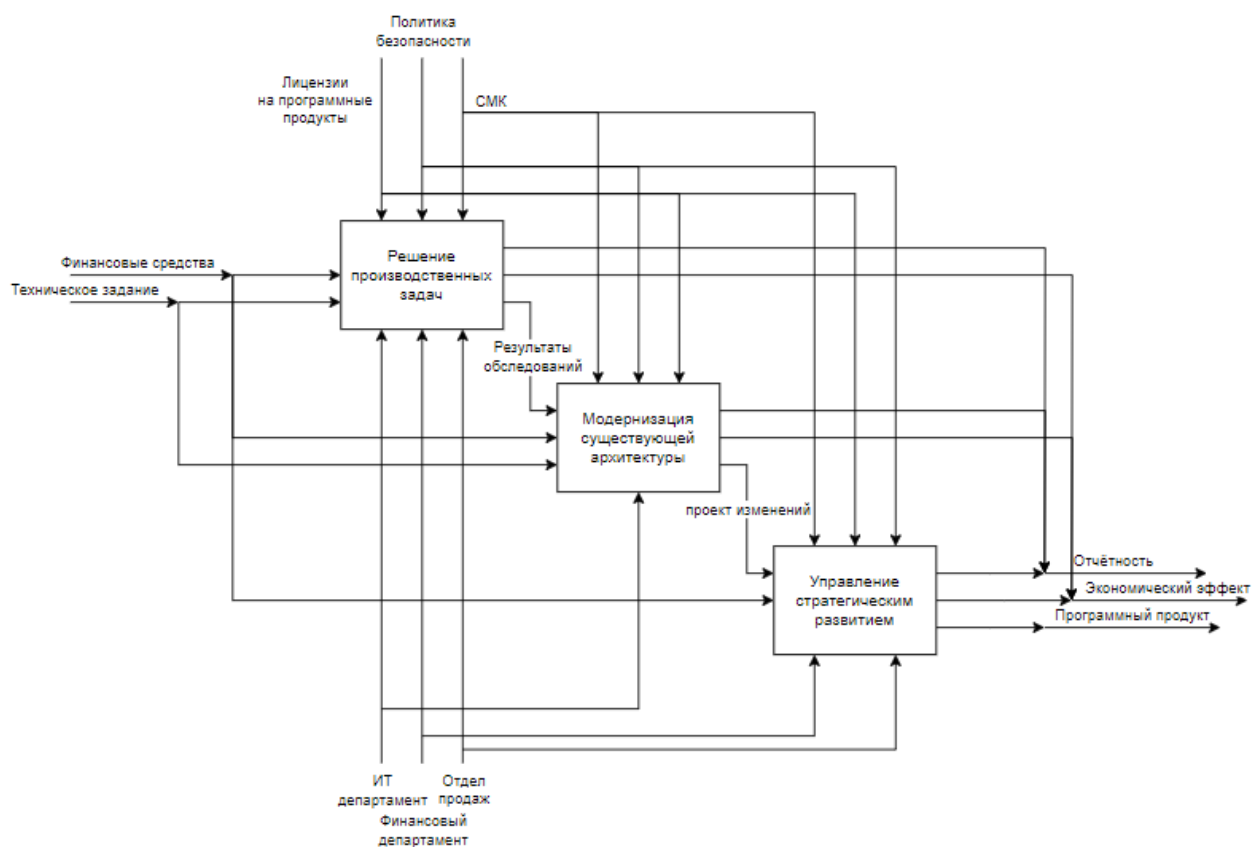


Рис. 1. Бизнес-процесс в нотации IDEF0

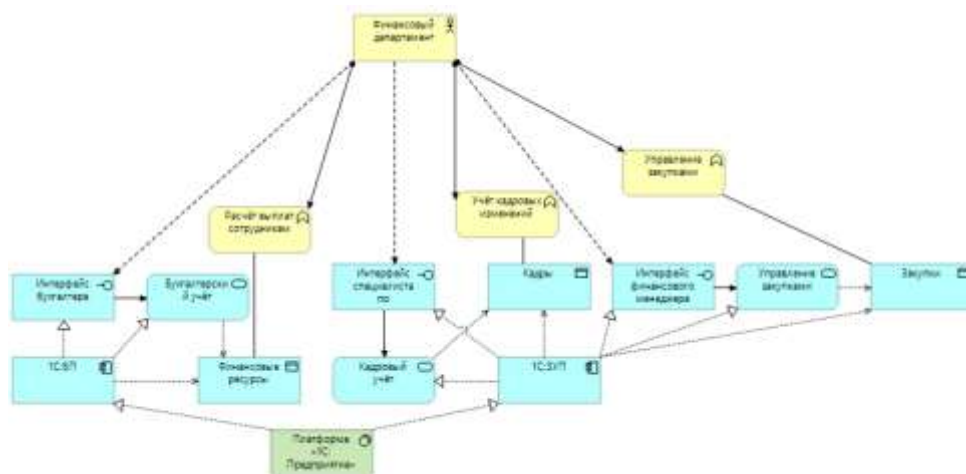


Рис. 2. Референсная модель ИТ-инфраструктуры предприятия в финансовой части, необходимой для реализации бизнес-логики в нотации ArchiMate

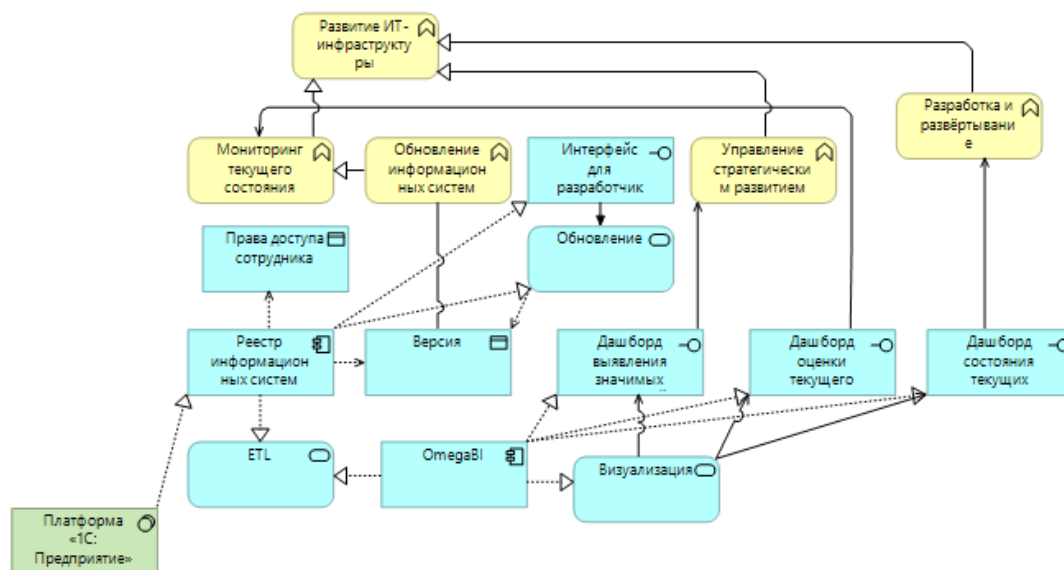


Рис. 3. Референсная модель ИТ-инфраструктуры предприятия в части стратегического развития, необходимой для реализации бизнес-логики в нотации ArchiMate

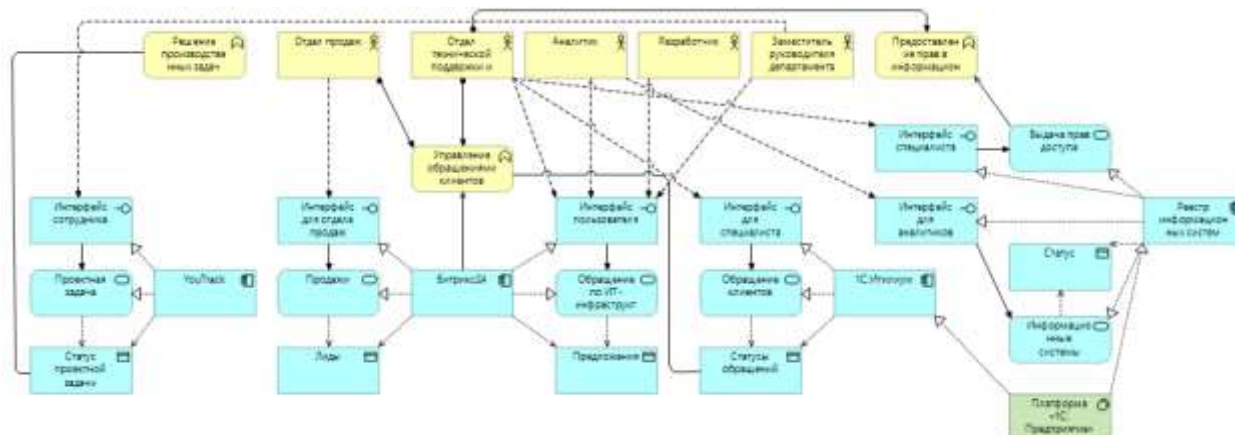


Рис. 4. Референсная модель ИТ-инфраструктуры предприятия в производственной части, необходимой для реализации бизнес-логики в нотации ArchiMate



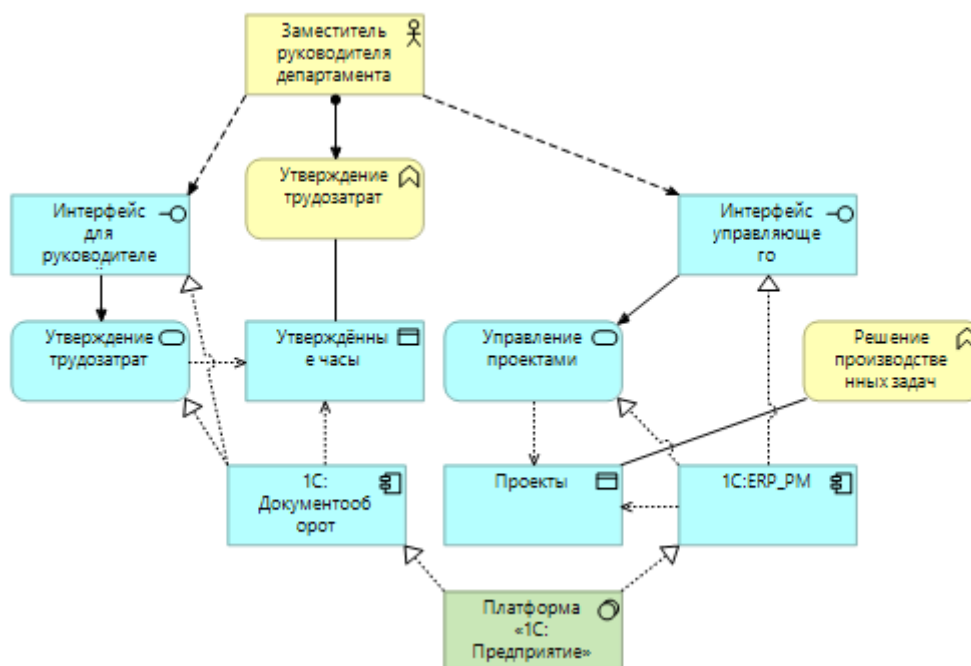


Рис. 5. Референсная модель ИТ-инфраструктуры предприятия в части управления и учёта производственной части, необходимой для реализации бизнес-логики в нотации ArchiMate

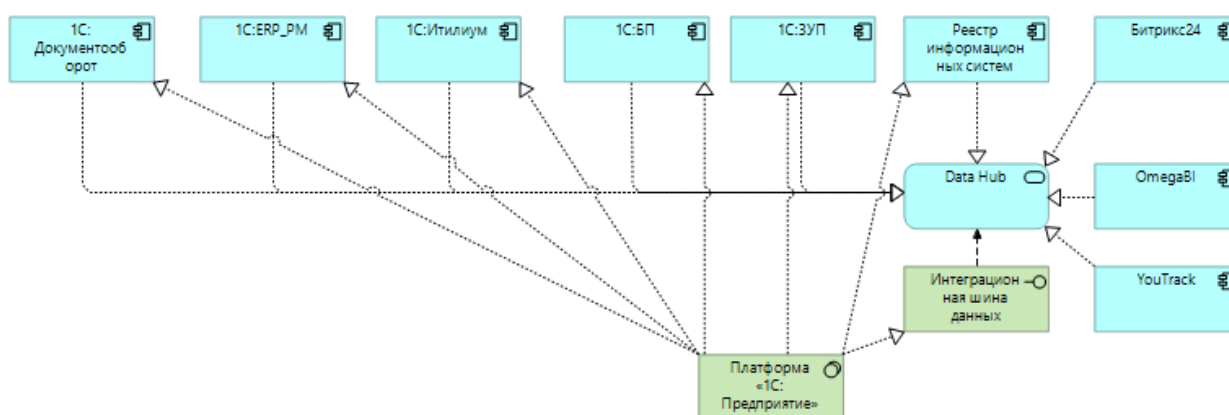


Рис. 6. Референсная модель ИТ-инфраструктуры предприятия в части интеграции функциональных подсистем, необходимой для реализации бизнес-логики в нотации ArchiMate

### Список литературы

1. Проектирование референсной модели ИТ-инфраструктуры инновационного решения: учебно-методическое пособие / А. Р. Денисова. – Санкт-Петербург: ФГБОУВО «СПбГЭТУ», 2024. – 28 с.
2. РБК составил рейтинг самых популярных в России франшиз. – URL: [https://www.rbc.ru/own\\_business/24/05/2023/646c8e2e9a79476a9654fed9](https://www.rbc.ru/own_business/24/05/2023/646c8e2e9a79476a9654fed9)
3. Стоит ли использовать программы «1С» в своей работе? Плюсы и минусы. – URL: <https://gendalf.ru/news/manager/stoit-li-ispolzovat-programmy-1s-v-svoey/>
4. Защита 1С. Проблемы информационной безопасности 1С. – URL: <https://efsol.ru/articles/protection-1c/>
5. ООО "ОМЕГА". – URL: <https://omegafuture.ru/o-nas/>
6. Технология проектирования хранилищ данных Data Vault 2.0. – URL: <https://habr.com/ru/articles/850280/>

## СЕКЦИЯ СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА

### ИНФОРМАЦИОННАЯ ПЕРЕГРУЗКА В IT: ТАЙМ-МЕНЕДЖМЕНТ ДЛЯ ТЕСТИРОВЩИКОВ

БОЛЬШАКОВА А. В., ЛЕОНОВА О. Г.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет ЛЭТИ имени В.И.  
Ульянова Ленина*

**Аннотация.** Актуальность исследования обусловлена необходимостью управления информационной нагрузкой в условиях ускорения циклов разработки, усложнения архитектуры ПО и роста требований к качеству программных продуктов. В данной работе рассматриваются адаптированные методы тайм-менеджмента и современные цифровые инструменты, позволяющие оптимизировать работу специалистов по тестированию и снизить нагрузку на них. Современные подходы к уменьшению нагрузки включают как классические методики тайм-менеджмента, адаптированные под IT-специфику, так и специализированные технологические решения. В данной статье рассматриваются: матрица Эйзенхауэра для тестировщиков, позволяющая определить приоритеты для эффективного разделения задач по критериям срочности и важности, фокусируясь на наиболее значимых дефектах; автоматическая классификация багов с использованием машинного обучения, современные ML-алгоритмы, интегрированные в системы управления задачами (например, Jira), способны анализировать текстовые описания дефектов и автоматически назначать им приоритеты, экономя время на сортировку; применение принципов Lean и Six Sigma, позволяющих устранять избыточные операции и концентрироваться на 20% дефектов, вызывающих 80% проблем у пользователей, повышать удовлетворенность заказчиков через улучшение наиболее важных аспектов.

*Ключевые слова:* информационная нагрузка тестировщиков, методики тайм-менеджмента, тайм-менеджмент, матрица Эйзенхауэра, современные ML-алгоритмы, Lean и Six Sigma

В условиях стремительной цифровизации и перехода к непрерывным моделям разработки программного обеспечения (CI/CD) специалисты по тестированию сталкиваются с беспрецедентным ростом информационной нагрузки. Из-за большого количества данных (многочисленные багрепорты, частые изменения требований и необходимость параллельного тестирования нескольких версий продукта) IT-специалисты испытывают хроническую когнитивную перегрузку, что приводит к увеличению числа ошибок и профессиональному выгоранию.

Особенно остро проблема проявляется в командах, где тестировщики тратят больше времени на рутинную обработку информации, чем на аналитическую деятельность. Это создает парадоксальную ситуацию: несмотря на автоматизацию процессов, когнитивная нагрузка на специалистов продолжает расти [1].

В современных условиях тестировщики программного обеспечения нуждаются в эффективном инструменте для расстановки приоритетов. Адаптированная версия матрицы Эйзенхауэра предполагает системный подход к классификации задач по двум ключевым критериям: срочности и важности.

Суть метода заключается в разделении всех задач на четыре категории. Первый и наиболее критичный квадрант включает срочные и важные задачи — это так называемые «блокирующие баги», которые делают продукт непригодным для использования. Сюда относятся падения системы, критические ошибки безопасности, дефекты, препятствующие

основному функционалу. Такие проблемы требуют немедленного реагирования: фиксации, ретеста и эскалации разработчикам, часто становясь главной темой ежедневных встреч в Agile-командах.

Второй квадрант охватывает важные, но несрочные задачи, которые часто откладываются из-за текучки, но имеют стратегическое значение для качества продукта. Это оптимизация тест-кейсов, автоматизация рутинных проверок, изучение новых инструментов тестирования. Для таких задач рекомендуется выделять фиксированное время (например, по аналогии с Google's «20% time») и включать их в спринты как отдельные story points.

Третий квадрант содержит срочные, но неважные задачи тестировщиков: ложные срабатывания, мелкие UI-дефекты без функционального влияния, многочисленные запросы на подтверждение статуса багов. Оптимальным решением становится делегирование таких задач junior-специалистам или искусственному интеллекту (ИИ), а также создание шаблонных ответов для частых вопросов.

Четвертый квадрант содержит рутинные операции и устаревшие проверки, не несущие ценности. Например, избыточная документация и дублирующие тест-кейсы. От таких неактуальных задач следует избавляться, руководствуясь принципами бережливого производства (Lean).

Практическое внедрение матрицы в работу тестировщиков требует использования специализированных инструментов. В таск-трекерах типа Jira [2] или Trello рекомендуется настраивать цветные метки для разных квадрантов и создавать соответствующие фильтры. Автоматические правила (например, через Jira Automation) могут первично сортировать баги по ключевым словам («crash», «security») сразу в первый квадрант. Визуализация через дашборды Grafana помогает отслеживать распределение задач и оперативно корректировать приоритеты. При этом важно учитывать ограничения метода — субъективность оценки важности задач и динамичность среды разработки, что требует регулярного пересмотра приоритетов на ежедневных встречах команды.

Современные системы управления дефектами переживают революцию благодаря внедрению технологий машинного обучения. Тестировщик может тратить до 25% рабочего времени на рутинную сортировку входящих отчетов об ошибках — определение их критичности, категоризацию и распределение по ответственным. Машинное обучение решает эту проблему через автоматический анализ текстовых описаний дефектов.

Ярким примером успешной реализации такого подхода стала интеграция ML-модулей в популярные системы управления задачами, такие как Jira. Специализированные плагины (например, Jira ML или AIQ for Jira) используют алгоритмы обработки естественного языка (NLP) для анализа текстовых полей баг-репортов. Системы обучаются на уже имеющихся данных проекта, выявляя закономерности между формулировками в описании дефектов и их фактической важностью. Когда тестировщик создает новый отчет, алгоритм мгновенно анализирует текст, выделяет ключевые слова («падение», «утечка памяти», «безопасность») и на основе прецедентов автоматически назначает приоритет, категорию и даже предполагаемого исполнителя.

Однако технология имеет и свои ограничения. На начальном этапе внедрения требуется значительный объем данных для обучения модели. Алгоритмы могут ошибаться при анализе сложных кейсов, где критичность определяется контекстом, который алгоритм не всегда может считать. Поэтому оптимальным становится гибридная модель, где ML-

система выступает первичным фильтром, но окончательное решение по спорным ситуациям принимает сам тестировщик.

Перспективы развития этого направления включают интеграцию с системами мониторинга (Sentry, Datadog) для автоматического создания багрепортов с предварительным анализом и использование предиктивных моделей для прогнозирования потенциально проблемных участков кода. Это превращает процесс тестирования из реактивного в проактивный, где команда может предотвращать проблемы до их возникновения.

В современной разработке ПО методологии Lean и Six Sigma предлагают системный подход к совершенствованию процессов тестирования, фокусируясь на устранении потерь и повышении удовлетворенности конечных пользователей.

Суть Lean-методологии в тестировании заключается в отказе от избыточных тест-кейсов и дублирующих друг друга проверок. Типичный пример — анализ тестового покрытия часто выявляет, что 30-40% тест-кейсов проверяют второстепенные сценарии, не влияющие на пользовательский опыт. Применение Lean-принципов позволяет убрать этот балласт, оставив только полезные проверки, улучшающие качество продукта.

Six Sigma дополняет этот подход строгим data-driven управлением качеством. Методология DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) помогает тестировщикам концентрироваться на дефектах, действительно значимых для пользователей. Согласно принципу Парето, 80% негативного пользовательского опыта спровоцировано всего 20% багов.

Комбинирование этих подходов дает синергетический эффект. Lean устраняет организационные потери, а Six Sigma обеспечивает фокус на качестве с точки зрения конечного потребителя. Практическая реализация включает создание "бережливых" тест-стратегий, где каждый проверочный сценарий обоснован ценностью для конечного пользователя.

Ключевым преимуществом методологии становится ее адаптивность, принципы одинаково эффективно работают как в классических каскадных моделях, так и в Agile-среде. После каждого релиза команда анализирует, какие тестовые активности принесли реальную ценность, а какие можно оптимизировать. Такой циклический подход превращает тестирование из затратной необходимости в драйвер бизнес-ценности, где каждый час работы QA-специалиста напрямую способствует улучшению пользовательского опыта и лояльности клиентов.

С течением времени тест-наборы имеют тенденцию разрастаться, обрастая дублирующими и устаревшими проверками, которые не только не приносят пользы, но и существенно замедляют процесс тестирования.

Принципы бережливого производства предлагают системный подход к решению этой проблемы. Первым шагом становится проведение инвентаризации тест-наборов с выделением нескольких категорий избыточности. Наиболее распространенными оказываются дублирующие проверки одного и того же функционала под разными углами, тесты для устаревших требований, а также излишне детализированные сценарии, разбивающие одну логическую проверку на множество мелких шагов.

Эффективным инструментом оптимизации становится применение метода «тест-дизайн по ценностям» (Value-Based Test Design). Этот подход предполагает построение тестовых сценариев, ориентированных исключительно на ключевые нужды пользователя и

бизнес-критические функции. Тестовые сценарии, не имеющие четкой привязки к ценности для клиента, становятся кандидатами на удаление или переработку.

Современные тестировщики работают в условиях беспрецедентной информационной нагрузки: сотни багрепортов, частые изменения требований, жесткие дедлайны и растущие ожидания качества. Однако с этим можно справиться, используя комбинацию приемов тайм-менеджмента и передовые цифровые инструменты (Grafana [3], Kibana [4], RescueTime [5], Toggl [6], Google Analytics [7], Hotjar, Amplitude).

В эпоху ИИ и автоматизации успешное тестирование — это не просто поиск багов, а продуманная система управления процессами, временем и ресурсами. Команды, которые внедряют новые подходы и автоматизируют рутинные задачи, не только работают быстрее, но и обеспечивают более высокий уровень качества продукта, а также предотвращают профессиональное выгорание сотрудников.

Технологии не стоят на месте — уже завтра ИИ-ассистенты, автономные тестовые среды и когнитивная аналитика станут стандартом. Но суть останется неизменной: самые эффективные QA-специалисты будущего — те, кто научился управлять не только кодом, но и своим временем.

### Список литературы

- 1) DevOps Enterprise Summit 2022 Case Studies [Электронный ресурс]. – 2022. – URL: <https://itrevolution.com> (дата обращения: 29.04.2025)
- 2) Case Study: Jira ML Implementation in FinTech // QA Leadership Journal. – 2023. – No. 4. – P. 22-28  
World Quality Report 2023-2024 [Электронный ресурс] / Capgemini, Sogeti. – 2023. – URL: <https://www.capgemini.com> (дата обращения: 29.04.2025)
- 3) Grafana Labs. Official Documentation [Электронный ресурс]. – 2024. – URL: <https://grafana.com/docs> (дата обращения: 29.04.2025)
- 4) Elastic. Kibana User Guide [Электронный ресурс]. – 2024. – URL: <https://www.elastic.co/guide> (дата обращения: 29.04.2025)
- 5) RescueTime. White Paper: Measuring Developer Productivity [Электронный ресурс]. – 2023. – URL: <https://www.rescuetime.com> (дата обращения: 29.04.2025)
- 6) Toggl. Case Study: Time Tracking in QA Teams [Электронный ресурс]. – 2022. – URL: <https://toggl.com> (дата обращения: 29.04.2025)
- 7) Google Testing Blog. Test Analytics at Scale [Электронный ресурс]. – 2022. – URL: <https://testing.googleblog.com> (дата обращения: 29.04.2025)

## ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ: ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ

Бычков В.М.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»*

**Аннотация.** В статье рассматривается роль интеграции систем управления качеством с цифровыми технологиями, имеется обоснование актуальности данной темы, рассматриваются основные вызовы при интеграции, а также представлены примеры успешной интеграции систем управления в крупных компаниях.

**Ключевые слова:** интеграция, системы управления качеством, цифровые технологии, качество продукции, вызовы, «Биотех», «СеверСталь».

В условиях стремительного развития цифровых технологий, организации по всему миру сталкиваются с необходимостью адаптации своих процессов для обеспечения конкурентоспособности. Одним из ключевых аспектов этой адаптации является интеграция

систем управления качеством с современными цифровыми решениями. Эта интеграция открывает новые горизонты для повышения эффективности и качества услуг, но также ставит перед компаниями ряд вызовов.

Системы управления качеством традиционно фокусируются на поддержании стандартов и улучшении процессов внутри организаций. Однако с внедрением цифровых технологий, таких как искусственный интеллект, большие данные и облачные вычисления, появляется возможность значительно улучшить эти процессы. Например, анализ больших данных позволяет выявлять узкие места в производственной цепочке, а искусственный интеллект может автоматизировать рутинные задачи, освобождая сотрудников для более творческой работы. Однако интеграция систем управления качеством с цифровыми технологиями также сопряжена с рядом вызовов.

Во-первых, это требует значительных инвестиций в обновление инфраструктуры и обучение персонала. Не все организации готовы к таким изменениям, особенно если они имеют устоявшиеся процессы и системы, которые работают, хотя и не идеально. Кроме того, недостаток квалифицированных специалистов в области цифровых технологий может стать серьезным препятствием для успешной интеграции.

Во-вторых, существует риск потери контроля над качеством в процессе автоматизации. При внедрении новых технологий важно обеспечить, чтобы они не только улучшали производительность, но и поддерживали высокие стандарты качества. Это требует тщательной настройки алгоритмов и постоянного мониторинга их работы. Компании должны разработать стратегии для управления изменениями, чтобы гарантировать, что новые технологии действительно способствуют улучшению качества, а не наоборот.

Третьим вызовом является необходимость обеспечения безопасности данных. С увеличением объемов собираемой и обрабатываемой информации возрастает риск утечек и кибератак. Организации должны внедрять надежные системы защиты данных и следовать нормативным требованиям, чтобы минимизировать риски, связанные с утечкой конфиденциальной информации.

Несмотря на эти вызовы, возможности, которые открываются перед организациями в результате интеграции систем управления качеством с цифровыми технологиями, значительно превышают потенциальные риски. Например, использование аналитики в реальном времени позволяет компаниям быстро реагировать на изменения в потребительских предпочтениях и рыночной среде. Это дает возможность существенно повысить качество продукции и услуг.

Традиционная парадигма контроля качества была сосредоточена на выявлении уже существующих дефектов. Современные **инновации в СМК** смещают акцент на предотвращение проблем до их возникновения. Основные направления превентивного управления качеством:

1. Многофакторное моделирование производственных процессов — создание цифровых моделей, учитывающих десятки параметров и их взаимное влияние на качество конечного продукта.
2. Интеллектуальный анализ корреляций — выявление неочевидных связей между параметрами сырья, настройками оборудования и характеристиками продукции.
3. Автоматическая корректировка параметров — системы с обратной связью, способные в режиме реального времени адаптировать настройки под изменяющиеся условия.

4. Превентивное обслуживание оборудования — планирование ремонтов и замен на основе прогнозов, а не по календарному графику или после поломки.

5. Симуляция производственных сценариев — тестирование изменений в виртуальной среде перед внедрением в реальный процесс.

Фармацевтическая компания «Биотех» внедрила систему предиктивной аналитики качества в январе 2024 года. Алгоритм анализирует 47 параметров сырья и технологического процесса, прогнозируя потенциальные отклонения в качестве лекарственных препаратов. За полгода работы число забракованных партий снизилось на 41%, а затраты на входной контроль сократились на 1,7 млн рублей ежемесячно. Превентивный подход создает положительный экономический эффект по всей цепочке производства. При среднем сокращении дефектов на 30-40% предприятия ощущают каскадный эффект: уменьшаются расходы на переработку, снижаются складские запасы, сокращаются сроки поставки, растет удовлетворенность клиентов.

Цифровизация процессов контроля качества опирается на комплекс взаимосвязанных технологий. Каждая из них решает отдельную задачу, но максимальный эффект достигается при их интеграции в единую экосистему:

1. Промышленный интернет вещей — это сеть датчиков, непрерывно измеряющих сотни параметров оборудования и продукции. Современные датчики фиксируют отклонения с точностью до 0,001 мм, анализируют спектральный состав материалов, контролируют вибрацию, температуру, давление.

2. Компьютерное зрение и машинное обучение — алгоритмы, способные выявлять дефекты, недоступные человеческому глазу. Нейросети анализируют до 300 кадров в секунду, идентифицируя царапины, трещины и неровности поверхности размером менее 0,1 мм.

3. Цифровые двойники — это виртуальные копии продуктов и производственных линий. Они позволяют моделировать различные сценарии и оптимизировать параметры без риска для реального производства.

4. Блокчейн-технологии — неизменяемые реестры данных для документирования происхождения компонентов, результатов испытаний и сертификации. Особенно важны в отраслях с высокими требованиями к отслеживанию: авиастроении, фармацевтике, автомобилестроении.

Также примером успешной интеграции систем управления может послужить опыт такого предприятия как Металлургический комбинат «СеверСталь». В 2023 году комбинат перешел от бумажных журналов контроля качества к цифровой платформе. Нейросеть анализирует изображения, полученные с камер, выявляет и классифицирует дефекты рулонов, что позволяет экспертам оперативно принимать решения о соответствии продукции требованиям клиентов. Результаты: время обнаружения отклонений в характеристиках проката сократилось с 2 часов до 3 минут, количество брака уменьшилось на 32%, а производительность контролеров выросла на 41%.



*Рис. 1 Система автоматической аттестации металлопроката Sherlock*

В заключение, интеграция систем управления качеством с цифровыми технологиями представляет собой важный шаг для организаций, стремящихся к повышению своей конкурентоспособности в условиях быстро меняющегося рынка. Хотя вызовы на этом пути значительны, правильный подход к внедрению новых технологий может привести к значительным улучшениям в качестве продукции и услуг, а также к созданию более эффективных и устойчивых бизнес-процессов. Компании, которые смогут успешно справиться с этими вызовами, окажутся в выигрыше и смогут занять лидирующие позиции в своих отраслях.

#### **Список литературы.**

1. Северсталь. Цифровая система управления качеством [Электронный ресурс]. - URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:Северсталь\\_%28Цифровая\\_система\\_управления\\_качеством%29](https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:Северсталь_%28Цифровая_система_управления_качеством%29) (дата обращения: 15.03.2025).
2. Ввод цифровых технологий на «Биотех» – парадигма выпуском фармацевтической продукции [Электронный ресурс]. - URL: <https://ediweb.com/ru-ru/industries/biotech-and-pharma> (дата обращения: 15.03.2025).

## **ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ИНОСТРАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ**

ВАСИЛЬЕВА О.А., АЛЕКСАНДРОВ К.С.

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** На протяжении длительного времени Российская Федерация работала в области импортозамещения и технологического суверенитета. В данной статье рассматривается актуальная для современной ситуации тема - импортозамещение иностранного программного обеспечения (ПО). Сфера логистики также столкнулась с этой проблемой и необходимостью ее решения. В тексте приводятся основные понятия, примеры российского ПО и сравнительная таблица, которая отражает преимущества и недостатки различного программного обеспечения в сфере логистики.



*Ключевые слова: импортозамещение, программное обеспечение, логистика, транспортная логистика, современный бизнес, иностранное программное обеспечение, российское программное обеспечение.*

В связи с современной геополитической ситуацией и обострением санкций в сторону России в 20-е годы 21 века появилась необходимость замещения иностранного программного обеспечения на отечественные аналоги. Данная проблема затронула все сферы бизнеса и стимулировала развитие ПО для обеспечения полного функционала, который раньше был обеспечен иностранными программами. Далее в статье будет рассмотрена сфера логистики, которая также подверглась новым вызовам, и импортозамещение ПО в сфере транспортной логистики.

Логистика - наука, изучающая организацию и управление материальными потоками, а также связанными с ними информационными и финансовыми потоками в цепях поставок. Она охватывает практически все сферы жизни человека и общества. Логистика включает в себя различные типы: транспортная, производственная, складская, сбытовая, логистика снабжения, сервисная, зеленая, таможенная и информационная, которая охватывает все остальные. В данной статье будет более подробно рассмотрена сфера транспортной логистики и программное обеспечение в ней.

Транспортная логистика — это система, которая занимается организацией перевозок, то есть перемещением материальных объектов из одного места (пункта загрузки) в другое (пункт разгрузки) по наиболее эффективному маршруту. TMS (Transportation Management System) - программная платформа, которая предназначена для реализации задач транспортной логистики, оптимизации маршрутов и их управления. Данные системы охватывают доставку, отслеживают передвижение грузов, оптимизируют различные цепи поставок и задачи, включают документацию и управление транспортными ресурсами. TMS оптимизирует систему транспортной логистики, что помогает снизить издержки для всех участников процесса, предпринимателей, клиентов и работников.

Главная цель TMS систем - обеспечение эффективного и экономически выгодного управления операциями, связанными с транспортом, снижая расходы и увеличивая степень контроля.

Transportation Management System может включать в себя: формирование документов на грузы, отслеживание их движения, внедрение изменений в документы, мониторинг погрузочных работ, отправки, приема груза и другие функции.

В 2018 году мировой рынок систем управления перевозками достиг объема в 12 249,9 миллионов долларов США. Ожидается, что в период с 2020 по 2030 год этот рынок будет расти со среднегодовым темпом 14,3%. К 2030 году его объем, вероятно, составит 59 748,5 миллионов долларов США. Прогноз представлен на рисунке 1.

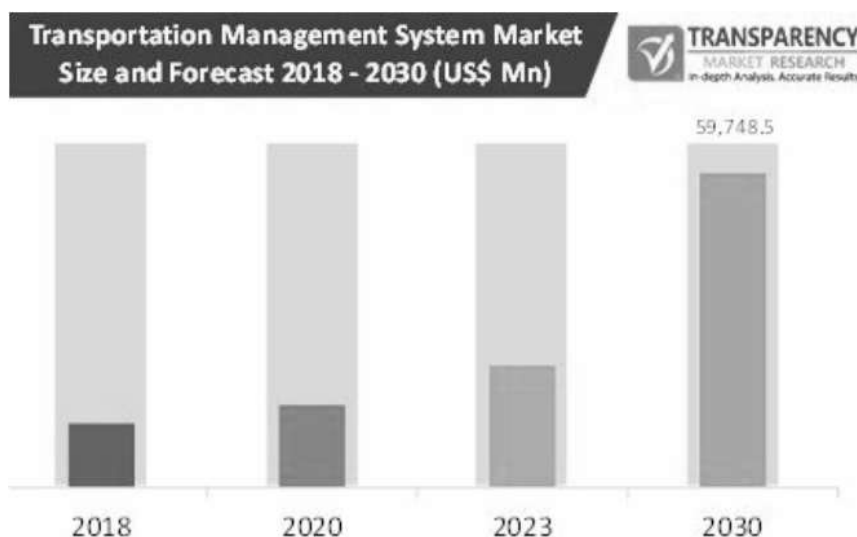


Рис. 1. Размер рынка TMS систем за 2018-2030 год[7]

Далее будет рассмотрено наиболее известное иностранное программное обеспечение для транспортной логистики:

SAP Logistics – комплексное решение от немецкого разработчика SAP SE, предназначенное для управления цепочками поставок, складом, транспортировкой и планированием. 3 марта 2022 года SAP объявил о прекращении продажи продукции в России.[1]

Wialon – популярная облачная платформа от корпорации Gurtam для спутникового мониторинга транспорта. С 9 марта 2022 года компания Gurtam приостановила продажи Wialon на территории Российской Федерации.[2]

Данные программные решения имели широкое распространение и стали привычными для многих компаний. Однако, в связи с ситуацией в настоящее время появилась необходимость их замены российскими аналогами, которые не имели достаточного функционала и распространенности на рынке.

Российское программное обеспечение, которое встало на замену иностранного:

«Маппа». Программный продукт представляет собой расширение к приложениям на платформе 1С. Решение ориентировано на клиентов, располагающих собственной службой доставки. «Маппа» формирует в интерактивном режиме маршрутные листы с помощью географических карт.[3]

«Мегалогист TMS». Программный продукт построен на базе платформы 1С. Система ориентирована на производственные предприятия, дистрибьюторов, 3PL-операторов, торговые сети и интернет-магазины. Позволяет автоматизировать процесс создания задач для доставки, учёт транспортных средств, водителей и курьеров.[4]

GTRoute. Система построена на платформе 1С. На ней работают алгоритмы автоматического построения маршрутов. Пользователь может обозначить на карте геозоны, за которыми закрепляются определенные адреса и автомобили.[5]

AXELOT TMS. Универсальная логистическая платформа, разработанная для комплексного управления и автоматизации цепочек поставок. В основном подходит крупным компаниям, которые ведут собственные логистические сети.[6]

Далее проведено сравнение программного обеспечения транспортной логистики, в которой рассмотрены основные плюсы и минусы российского и иностранного ПО.

Таблица 1

**Сравнение ПО для TMS систем**

Иностранное ПО		Российское ПО	
SAP Logistics		Маппа	
Плюсы: - надежность - масштабируемость - интеграция с ERP	Минусы: - высокая стоимость - сложность внедрения	Плюсы: - гибкость настройки - хорошая маршрутизация	Минусы: - требуется адаптация под крупные компании
		Мегалогист TMS	
		Плюсы: - автоматизация логистики - интеграция с 1С	Минусы: - ограниченные AI-возможности
Wialon		GTRoute	
Плюсы: - контроль транспорта в реальном времени - точное GPS-отслеживание	Минусы: - требует интеграции с другими системами для полной функциональности	Плюсы: - оптимизация маршрутов - анализ пробок - удобный интерфейс	Минусы: - ограниченный функционал для крупного бизнеса
		AXELOT TMS	
		Плюсы: - мощные аналитические инструменты - хорошая интеграция с WMS	Минусы: - высокая стоимость - требует детальной настройки

В итоге проведенного анализа можно сделать вывод, что уходом иностранных TMS-решений российские аналоги, такие как AXELOT TMS и Мегалогист TMS, способны заменить их за счет интеграции с локальными ERP и WMS-системами. Однако по точности GPS-отслеживания и AI-аналитике они пока уступают Wialon и SAP Logistics. В итоге, для крупных логистических компаний – AXELOT TMS, так как программа имеет широкие возможности аналитики, для среднего бизнеса – Мегалогист TMS из-за автоматизации логистики и интеграции с 1С, для оптимизации маршрутов и доставки – GTRoute из-за удобного интерфейса и анализа пробок.

**Список литературы**

1. SAP : сайт. – URL: <https://www.sap.com/central-asia-caucasus/products/scm/supply-chain-logistics.html> (дата обращения: 10.04.2025)
2. Wialon : сайт. – URL: <https://wialon.com/ru> (дата обращения: 10.04.2025)

3. Маппа : сайт. – URL: <https://mappa-logistics.ru/> (дата обращения: 12.04.2025)
4. Мегалогист TMS : сайт. – URL: <https://mega-logist.ru/> (дата обращения: 18.04.2025)
5. GTRoute : сайт. – URL: <https://gtroute.ru/> (дата обращения: 18.04.2025)
6. AXELOT : сайт. – URL: <https://www.axelot.ru/product/axelot-yms/> (дата обращения: 12.04.2025)
7. Transparency market research : сайт. – URL: <https://www.transparencymarketresearch.com/> (дата обращения: 21.04.2025)

## УВЕЛИЧЕНИЕ СПРОСА НА СКЛАДСКИЕ ПОМЕЩЕНИЯ В РОССИИ В 2024 ГОДУ: КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТОРЫ И ТРЕНДЫ

РАХМАТУЛЛИН Р.Б., ВЛАСЕНКО М.М

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет*

*«ЛЭТИ»*

**Аннотация.** В 2024 году рынок складской недвижимости России продолжил демонстрировать устойчивый рост, что связано с рядом экономических, логистических и потребительских факторов. В этой статье мы рассмотрим основные причины увеличения спроса на складские площади, региональные особенности и прогнозы на будущее.

*Ключевые слова:* логистика, материальный поток, управление запасами, транспортировка, складирование, цепочка поставок.

**Нынешняя ситуация на рынке складских помещений в России.** Рынок складской недвижимости в России продолжает демонстрировать стабильный рост. К концу 2024 года общий объем качественных складских площадей превысил 50 млн кв. м, что подтверждает динамичное развитие этого сегмента. При этом большая часть нового ввода приходится на регионы, что указывает на активизацию складской инфраструктуры вне крупных городов, таких как Москва и Санкт-Петербург. Это также может свидетельствовать о росте логистической активности в менее насыщенных районах страны.

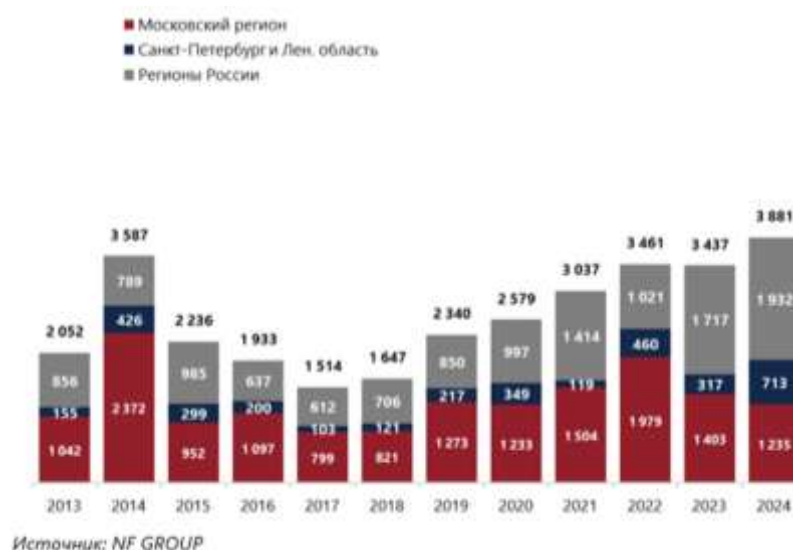


Рис. 1 Динамика объема ввода складских площадей в России, тыс. кв. м

Кроме того, на фоне высокой потребности в складских помещениях уровень вакантности остается крайне низким - менее 1% по всей стране. Это говорит о том, что

спрос на складские площади превышает предложение, что делает рынок привлекательным как для арендаторов, так и для инвесторов. В Москве, например, вакантность составляет менее 0,1%, что является рекордно низким показателем.

Также стоит отметить, что несмотря на замедление темпов роста, арендные ставки продолжают увеличиваться, особенно в Московском регионе. В частности, ставки на складские площади класса А достигли 11 000 руб./м²/год, а в ближайшее время ожидается дальнейший рост. Это подтверждает устойчивость рынка и высокий спрос на качественные складские помещения, что, в свою очередь, отражает стабильность и уверенность игроков на рынке складской недвижимости в России.



Рис. 2 Динамика ставок аренды и уровня вакансии

В первом полугодии 2024 года сектор e-commerce продолжал доминировать на рынке коммерческой недвижимости в регионах России, занимая 92% от общего объема сделок по аренде и покупке площадей. В результате активности представителей онлайн-торговли было заключено 1,3 млн м² сделок. По итогам 2024 года данный сегмент сохранит лидирующую позицию по объему заключенных сделок в регионах.

Доля других сегментов, таких как розничная торговля, транспорт и логистика, дистрибуция и производство, остается минимальной и не превышает 1-4% от общего числа сделок.

Это подтверждает продолжающийся тренд роста e-commerce в регионах России, который оказывает значительное влияние на рынок коммерческой недвижимости.

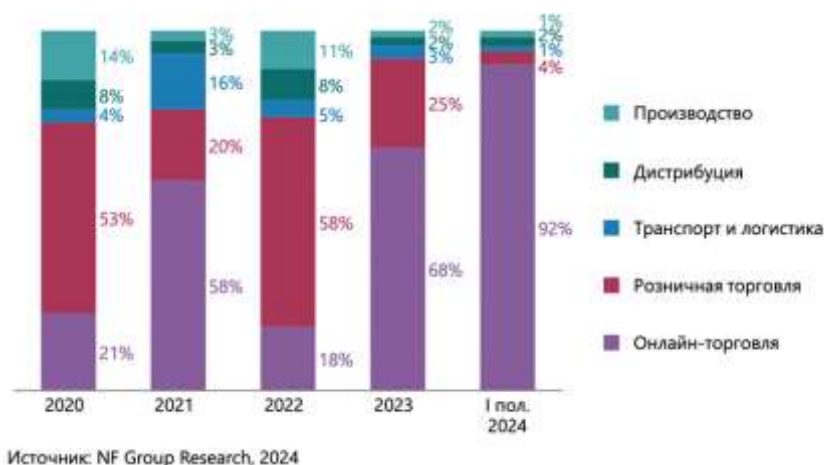
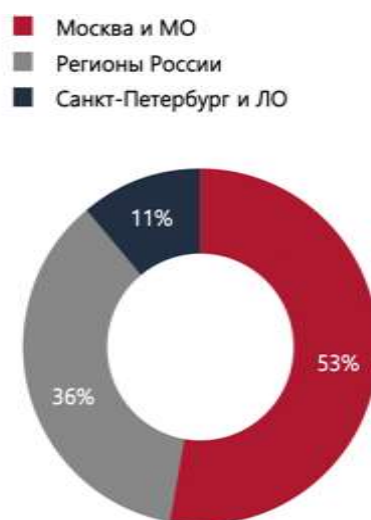


Рис. 3 Динамика распределения сделок по профилю арендаторов/покупателей в регионах России

**Региональные особенности.** Рынок складской недвижимости в регионах России в 2024 году демонстрирует значительный рост спроса, особенно в связи с развитием e-commerce и логистической инфраструктуры. Регионы занимают 36% от общего объема качественной складской недвижимости в стране (16,6 млн м²), при этом наблюдается дефицит свободных площадей и рост арендных ставок.



Источник: NF Group Research, 2024

Рис. 4 Распределение предложения качественной складской недвижимости России

В I полугодии 2024 года лидерами по вводу складской недвижимости стали Екатеринбург (115 тыс. м²), Ставропольский край (108 тыс. м²), Казань, Тамбов и Омск. Среди крупных проектов — распределительные центры Ozon и логопарк «Солнечный» в Омске.

45% новых объектов были построены по схеме build-to-suit, что отражает рост спроса на индивидуальные решения. Build-to-suit - это строительство склада под конкретного арендатора с учётом его требований (площадь, оборудование, планировка). Позволяет бизнесу получить идеально подходящий объект. Доля спекулятивных площадей снизилась

до 25%, из которых 86% были законтрактованы ещё до ввода, что указывает на дефицит качественных складов.

Крупнейшие региональные рынки - Екатеринбург, Новосибирск, Краснодар, Самара, Казань и Ростов-на-Дону, с вакантностью менее 1%. Арендные ставки на склады класса А в регионах составляют 9 100 руб./м<sup>2</sup>/год, в отдалённых — до 12 000 руб.

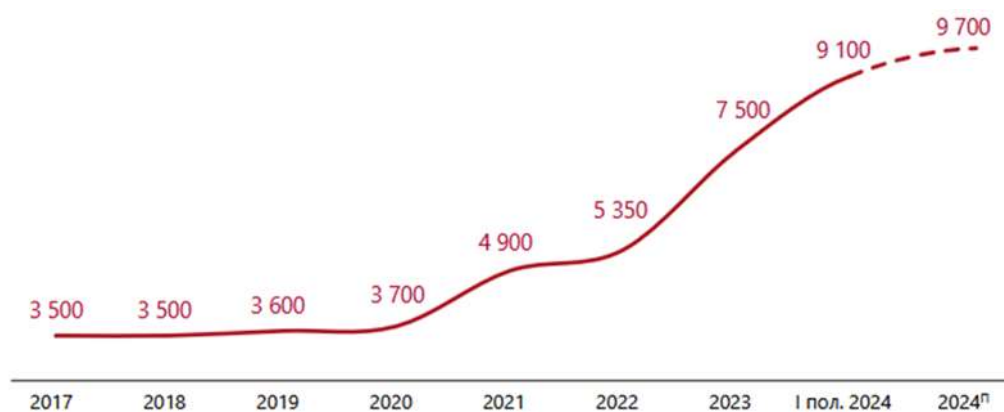
До конца 2024 года ожидается рост ставок до 12 000 руб./м<sup>2</sup>/год, ввод — до 2,4 млн м<sup>2</sup>, а объём сделок — до 3,5 млн м<sup>2</sup>. Основные драйверы — e-commerce и развитие логистики.

**Основные факторы, стимулирующие спрос в 2024 году.** E-commerce обеспечивает 63% спроса на складскую недвижимость. Маркетплейсы (Ozon, Wildberries) расширяют логистику, средняя площадь сделки - 52 тыс. м<sup>2</sup>. Рост МСП на маркетплейсах (оборот +20%, продавцы +28%) усиливает потребность в современных складах.

60% новых площадей введены в регионах - Казань, Новосибирск, Красноярск, Воронеж (1 млн м<sup>2</sup>). Смещение с Москвы и СПб связано с развитием логистических коридоров и ростом спроса в удалённых регионах.

Вакантность - менее 1% (в Москве - 0,1%). 69% сделок — формат build-to-suit, что указывает на нехватку готовых объектов и рост индивидуальных запросов (фулфилмент, холодильники и т.д.).

**Тренды и перспективы развития рынка складской недвижимости.** Рынок складской недвижимости в 2024 году сохраняет высокую динамику, определяемую экспансией e-commerce и дефицитом качественных площадей. В регионах доля онлайн-торговли в сделках достигла 92%, что стимулирует спрос на логистические объекты под конкретные задачи (build-to-suit), чья доля в новом строительстве выросла до 45%. Спекулятивное строительство сократилось до 25%, при этом 86% таких площадей арендуются ещё до завершения стройки. Средние арендные ставки на класс А выросли до 9 100 руб./м<sup>2</sup>/год, а в удалённых регионах (Хабаровск, Владивосток) — до 12 000 руб./м<sup>2</sup>/год. К концу года ожидается дальнейший рост ставок до 9 500–12 000 руб./м<sup>2</sup>/год.



Источник: NF Group Research, 2024

Рис. 5 Динамика средневзвешенной запрашиваемой ставки аренды в складских объектах класса А, руб./м<sup>2</sup>/год без НДС, ОРЕХ и коммунальных платежей

Цена продажи складов класса А увеличилась на 7%, достигнув 70–90 тыс. руб./м<sup>2</sup>. Операционные расходы варьируются от 1 200 до 2 000 руб./м<sup>2</sup>/год, что создаёт

дополнительную нагрузку на арендаторов. Прогнозируемый ввод 2,4 млн м<sup>2</sup> к концу 2024 года не компенсирует растущий спрос, а вакантность останется ниже 1%. Основные точки роста - Екатеринбург, Новосибирск, Краснодар, где сосредоточено 50% регионального предложения.

Перспективы связаны с развитием логистических коридоров, цифровизацией складов и переходом на «зелёные» стандарты. Однако ключевым вызовом останется дисбаланс между спросом и ограниченным предложением, что усилит конкуренцию за качественные объекты и подтолкнёт инвесторов к проектам в формате build-to-suit.

### **Список литературы**

1. NF Group. Складская недвижимость. Регионы России. I полугодие 2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://inlnk.ru/JjPmDr> (дата обращения: 07.05.2025).
2. Основные проблемы и перспективы развития транспортно-логистической инфраструктуры в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://logists.by/blog/osnovnye-problemy-i-perspektivy-razvitiya-transportno-logisticheskoy-infrastruktury-v-rossii?ysclid=m0utxqpzs4704192863> (дата обращения: 07.05.2025).

## **ПРОБЛЕМЫ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В СФЕРЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ГРИНЕВИЧ Е.Д., ОЛЬ Е.М.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»*

**Аннотация:** Актуальность данного исследования заключается в необходимости внесения изменений в действующее законодательство в связи с появлением новых технологий в области искусственного интеллекта. Однако технологии развиваются быстрее, чем создаются нормативные правовые акты. Поэтому в статье были рассмотрены актуальные проблемы правового регулирования в сфере применения искусственного интеллекта.

*Ключевые слова:* искусственный интеллект; нейросети; гражданин; стандарт; правовой статус.

В последнее время искусственный интеллект набирает обороты, и темпы его распространения стремительны. Внедрение передовых технологий не только помогло компаниям заработать и укрепить позиции на рынке, но и фактически поставила вопрос перед законодателем о разработке правовых норм, регламентирующих общественные отношения в сфере использования искусственного интеллекта.

Необходимость правового регулирования в сфере использования искусственного интеллекта связана со следующими основными направлениями, которые содержат пробелы в действующем законодательстве, в частности:

### **1. Ответственность за совершенное действие (бездействие).**

В последнее время остро стоит вопрос о том, как искусственный интеллект принимает решения, например, автомобиль с технологией искусственного интеллекта, позволяющая передвигаться на автотранспортном средстве без водителя может попасть в разные дорожно-транспортные условия. Как будет действовать искусственный интеллект если на дорогу выбежит человек? Автотранспортное средство должно свернуть в сторону, столкнуться с другим автомобилем, подвергнув тем самым пассажира и водителя соседней машины опасности, или наехать на пешехода, который нарушил правила дорожного



движения? И кто в такой ситуации будет нести ответственность: разработчики или владелец автомобиля?

При ошибке в программе могут привлечь разработчиков к административной ответственности по статье 14.4 КоАП РФ «Продажа товаров, выполнение работ либо оказание населению услуг ненадлежащего качества или с нарушением установленных законодательством Российской Федерации требований» [1]. Административную или уголовную, а также гражданско-правовую ответственность за причинение вреда жизни и здоровью человека будет нести владелец автомобиля с технологией искусственного интеллекта. В Российской Федерации уже имеется судебная практика по таким делам, в частности, в 2019 г. беспилотный автомобиль компании «Яндекс» попал в аварию, столкнувшись с другой машиной. Суд признал виновным водителя – испытателя, потому что в тот момент транспортом управляли вручную [2].

## 2. Авторское право.

Человек, использующий нейросети в своей работе, ставит под сомнение свое авторское право. С одной стороны, искусственный интеллект может навести на мысль, и гражданин будет дорабатывать его ответ и в этом случае человек может быть признан правообладателем результата, если есть доказательства его деятельности. Согласно п. 3. ст.1228 ГК РФ, исключительное право на результат интеллектуальной деятельности, созданный творческим трудом, первоначально возникает у его автора. При этом, согласно п. 1. ст. 1228 ГК РФ, автором результата интеллектуальной деятельности признается гражданин, творческим трудом которого создан такой результат [3]. С другой стороны, искусственный интеллект не является субъектом права. Следовательно, объект, который был создан исключительно с помощью нейросетей, не может обладать признаками результата интеллектуальной деятельности. Согласно ст. 136 Гражданского кодекса «плоды, продукция, доходы, полученные в результате использования вещи, независимо от того, кто использует такую вещь, принадлежат собственнику вещи, если иное не предусмотрено законом, иными правовыми актами, договором или не вытекает из существа отношений». Кто бы не использовал данную вещь, по закону она будет принадлежать ее собственнику [4]. Однако нужно понимать, что согласно п. 3. ст. 1227 ГК РФ к интеллектуальным правам не могут применяться положения о праве собственности и других вещных правах [3]. Так, в мае 2024 г. Арбитражный суд г. Москвы признал видеоролик с использованием генеративно-состязательных нейросетей объектом авторского права. Суд посчитал, что данная технология, известная как deep-fake, является вспомогательным инструментом обработки видеоматериалов [5].

## 3. Стандартизация искусственного интеллекта.

Необходимость стандартизации искусственного интеллекта заключается в том, что возникает потребность у общества обеспечивать качество продукции, товаров, работ и услуг, созданных на базе искусственного интеллекта. Установление обязательных требований в отношении объекта искусственного интеллекта позволит обеспечить повышение конкурентоспособности отечественных товаров, продукции, работ и услуг на рынке, в том числе и мировом.

23 декабря 2020 г. на пять лет в РФ были введены стандарты по разработке и внедрению искусственного интеллекта в различные области. Перспективная программа стандартизации по приоритетному направлению «Искусственный интеллект» включает в себя 217 стандартов, начиная от робототехники и заканчивая транспортными системами [6].

25 июля 2019 г. был основан Технический комитет по стандартизации ТК 164 «Искусственный интеллект». В него вошли более 75 организаций, таких как Минздрав России, Правительство г. Москвы, Минпромторг России, ПАО «Сбербанк», ОАО «РЖД», ФГАОУ ВО СПбГЭТУ «ЛЭТИ», ПАО «Газпром нефть» и др [7].

Данный комитет внес ГОСТ Р 71751-2024, который был утвержден и введен в действие Приказом Росстандарта от 28.10.2024 № 1547-ст. К примеру, согласно п. 3.2.4. ГОСТ Р 71751-2024 интеллектуальная транспортная система (ИТС) определяют и классифицируют препятствия на дорогах с помощью видеокамеры и искусственного интеллекта. В случае обнаружения преграды оператора оповещают об этом. Система может объехать препятствие или затормозить перед ним [8].

Также ТК по стандартизации 164 «Искусственный интеллект» ввел «ПНСТ 968-2024. Предварительный национальный стандарт Российской Федерации. Алгоритмы искусственного интеллекта, используемые в управлении движением строительно-дорожной техники. Общие положения (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 28.10.2024 № 78-пнст)» [9], в котором закреплены требования к строительно-дорожной технике, управляющейся удаленно. Машины должны безошибочно воспринимать ситуации, которые могут произойти во время строительства на дорожном участке. Отметим, что система имеет высокие требования к безопасности.

Согласно ст. 2 Федерального закона от 31.07.2020 № 258-ФЗ «Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций в Российской Федерации» [10] под экспериментальным правовым режимом в сфере цифровых инноваций понимают «применение в отношении участников экспериментального правового режима в течение определенного периода времени специального регулирования по направлениям разработки, апробации и внедрения цифровых инноваций», предусмотренным частью 2 статьи 1 Федерального закона от 31.07.2020 № 258-ФЗ.

Кроме того, под цифровыми инновациями закон понимает «новые или существенно улучшенные продукт (товар, работа, услуга, охраняемый результат интеллектуальной деятельности) или процесс, новые метод продаж или организационный метод в деловой практике, организации рабочих мест или во внешних связях, введенные в употребление, созданные или используемые по направлениям, предусмотренным частью 2 статьи 1 Федерального закона от 31.07.2020 № 258-ФЗ, с применением технологий, перечень которых утверждается Правительством Российской Федерации, а по направлению, предусмотренному пунктом 4 части 2 статьи 1 Федерального закона от 31.07.2020 № 258-ФЗ Центральным банком Российской Федерации [10].

Таким образом, законодатель вводит важную терминологию и определяет механизм правового регулирования в сфере цифровых инноваций, которые могут касаться различных сфер деятельности человека.

Следует отметить, что еще в 2019 году в Указе Президента РФ от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» была утверждена Национальная Стратегия развития искусственного интеллекта в России, в которой было закреплено понятие искусственного интеллекта, а также необходимость проведения исследований в области AI (artificial intelligence), повышения доступности информации и вычислительных процессов, повышения качества подготовки специалистов в данной сфере [11].

#### 4. Правовой статус искусственного интеллекта.

В соответствии со статьей 1 Федерального закона от 24.04.2020 № 123-ФЗ с 1 июля 2020 года обеспечивается «проведение в субъекте Российской Федерации - городе федерального значения Москве эксперимента по установлению специального регулирования в целях создания необходимых условий для разработки и внедрения технологий искусственного интеллекта в субъекте Российской Федерации - городе федерального значения Москве, а также последующего возможного использования результатов применения искусственного интеллекта» [12].

Статья 2 указанного закона под искусственным интеллектом понимают «комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека. Комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру (в том числе информационные системы, информационно-телекоммуникационные сети, иные технические средства обработки информации), программное обеспечение (в том числе, в котором используются методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений» [12].

Однако в мире есть разные взгляды на правовое положение нейросетей. К примеру, в Саудовской Аравии правовой статус физического лица есть у человекоподобного робота Софии. Тем не менее возникают сомнения в уравнивании правового статуса человека и искусственного интеллекта.

Во второй главе Конституции РФ закреплено, что человек обладает правами на жизнь, на свободу и личную неприкосновенность, все равны перед законом и судом [13]. Таким образом, объект – искусственный интеллект не может быть наделен аналогичными правами и обязанностями, что и физические лица.

Таким образом, проблемы правового регулирования использования искусственного интеллекта в Российской Федерации связаны с отсутствием правовых норм и необходимостью выработки в юридической науке и в законодательстве правового режима тех объектов, которые обладают искусственным интеллектом.

### Список литературы

1. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ (ред. от 03.02.2025) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2025) // Собрание законодательства РФ, 07.01.2002, № 1 (ч. 1), ст. 1. (дата обращения: 01.03.2025).
2. Беспилотник «Яндекса» попал в ДТП по вине своего водителя [Электронный ресурс] - URL: [https://safe.cnews.ru/news/top/2019-11-12\\_bespilotnik\\_yandeksa\\_popal](https://safe.cnews.ru/news/top/2019-11-12_bespilotnik_yandeksa_popal) (дата обращения: 20.02.2025).
3. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть четвертая) от 18.12.2006 № 230-ФЗ (ред. от 22.07.2024) // Собрание законодательства РФ, 25.12.2006, № 52 (1 ч.), ст. 5496. (дата обращения: 20.02.2025)
4. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30.11.1994 № 51-ФЗ (ред. от 08.08.2024) // Собрание законодательства РФ, 05.12.1994, № 32, ст. 3301. (дата обращения: 23.02.2025).
5. Арбитражный суд Москвы признал, что дипфейк может быть объектом авторского права [Электронный ресурс] - URL: <https://national-expertise.ru/blog/arbitrazhnyj-sud-moskvy-prizna-chto-dipfejk-mozhet-byt-obektom-avtorskogo-prava/?ysclid=m8yqnaacka793518505> (дата обращения: 20.02.2025).
6. В России появятся стандарты в области искусственного интеллекта [Электронный ресурс] - URL: [https://www.economy.gov.ru/material/news/v\\_rossii\\_poyavyatsya\\_standarty\\_v\\_oblasti\\_iskusstvennogo\\_intellekta.html?ysclid=m8yqq446ax195133843](https://www.economy.gov.ru/material/news/v_rossii_poyavyatsya_standarty_v_oblasti_iskusstvennogo_intellekta.html?ysclid=m8yqq446ax195133843) (дата обращения: 26.02.2025).
7. Технический комитет по стандартизации ТК164 «Искусственный интеллект» [Электронный ресурс] - URL: <https://law.tks.ru/document/702234?ysclid=m9os9vgly9926072954> (дата обращения: 20.02.2024).
8. ГОСТ Р 71751-2024. Национальный стандарт Российской Федерации. Технологии искусственного интеллекта в строительной-дорожной технике. Варианты использования (утв. и введен в действие Приказом

Росстандарта от 28.10.2024 №1547-ст). М.: ФГБУ «Институт стандартизации», 2024 (дата обращения: 23.02.2025)

9. ПНСТ 968-2024. Предварительный национальный стандарт Российской Федерации. Алгоритмы искусственного интеллекта, используемые в управлении движением строительно-дорожной техники. Общие положения (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 28.10.2024 № 78-пнст) М.: ФГБУ «Институт стандартизации», 2024 (дата обращения: 23.02.2025).

10. Федеральный закон «Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций в Российской Федерации» от 31.07.2020 № 258-ФЗ (с изм. и доп. в ред. от 05.01.2025) // Официальный интернет-портал правовой информации (дата обращения: 23.02.2025).

11. Указ Президента Российской Федерации "О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации" от 10.10.2019 № 490 (с изм. и допол. в ред. от 15.02.2024.) // Официальный интернет-портал правовой информации (дата обращения: 25.02.2025).

12. Федеральный закон «О проведении эксперимента по установлению специального регулирования в целях создания необходимых условий для разработки и внедрения технологий искусственного интеллекта в субъекте Российской Федерации - городе федерального значения Москве и внесении изменений в статьи 6 и 10 Федерального закона «О персональных данных» от 24.04.2020 № 123-ФЗ» // Официальный интернет-портал правовой информации (дата обращения: 23.02.2025).

13. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020) // Официальный текст Конституции РФ с внесенными поправками от 14.03.2020 опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru>, 04.07.2020.

## УПРАВЛЕНИЕ ДЕБИТОРСКОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТЬЮ КОММЕРЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ЗВОНЦОВ А.В., ФОМИНА И.Г

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет*

*«ЛЭТИ»*

**Аннотация.** В период нестабильной экономической ситуации, сопровождающейся снижением притока денежных средств в организацию и, как следствие, повышением риска потери ею ликвидности, особая роль в управлении финансами организации отводится формированию эффективной политики в области управления дебиторской задолженностью. Создание эффективной системы управления дебиторской задолженностью позволяет организации не допускать снижения оборачиваемости активов и избегать необоснованного привлечения заемных средств. Вместе с тем эффективность применения отдельных методов управления дебиторской задолженностью во многом определяется ее составом, структурой, финансовым состоянием дебитора, а также сроком просрочки платежей. Поэтому финансовому менеджеру необходимо определить оптимальное сочетание используемых методов, позволяющих добиться максимальной эффективности в управлении дебиторской задолженностью.

*Ключевые слова:* дебиторская задолженность; управление финансами организации, финансовая политика, финансы организации.

В современной научной экономической литературе понятие дебиторской задолженности наиболее часто определяется как совокупная величина долгов, причитающихся организации от ее контрагентов (юридических или физических лиц), возникающих в ходе осуществления ими хозяйственного взаимодействия.

Как правило, дебиторская задолженность возникает при осуществлении организацией операций, связанных с движением ее товарно-материальных ценностей, финансовых средств или принятием на себя определенных обязательств перед контрагентами.

В составе дебиторской задолженности выделяют задолженность покупателей и заказчиков, задолженность учредителей по взносам в уставный капитал, векселя к получению, задолженность дочерних и зависимых обществ, выданные организацией авансы (например, в счет будущих поставок продукции или оказания услуг) и иные виды.

Дебиторская задолженность относится к ненормируемой части оборотных средств организации, оказывая существенное влияние на основополагающие финансовые показатели, характеризующие ее деятельность, в том числе, во много определяя длительность финансового цикла.

Существенный и необоснованный рост дебиторской задолженности организации способен привести к частичному омертвлению ее оборотного капитала, и как следствие к возникновению положительной величины текущих финансовых потребностей, что, в свою очередь, негативным образом сказывается на платежеспособности и финансовой устойчивости организации.

В этой связи многие компании стараются разработать и внедрить эффективные механизмы управления имеющейся дебиторской задолженностью.

С нашей точки зрения, механизм управления дебиторской задолженностью организации должен включать следующие составляющие компоненты:

1. Формирование в организации системы периодического мониторинга, направленного на оценку существующей у нее дебиторской задолженности. По итогам проведения данного мониторинга совокупную величину дебиторской задолженности целесообразно ранжировать на четыре категории.

К первой категории следует отнести дебиторскую задолженность, основания возникновения которой не вызывают никаких сомнений (присутствуют все подтверждающие первичные документы) и срок погашения которой еще не наступил. В отношении данной категории задолженности применение дополнительных управленческих воздействий не требуется.

Во вторую категорию целесообразно включение дебиторской задолженности, основания возникновения которой могут вызывать сомнения (подтверждающие первичные документы представлены не в полном объеме). Первоначально для данной категории задолженности необходимо проведение сверки взаимных обязательств с контрагентами. По результатам сверки и уточнения величины дебиторской задолженности она может быть распределена по оставшимся категориям.

В третью категорию целесообразно выделить «безнадежную» дебиторскую задолженность, т.е. задолженность, просрочка погашения которой составляет три года (срок исковой давности) и более и по которой имеются все подтверждающие ее возникновение первичные документы.

Данная дебиторская задолженность согласно подлежит списанию на основании результатов проведенной инвентаризации, письменного обоснования невозможности истребования и издания приказа руководителя по организации (с отнесением либо на счет средств резервов по сомнительным долгам, либо на финансовые результаты в случае, если в предшествующем периоде суммы по этой задолженности не резервировались). Необходимо подчеркнуть, что наличие признаков неплатежеспособности у должника не является основанием для признания имеющейся у него задолженности перед организацией в качестве безнадежной и ее последующего списания.

К четвертой категории относится дебиторская задолженность, основания возникновения которой не вызывают никаких сомнений (присутствуют все подтверждающие первичные документы) и срок погашения которой наступил.

В отношении данной категории задолженности финансовому менеджеру и необходимо концентрировать усилия по проведению процедур реструктуризации и истребования.

2. Вторым компонентом механизма управления дебиторской задолженностью организации является формирование комплекса мероприятий по реструктуризации и истребованию просроченной дебиторской задолженности.

Современное российское законодательство предоставляет коммерческим организациям возможность использования широкого спектра способов по реструктуризации и истребованию просроченной дебиторской задолженности. Их число можно отнести:

1. *Проведение претензионной работы*, предполагающее инициацию переговоров организации с должником в целях сверки величины имеющейся дебиторской задолженности и выбора способа ее погашения.

2. *Предоставление рассрочки по погашению имеющейся задолженности*. Данный способ целесообразно применять в ситуациях, когда у должника отсутствует единовременная возможность погашения имеющейся задолженности, но его финансовое положение позволяет погасить данные обязательства полностью, осуществляя выплаты частями. В этом случае стороны подписывают соглашение о рассрочке долга, в котором определяют условия и периодичность погашения обязательств.

3. *Новация обязательств*. Применение данного способа предполагает прекращение первоначальных обязательств должника перед организацией на основании заключенного сторонами соглашения о замене первоначального обязательства другим обязательством (например, договором займа).

4. *Предоставление отступного*. Использование способа предполагает заключение сторонами соглашения, в соответствии с которым обязательства должника по уплате имеющейся задолженности перед кредитором погашаются за счет передаваемому имуществу должника, рыночная стоимость которого сопоставима с величиной погашаемой дебиторской задолженности.

5. *Перевод долга на иное лицо*. Согласно ст. 391 Гражданского кодекса Российской Федерации [1, с. 127] перевод долга с должника на другое лицо может быть осуществлен по заключенному соглашению между первоначальным должником и новым должником. При этом необходимо учитывать, что перевод должником своего долга на другое лицо допускается только лишь с согласия кредитора, в ином случае является ничтожным. Перевод долга считается состоявшимся в момент получения кредитором уведомления о переводе долга.

6. *Уступка права требования*. Уступка права требования осуществляется на основании заключения договора цессии. При этом уступающий требование кредитор именуется цедентом, а приобретающее задолженность лицо - цессионарием. Для приобретаемой цессионарием дебиторской задолженности должны выполняться следующие условия:

- наличие документов, подтверждающих существование приобретаемой дебиторской задолженности;
- переход к цессионарию финансовых рисков, связанных с приобретаемым долгом (изменения цены, неплатежеспособности должника, ликвидности и иных);
- способность приобретаемой задолженности приносить цессионарию экономические выгоды в будущем.

Отечественным законодательством установлено, что для уступки права требования кредитору не требуется получение предварительного согласия должника, за исключением случаев, когда уступка требования осуществляется по обязательствам, в которых личность кредитора имеет существенное для должника значение.

7. *Взыскание задолженности через суд.* Использование данного способа предполагает подготовку и подачу организацией в арбитражный суд иска к должнику об истребовании дебиторской задолженности. Следует отметить, что до подачи соответствующего иска в арбитражный суд организации необходимо провести претензионную работу, проведя сверку взаимных расчетов с должником и предложив погасить ему имеющуюся задолженность во внесудебном порядке.

8. *Инициирование процесса несостоятельности (банкротства) должника.* Данный способ целесообразно использовать в ситуациях, когда иные мероприятия по реструктуризации и истребованию дебиторской задолженности не дают положительных результатов. В этом случае погашение задолженности будет осуществляться за счет вырученных средств от продажи имущества должника, осуществляемого арбитражным управляющим.

Следует отметить, что в первую очередь руководству компании следует использовать те способы управления дебиторской задолженностью, которые не подразумевают инициации арбитражного процесса. И только в случае, если внесудебные процедуры не дают положительных результатов, руководству компании следует обратиться в арбитражный суд с заявлением об истребовании имеющейся дебиторской задолженности, а впоследствии (при соблюдении законодательно установленных ограничений) и о банкротстве организации-должника.

### Список литературы

1. Гражданский кодекс Российской Федерации. Части 1-4. Текст с изменениями и дополнениями на 4 октября 2020 г. - М.: Изд-во Эксмо-Пресс, 2020.- 640 с.

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ: РОЛЬ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ЗАПАСАМИ И МЕРЧЕНДАЙЗИНГЕ

Крячко К.В.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»*

**Аннотация.** В статье исследуется использование компьютерного зрения в розничной торговле для автоматизации управления запасами и оптимизации маркетинга. Описаны основные характеристики технологии, практические преимущества и современные тенденции. Подчеркнуто, что CV необходимо для повышения эффективности и конкурентоспособности розничной торговли.

**Ключевые слова:** *Компьютерное зрение (CV), ритейл, управление запасами, мерчендайзинг, автоматизация, анализ поведения, оптимизация выкладки, искусственный интеллект, видеоаналитика, прогнозирование спроса, эффективность, снижение потерь, клиентский опыт.*

Компьютерное зрение (CV) — это область искусственного интеллекта (AI), которая обучает компьютеры «видеть» и интерпретировать окружающий мир, анализируя изображения и видео. В ритейле CV применяется для:

- Определение продукции и объектов на товарных полках,
- Контроля наполненности и соответствия выкладки планограммам,
- Мониторинга переукладывания товаров и анализа покупательского поведения.

По оценкам Statista, мировой рынок компьютерного зрения в 2025 году достигнет \$29,88 млрд, демонстрируя ежегодный рост (CAGR) свыше 7%. [1]

Традиционное управление запасами требует значительных трудозатрат и несет высокий риск ошибок и человеческого фактора. CV позволяет автоматизировать ключевые этапы:

Камеры с AI непрерывно занимаются мониторингом ассортимента, контролируя количество, расположение и принадлежность.

Системы в режиме реального времени выявляют отклонения: пустые или переполненные полки, и автоматически направляют уведомления сотрудникам для оперативного реагирования.

Системы ведут непрерывный анализ данных о продажах и особенностях поведения покупателей. Таким образом компьютерное зрение позволяет повысить точность прогнозирования спроса покупателей и оптимизировать состав заказа продукции. Так CV позволяет снизить издержки на хранение и потери от out-of-stock ситуаций. [3]

Интеграция с ERP-системами позволяет автоматизировать процесс планирования и заказа поставки на основе анализа данных с полок, что минимизирует количество ручного труда. [2]

Исследования показывают, что 64% розничных компаний планируют внедрить решения по управлению запасами в ближайшие годы для ускорения инвентаризации, повышения точности учета и снижения затрат на рабочую силу. [2]

Компьютерное зрение способствует и развитию мерчендайзинга:

- Системы CV позволяют выявить скрытые закономерности покупательского поведения: фиксируют траектории движения, время у полок и взаимодействие с товарами, эти данные помогают выявлять популярные и неликвидные позиции и оптимизировать выкладку для увеличения продаж, [5]
- Подробный анализ покупательского поведения определяет степень эффективности зон и полок магазина, что позволяет оптимизировать пространство и принимать эффективные решения о размещении продукции,
- Компьютерное зрение позволяет анализировать не только товары и покупателей, но и контролировать ценники. Система выявляет отклонения цены и отправляет уведомления при выявлении несоответствия,
- Благодаря постоянному наблюдению и точному анализу система с AI предлагает персональные рекомендации по мерчендайзингу и ценообразованию для каждого магазина, что способствует росту продаж и лояльности. [4]

Практическое внедрение КЗ в ритейле приводит к ощутимым результатам:

- Автоматический мониторинг полок позволяет снизить потери в выручке от out-of-stock на 2–8% за счет своевременного пополнения ассортимента. [3]
- Оптимизация процессов хранения запасов и избавление от излишек снижает издержки на 10–30%. [2]
- Эффективность работы персонала повышается, за счет автоматизации рутинных задач. Это позволяет уменьшить время работы на механический труд увеличить количество времени для работы с клиентом.



- Наличие необходимых товаров и привлекательная выкладка увеличивают удовлетворенность покупателей и средний чек.
- Компании, использующие CV, отмечают рост продаж на 5–10%. [4]

Тренды и перспективы рынка компьютерного зрения:

- Совершенствование алгоритмов машинного обучения повышает точность анализа и прогнозирования,
- Развитие комплексных предложений CV, которые легко интегрируются с ERP, WMS и кассовыми системами, формируя единую цифровую ритейла,
- Повышение персонализации систем CV под задачи и специфику работы каждого ритейла, что обеспечивает максимальную отдачу от инвестиций.

В заключение, компьютерное зрение становится неотъемлемой частью современной розничной торговли, оптимизируя процессы управления запасами и торговли. Внедрение решений CV позволяет розничным продавцам повышать эффективность, снижать затраты, улучшать обслуживание и укреплять свои позиции на рынке. В условиях растущей конкуренции инвестиции в эти технологии являются ключом к устойчивому росту и повышению конкурентоспособности ритейла.

### Список литературы

1. Statista – Нью-Йорк [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.statista.com/outlook/tmo/artificial-intelligence/computer-vision/worldwide> (дата обращения: 26.04.2025).
2. Matellio Inc. Computer Vision in Inventory Management: Benefits, Usecases, Future [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.matellio.com/blog/computer-vision-inventory-management/> (дата обращения: 26.04.2025).
3. ImageVision. Computer Vision for Retail Shelf Monitoring: Optimizing On-Shelf Availability : [Электронный ресурс]. - URL: <https://imagevision.ai/blog/computer-vision-for-retail-shelf-monitoring-optimizing-on-shelf-availability/> (дата обращения: 26.04.2025).
4. Lumenalta. 9 Use Cases of Computer Vision in Retail : [Электронный ресурс]. - URL: <https://lumenalta.com/insights/9-use-cases-of-computer-vision-in-retail> (дата обращения: 26.04.2025).
5. CMSWire. How Computer Vision in Retail Is Shaping the Future of In-Store Customer Engagement [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.cmswire.com/customer-experience/how-computer-vision-in-retail-is-shaping-the-future-of-in-store-customer-engagement/> (дата обращения: 26.04.2025).

## ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ESG-ФАКТОРОВ В СОВРЕМЕННОЙ ЛОГИСТИКЕ

ЛУСКАРЕВ Н.Д.

*СПБГЭТУ «ЛЭТИ» им. В.И Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** В статье раскрыта тема факторов актуальности для логистических и транснациональных компаний внедрения ESG- принципов в политику управления логистическими цепочками и их формирования. Отдельным аспектом данного вопроса является актуальность различных методов и способов стимулирования компаний к проведению зелёной политики.

*Ключевые слова:* ESG, зелёная логистика, современная логистика.

В современном мире, в результате глобализации мировая общественность всё больше сталкивается с проблемами международного характера. Яркими примерами являются: пандемия коронавирусной инфекции, глобальные изменения климата, финансовые кризисы и т.д. В то же время укрепляется тенденция на расширение международной торговли в

разных отраслях экономики, происходит глобализация рынка. Данные решения помогают промышленным и торговым компаниям в разных странах как оптимизировать затраты, так и расширить производство, и, как следствие, способствуют развитию транснациональных корпораций и логистических цепочек поставок.

Транспорт, являющийся основой логистики, ответственен за значительную долю глобальных выбросов парниковых газов, составляя около 24% от общего объема [1]. Кроме того, логистические операции способствуют загрязнению воздуха и воды, шумовому загрязнению и потреблению природных ресурсов, оказывая негативное воздействие на экосистемы. Такие изменения влекут за собой увеличение доли влияния международных компаний на глобальную экологическую и социальную обстановку.

Важным аспектом в данном вопросе является поиск и разработка стимулов для внедрения ESG (экологических, социальных, управленческих) принципов развития логистических процессов корпорациями как возможного решения проблемы. Тренд на «Зелёную логистику» поддерживается государством и мировым сообществом при помощи нормативно-правовых актов: конвенция MARPOL 73/78 (международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов), Федеральный закон "Об охране окружающей среды" (№ 7-ФЗ от 10.01.2002), Федеральный закон "Об отходах производства и потребления" (№ 89-ФЗ от 24.06.1998), нацпроект «Безопасные и качественные дороги» и т.д. Большинство этих мер вступили в силу в более двадцати лет назад. Со временем стало понятно, что государственных инициатив может быть недостаточно, важна заинтересованность логистических компаний.

Ярким примером успешной интеграции ESG-принципов в логистическую деятельность является компания Maersk, один из крупнейших мировых морских перевозчиков. Maersk инвестирует в разработку и внедрение энергоэффективных технологий, строительство судов, работающих на альтернативных видах топлива (например, метаноле), а также в цифровизацию процессов для оптимизации цепочек поставок. Компания Unilever занимается оптимизацией цепочек поставок для сокращения транспортных расходов и выбросов, использует более экологичные виды транспорта, такие как железнодорожный и морской. IKEA внедрила плоскую упаковку, электромобили для доставки. ESG-управление не гарантирует компаниям быстрый рост прибыли, но может стать одним из факторов устойчивого развития [2,3] (табл. 1).

Таблица 1

**Показатели динамики прибыли компаний**

Компания	Период	Средний рост прибыли, %
<b>Maersk</b>	2015 - настоящее время	74,02
<b>Unilever</b>	2012 - настоящее время	8,38
<b>IKEA</b>	с 1950-х- настоящее время	н/д

Внедрение ESG-принципов в логистике — это не просто дань моде, а стратегическая необходимость для компаний, стремящихся к долгосрочному успеху в условиях глобализации. Сочетание законодательного регулирования, финансовых стимулов и рыночных механизмов способствует формированию устойчивой и ответственной логистической отрасли, которая служит интересам как бизнеса, так и общества в целом. Дальнейшие исследования и сбор данных позволят более точно оценить финансовую

эффективность ESG-инициатив и разработать более эффективные механизмы их внедрения.

### Список литературы

1. Международное энергетическое агентство (IEA) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iea.org/> (дата обращения: 01.05.2025).
2. История доходов Maersk с 2011 по 2024 год [Электронный ресурс]. URL: <https://companiesmarketcap.com/eur/maersk/earnings/> (дата обращения: 01.05.2025).
3. Unilever [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Unilever> (дата обращения: 01.05.2025).

## ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОГНОЗНОГО БЮДЖЕТА

Н.А.МАСЛОВА

ООО «АйТи.Ленд-Софт»

**Аннотация.** Автоматизация проектного управления. Отличие бюджетного планирования от прогнозирования. Последовательность формирования бюджета портфеля проектов. Использование значений показателей проектов для формирования негативного и позитивного сценариев исполнения бюджета портфеля. Методика формирования прогнозного бюджета портфеля проектов. Примеры инструментов для обеспечения финансовой реализуемости проектов.

*Ключевые слова:* проектное управление, прогнозный бюджет, бюджет денежных средств

Управление проектами – одна из наиболее эффективных управленческих технологий. Применение процессов, инструментов и методов управления проектами позволяет организации достигать поставленных целей в условиях ограниченности ресурсов, в рамках выделенного бюджета и в предельно сжатые сроки. Больше всего проектный подход к управлению деятельностью распространен в таких направлениях как научно-исследовательские и проектные институты (НИПИ), конструкторские бюро, девелопмент, машиностроение, информационные технологии (ИТ) и т.д.

Значение управления проектами в организации заключается в следующем:

Достижение стратегических целей. Управление проектами позволяет получить набор проектов по достижению стратегических целей и обеспечивает выделение ресурсов только на те проекты, которые продвигают компанию к ним. Оптимизация ресурсов. Управление проектами включает детальное планирование ресурсов, их распределение и мониторинг для обеспечения оптимального использования. Это помогает свести к минимуму отходы, снизить затраты и максимизировать эффективность. Управление рисками. Каждый проект сталкивается с неопределённостями и рисками, которые могут повлиять на его успех. Управление проектами включает выявление потенциальных рисков, оценку их вероятности и воздействия и разработку стратегий по их снижению. Повышение качества. Управление проектами включает процессы планирования, обеспечения и контроля качества, обеспечивающие высокое качество результатов, соответствие стандартам и удовлетворение требований заказчика. Больше внимания стратегическим задачам. Управление проектами

предполагает, что значительная часть рутинных задач автоматизирована, а процессы стандартизированы. То есть, как сотрудники, так и руководители могут уделять больше времени развитию и решению стратегических задач. Рост привлекательности компании для партнёров и клиентов. Обычно люди хотят работать с теми, кто стабилен, эффективен и предсказуем. Компании, в которых внедрено управление проектами, всегда будут выгодно выделяться на фоне конкурентов и чаще привлекать контрагентов с такими же ценностями. Облегчение масштабирования. Компании, с самого начала деятельности работающие по принципам управления проектами, быстрее и эффективнее масштабируются. Ведь руководство уже знает о лучших практиках, которые помогают достичь результатов. [1,2,3,4]

В проектно-ориентированных организациях обычно параллельно реализуется сразу несколько проектов. Эти проекты могут быть как связаны между собой, так и пересекаться по ресурсам: трудовым, материальным, финансовым. И для исключения ресурсных конфликтов проекты объединяются в портфели и управляются как группа. А в случае появления нового проекта для принятия решения об его инициации важную роль играет не только его ожидаемая рентабельность, но и то, как этот проект встроится в портфель уже выполняющихся проектов. Не повлияет ли инициация нового проекта на сроки исполнения остальных проектов, достаточно ли будет имеющихся ресурсов для выполнения всего портфеля?

Для того, чтобы руководитель портфеля мог оперативно получить ответы на эти вопросы, данные по портфелю проектов должны быть внесены в единую информационную систему управления проектами. Использование цифровых технологий проектного бюджетирования позволяет держать под контролем финансовые потоки, оптимизировать платёжный календарь, прогнозировать и предотвращать кассовые разрывы по всему портфелю проектов и по организации в целом.

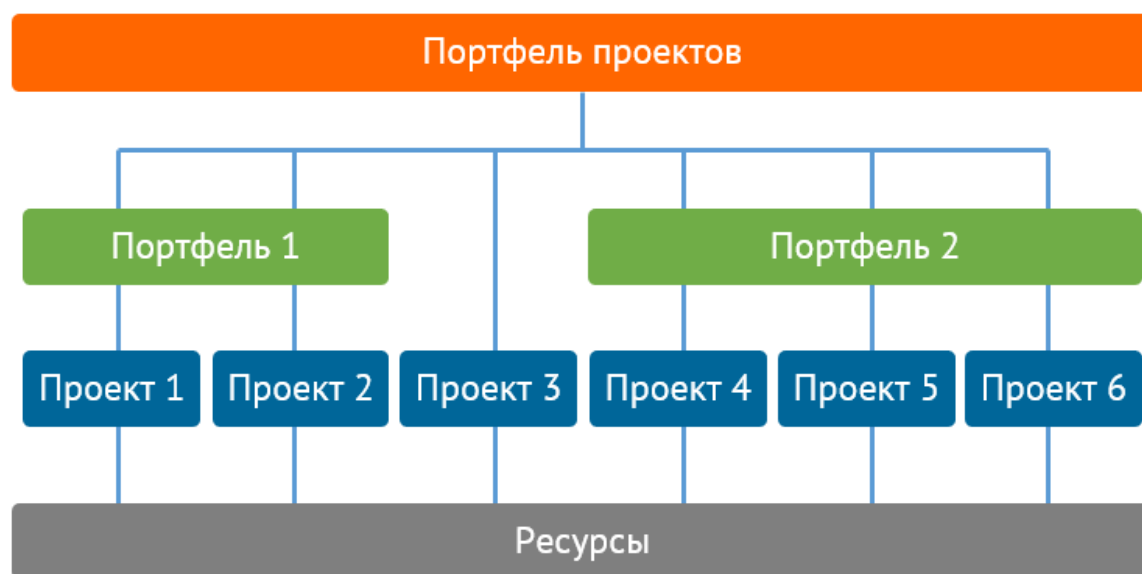
Важно сделать разделение, чем отличается бюджетное планирование от бюджетного прогнозирования:

- *Бюджетное планирование* – имеет небольшой горизонт планирования, так как опирается на достоверные данные. Это может быть бухгалтерская отчетность, заключенные контракты с заказчиками и поставщиками и т.д.

- *Бюджетное прогнозирование* – не требует большой точности, опирается не только на достоверные данные, но и на субъективные оценки, имеет большой горизонт планирования, что позволяет использовать его для принятия стратегических решений.

В этой статье будет рассмотрена методика построения прогнозного бюджета движения денежных средств на уровне портфеля проектов.

Портфель проектов (рис.1) – это проекты, программы, вспомогательные портфели и операционная деятельность, управляемые как группа с целью достижения стратегических целей организации [1]. Это дает возможность получить общую картину по реализации текущих и будущих проектов, выявления возможных рисков, а также оптимизации распределения ресурсов между проектами. Внутри портфеля проекты могут также объединяться во вспомогательные портфели.



*Рис. 1. Пример структуры портфеля проектов*

При первичном формировании портфеля проектов не требуется углубленного планирования каждого проекта, достаточно внесения плановых данных по проектам на верхнем уровне. В дальнейшем, в ходе реализации проектов, первоначальный бюджет портфеля обязательно будет актуализироваться и корректироваться в соответствии с текущим состоянием проектов.

Предлагаемая последовательность формирования прогнозного бюджета портфеля проектов:

1. Формирование перечня проектов в портфеле
2. Формирование бюджета портфеля проектов
3. Регистрация показателей рисков по проектам портфеля
4. Формирование прогнозного бюджета портфеля проектов с применением показателей
5. Моделирование негативного сценария исполнения бюджета по организации
6. Моделирование и выбор варианта реагирования на негативный сценарий

На рис.2 приведен пример перечня проектов портфеля, где каждый проект внесен одной строкой. Это дает возможность устанавливать связи между проектами и легко моделировать различные сценарии реализации портфеля проектов.

Наименование	Код СДР	Длительность	Начало	Окончание	План БДР (доходы)	План БДР (расходы)
Период	1	453,00	01.01.2023	07.10.2024	218 156 000,00...	218 156 000,00 руб.
Проектирование для АО "Альфа"	1.01	429,00	10.02.2023	07.10.2024	11 700 000,00 руб.	11 700 000,00 руб.
Инженерно-проектирование для ООО "Бетонстрой"	1.02	361,00	01.10.2023	30.09.2024	17 700 000,00 руб.	17 700 000,00 руб.
Инженерное для ООО "Стройкорпорация"	1.03	130,00	01.07.2023	31.12.2023	14 100 000,00 руб.	14 100 000,00 руб.
Разработка и строительство парка "Парк космонавтов"	1.04	130,00	01.07.2023	31.12.2023	11 250 000,00 руб.	11 250 000,00 руб.
Разработка и строительство парка "Парк им. Кирова"	1.05	130,00	01.07.2023	31.12.2023	12 900 000,00 руб.	12 900 000,00 руб.
Проектирование для ООО "Авто-сервис"	1.06	354,00	13.06.2023	31.05.2024	14 125 000,00 руб.	14 125 000,00 руб.
Проектирование для ООО "Импульс"	1.07	161,00	01.09.2023	31.03.2024	10 000 000,00 руб.	10 000 000,00 руб.
Инженерное для АО "Прометей"	1.08	231,00	06.01.2023	30.11.2023	11 430 000,00 руб.	11 430 000,00 руб.
Инженерное для ООО "Мирмид"	1.09	119,00	06.03.2023	13.09.2023	10 140 000,00 руб.	10 140 000,00 руб.
Инженерное для ООО "Народные школы"	1.10	273,00	06.01.2023	29.01.2024	7 620 000,00 руб.	7 620 000,00 руб.
Инженерное для ООО "Смелый"	1.11	201,00	01.02.2023	08.12.2023	18 222 000,00 руб.	18 222 000,00 руб.
Разработка и строительство парка "Звездное небо"	1.12	168,00	01.05.2023	21.12.2023	9 300 000,00 руб.	9 300 000,00 руб.
Разработка и строительство парка "Звездная ракета"	1.13	161,00	06.03.2023	31.08.2023	10 720 000,00 руб.	10 720 000,00 руб.
Проектирование парка "Звездный путь"	1.14	283,00	10.04.2023	02.05.2024	12 100 000,00 руб.	12 100 000,00 руб.
Проектирование Объекта А-423	1.15	332,00	01.01.2023	19.04.2024	21 750 000,00 руб.	21 750 000,00 руб.
Инженерное для АО "Новый век"	1.16	187,00	03.04.2023	30.12.2023	12 900 000,00 руб.	12 900 000,00 руб.
Проектирование Объекта ОП-675	1.17	58,00	01.01.2023	31.03.2023	12 000 000,00 руб.	12 000 000,00 руб.

Рис. 2. Пример перечня проектов в портфеле

Формирование бюджета портфеля проектов не отличается от классического алгоритма составления бюджета. Из плана продаж и связанной с ним потребности в ресурсах (план закупок, план заработной платы и т.д.) по каждому проекту формируется бюджет доходов и расходов. На основе бюджета доходов и расходов формируется бюджет движения денежных средств. На графике (рис.3) видно, что в середине года плановый денежный поток снижается, есть риск кассового разрыва, а к концу года поступление денежных средств увеличивается.



Рис. 3 Плановый денежный поток по проектам портфеля

Важное отличие проектного бюджетирования от классического в том, что проекты являются конечной деятельностью, в отличие от продолжающейся деятельности предприятия. На получение дохода по каждому проекту, а значит, и на поступление денежных средств напрямую влияют дата старта и результаты выполнения проекта. Если сдвинутся сроки начала проекта или сроки завершения, например, вернут часть выполненных работ на переделку, это повлечет за собой смещение даты подписания актов, а значит и поступления денег. При этом плановые выплаты по зарплате и прямым расходам

останутся в тех же периодах. Кроме того, любое незапланированное увеличение объемов работ, которое повлечет за собой каждая переделка, увеличит расходную часть проекта и снизит денежный поток.

Как правило, планы проектов составляются в оптимистичном сценарии. Для получения более реальной картины руководителю портфеля проектов необходимо сформировать бюджет движения денежных средств с пессимистичным прогнозом, чтобы спрогнозировать наихудший сценарий. Это значит, что для построения прогнозного бюджета портфеля проектов потребуется использование инструментов управления рисками.

Для этого по проектам регистрируются показатели вероятности наступления рисков.

На рисунке 4 на нескольких проектах с наиболее высоким уровнем риска был зарегистрирован показатель в 50 и 100% вероятности сдвига сроков на 1-3 месяца. Такой показатель сдвинет даты поступления средств по проектам.

Проект	%	кол-во (мес)
Проектирование Объекта ОП-675		
Проектирование для АО "Альфа"	100	1
Инжиниринг для АО "Просвет"		
Инжиниринг для ООО "Изумруд"	50	1
Инжиниринг для ООО "Надежная опора"		
Инжиниринг для ООО "Спектр"		
Разработка и строительство горки "Звездное небо"	100	3
Разработка и строительство горки "Звездная ракета"		
Проектирование горки "Звездный путь"		
Проектирование Объекта А-423		
Инжиниринг для АО "Новый век"		
Инжиниринг и проектирование для ООО "Перспектива"	100	1
Инжиниринг для ООО "Стройкорпорация"		
Разработка и строительство горки "Парк космонавтов"	50	3
Разработка и строительство горки "Парк им. Кирова"	100	3
Проектирование для ООО "Авто-сервис"	100	3
Проектирование для ООО "Изумруд"		
Проектирование Объекта Т-837		

Рис. 4 Регистрация показателей вероятности сдвига сроков по проектам портфеля

На рисунке 5 пример работы показателя сдвига сроков – сравнение данных по плану и прогноза с применением значения показателя.

Значение показателя	Январь		Февраль		Март		Итого	
	План	Прогноз	План	Прогноз	План	Прогноз	План	Прогноз
50% 1 месяц	100	50	120	110 (50+60)		60	220	220

Рис.5 Пример работы показателя сдвига сроков

После внесения показателей риска необходимо сформировать прогнозный бюджет с применением показателей.

В результате получится график (рис.6), где:

- «План» – плановый поток денежных средств, если проекты будут исполняться строго в соответствии с плановым бюджетом
- «Прогноз» – прогнозный денежный поток с применением показателей вероятности

Пример формирования прогнозного графика (рис.5). На графике видно, что произойдет, если у нескольких проектов сдвинутся сроки и часть актов перейдет на следующий год. В период с 06.2023 по 09.2023 вероятен недостаток денежных средств для исполнения обязательств в сумме до 5 млн.

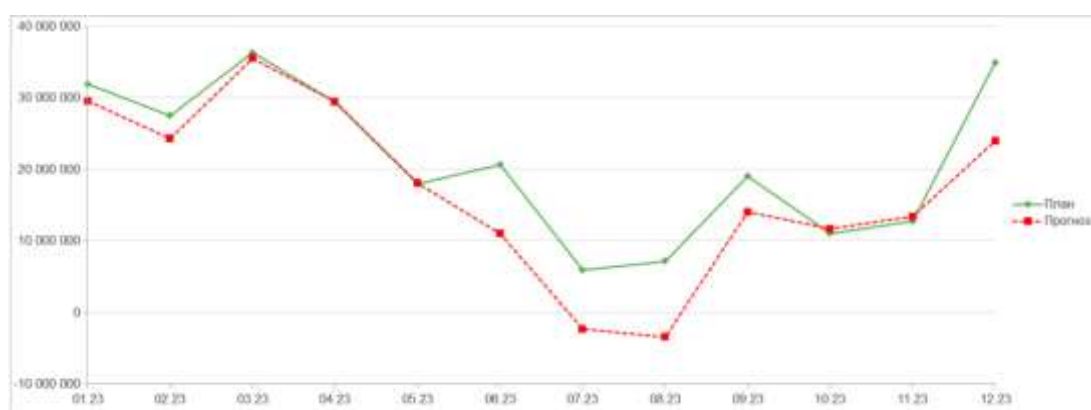


Рис. 5 Прогнозный денежный поток по проектам портфеля с применением показателей

По результатам проведенного прогнозного моделирования планируются мероприятия по снижению финансового риска.

Примеры инструментов для обеспечения финансовой реализуемости проектов:

1. Балансировка ресурсов внутри портфеля – незначительные колебания поступлений и выплат одного проекта можно временно компенсировать за счет бюджета другого проекта внутри портфеля;

2. Балансировка ресурсов за счет работы с дебиторской и кредиторской задолженностью. Незначительные колебания поступлений и выплат также можно компенсировать за счет изменения сроков поступления от заказчиков и выплат поставщикам;

3. Отказ от реализации части проектов менее приоритетных направлений – проекты ранжируются по приоритету и объему затрат для последующей заморозки части из них;

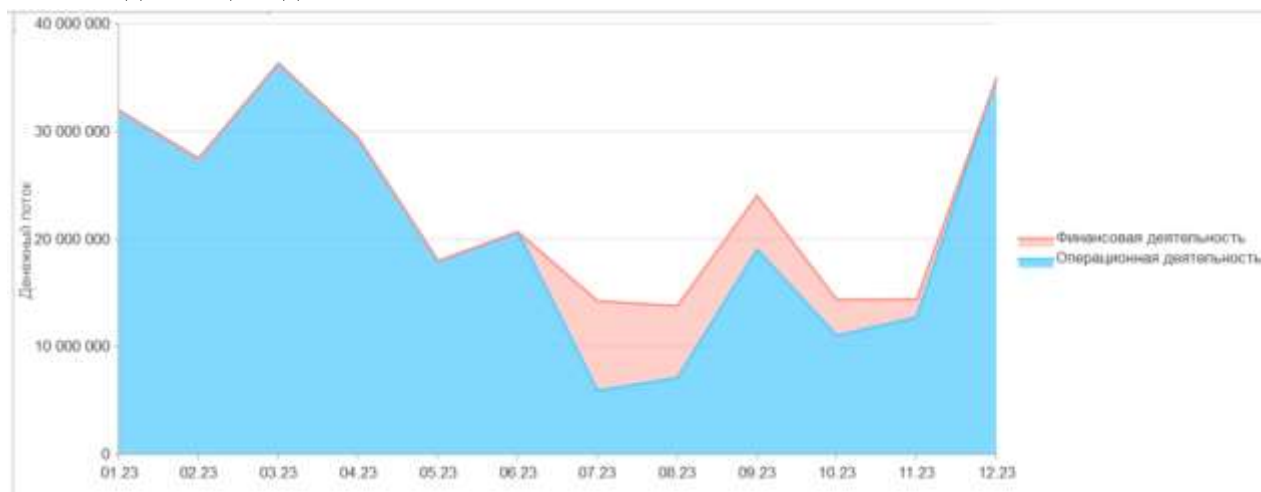
4. Привлечение внешнего финансирования или открытие кредитной линии – если ожидаемая сумма кассового разрыва значительна, то придется рассмотреть необходимость привлечения денежных средств со стороны.

Все перечисленные мероприятия по снижению финансового риска могут быть смоделированы в прогнозном бюджете портфеля. Вне зависимости от того, какой из инструментов выберет руководитель портфеля проектов, чем раньше о риске будет известно, тем больше вероятности его избежать или хотя снизить его влияние на финансовую устойчивость предприятия.

На рисунке 6 приведен пример прогнозного бюджета по организации в виде накопительного графика. На графике смоделирован сценарий привлечения внешнего



финансирования в период с 06.2023 в сумме 10 млн и возвратом денежных средств равными частями до конца года.



*Рис.6 Плановый бюджет с учетом внешнего финансирования*

Задачи формирования прогнозного бюджета портфеля проектов с точки зрения управления денежным потоком:

- Формирование прогноза по БДДС по оптимистичному и пессимистичному сценарию
- Обеспечение финансовой реализуемости проектов
- Определение приоритетных направлений финансирования при дефиците средств

Таким образом, автоматизация системы управления проектами в целях планирования и прогнозирования бюджета по организации дает более гибкое управление финансами компании и обеспечивает финансовую устойчивость.

### Список литературы

1. Горбашко, Е А Управление проектами : учебник для вузов / Е А Горбашко ; под редакцией Е А Горбашко — Москва : Издательство Юрайт, 2025 — 358 с — (Высшее образование) — ISBN 978-5-534-19021-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/568979> (дата обращения: 29.04.2025).
2. Павлов, А. Н. Эффективное управление проектами на основе стандартов PMI PMBOKOR 7th Edition и PMBOKOR 6th Edition : учебное пособие / А. Н. Павлов. — эл. изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2023. — 371 с. — ISBN 978-5-93208-611-7 — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/297509> (дата обращения: 29.04.2025).
3. Управление проектами. Фундаментальный курс: учебник/под ред. В.М. Аньшина, О.Н. Ильиной; Изд-во ВШЭ, 806 с. URL:<https://znanium.ru/read?id=446522> (дата обращения: 29.04.2025).
4. Царенко А.С. Управление проектами: учебное пособие. СПб: Лань, 2024.-236 с.
5. Project Management Institute - PMBOK®6 Guide Russian (2017, Project Management Institute Inc.). [Электронный ресурс]. URL: <https://pmservices.ru/project-management-news/obzor-shestogo-izdaniya-rukovodstva-k-svodu-znaniy-po-upravleniyu-proektami/?ysclid=ma2a5b9hs1763436561> (дата обращения 27.05.2025).

## **РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ**

РАДЖАБОВА М.Г., САФАРОВА М.Р.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»*

**Аннотация.** В статье описана модель управления качеством образования в общеобразовательной школе Назиевская СОШ. Представлена функциональная структура системы оценки качества и описана процессная модель управления качеством образования в МКОУ Назиевская СОШ Кировского района Ленинградской области, особое внимание уделено распределению ответственности за виды деятельности и процессы МКОУ Назиевская СОШ. Показано, что обеспечение высокого качества образования в общеобразовательной школе направлено как на повышение культуры качества внутри МКОУ, так и на улучшение положения МКОУ в конкурентной среде.

*Ключевые слова:* качество образования, результат, процесс, условия, критерии оценки, мониторинг качества образования.

В современной России качество национального человеческого капитала не только лежит в основе социально-экономического развития государства, но и выступает в качестве важнейшего фактора национальной безопасности. А это означает, что система общего и профессионального образования уже сегодня должна быть нацелена на формирование у новых поколений жителей нашей страны более развитых способностей, знаний и компетенций. В этой связи поиск концептуальных идей модернизации системы российского образования ныне все больше связывается с идеей его качества.

Категория «качество» прочно вошла и в область образования, а также в арсенал педагогических понятий с обобщённой смысловой нагрузкой как совокупность определённых свойств, характеризующих сущность объекта и отличие его от других [1, 5].

С точки зрения процессного подхода под качеством образования понимается такая совокупность его характеристик, которая обуславливает его приспособленность к реализации социальных целей по формированию и развитию личности в аспектах её обученности, воспитанности, выраженности социальных, психических и физических свойств [7, 8].

В этой связи следует подчеркнуть, что центр тяжести в последние годы переносится с процедур внешнего контроля качества образовательного процесса и его результатов на базе национальных систем аттестации и аккредитации на внутреннюю самооценку на основе тех или иных моделей.

Создание внутренних систем качества, систем менеджмента качества для продиктовано современным уровнем требований к образованию, а также необходимостью максимально эффективного функционирования и развития любого учебного заведения, его конкурентоспособности на рынке образовательных услуг [7].

Таким образом, обеспечение высокого качества образования в образовательных учреждениях любого уровня имеет, по крайней мере, два важных следствия.

В первую очередь, оно направлено на повышение культуры качества внутри школы, то есть на совершенствование образовательного процесса, и, соответственно, на улучшение его положения в конкурентной среде.

На основании вышеизложенного, в МКОУ Назиевской СОШ Кировского района Ленинградской области [2] на протяжении ряда лет велась работа по разработке собственной модели оценки качества образования [3,4].

Экспериментальная работа проектировалась и осуществлялась в соответствии с общими требованиями к проведению педагогических исследований.

Оценивалась эффективность практических мер, заложенных в разработанной модели управления качеством обучения учащихся, скоординированность направлений управления качеством образования, полнота реализации специалистами функций управления, качество подготовки учащихся общеобразовательной школы.

В результате исследования были приведены анализы результатов по успеваемости и результатам ЕГЭ МКОУ Назиевская СОШ за 2021-2024 годы.

Анализ результатов констатирующего эксперимента показал, что на низком уровне образованности в 2021 г. находилось 11,6% учащихся МКОУ Назиевская СОШ, среднем – 55,3%, на уровне выше среднего – 29,7%, высоком – 3,4%.

Рейтинг школы по результатам ЕГЭ в ходе констатирующего эксперимента свидетельствовал о недостаточном уровне качества образования в МКОУ Назиевская СОШ (14 место среди 19 общеобразовательных школ), что требовало принятия ряда управленческих мер с целью повышения качества образования.

В этой связи основной целью построения системы менеджмента качества МКОУ Назиевская СОШ стало достижение школой высокой конкурентоспособности на рынке образовательных услуг..

Это – мера достижения выпускником уровня развития отдельных свойств личности, который в наибольшей степени отвечает как потребностям его дальнейшего совершенствования и самореализации, так и сферам профессиональной подготовки и использования [6, с. 112].

Другими результирующими характеристиками качества являются:

- личностные достижения обучающихся и педагогов;
  - результаты совершенствования образовательной системы школы; образовательного процесса;
  - достижения школы; уровень ее влияния на общество, другие образовательные системы;
  - выполнение учебного плана, запланированных мероприятий, полнота реализации целевых и долгосрочных программ;
  - социальная эффективность деятельности школы и ее звеньев [5, С.113].
- Таким образом, в процессе разработки модели СМК происходит становление новой философии образовательной политики школы: так как именно потребитель определяет качество образовательных услуг, то школа должна постоянно ориентироваться на его удовлетворённость образовательными результатами, при этом необходимо учитывать все возможные реальные и потенциальные потребности потребителей образовательных услуг школы [3, 4].

На рис. 2 представлена процессная модель управления качеством образования в МКОУ Назиевская СОШ Кировского района Ленинградской области.

Предлагаемая модель в целом соответствует требованиям процессной модели системы менеджмента качества, принятой в стандарте ISO 9001:2001 (ГОСТ Р ИСО 9001–2001) и включает:

Формирование стратегии, политики и целей в области качества МКОУ Назиевская СОШ – то есть разработку целей качества образования, конкретизирующих доктрину образования и социально-педагогическое нормирование этих целей, проверку актуальности, разработку, корректировку и обновление образовательных и рабочих программ.

Планирование и постоянное улучшение деятельности МКОУ Назиевская СОШ, направленное на системное планирование процессов и процедур, их поддержание, отслеживание и постоянное улучшение.

Рис.2. Процессная модель системы оценки качества образования МКОУ Назиевская СОШ.

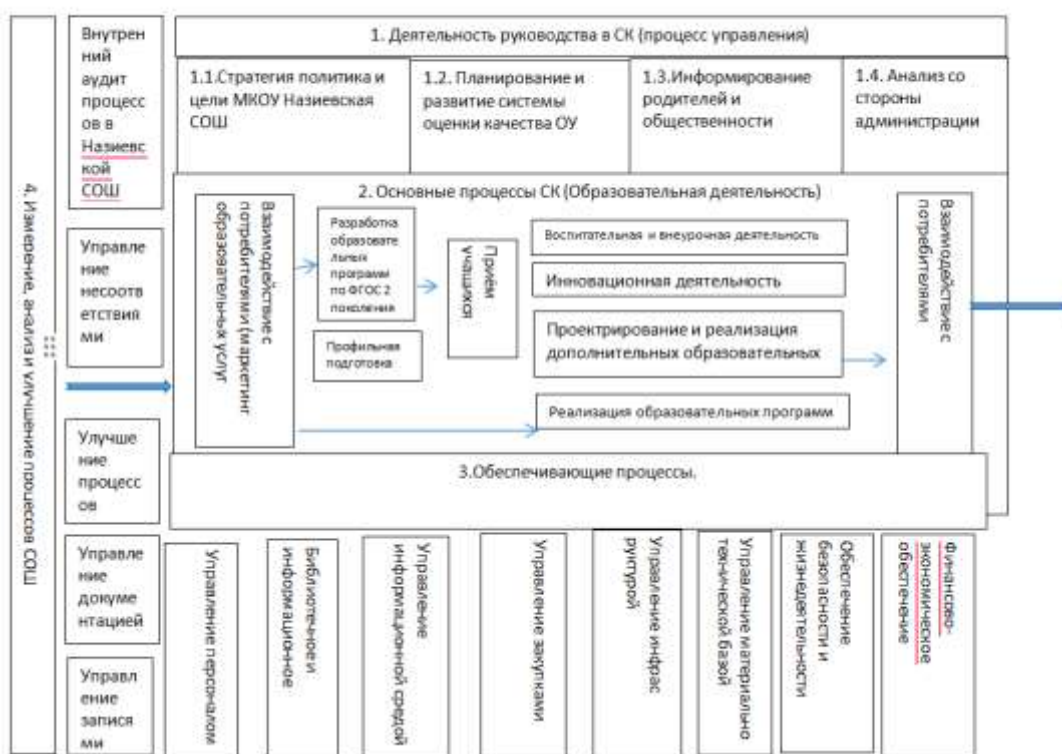


Рисунок 1

Использование рассмотренной выше модели в условиях МКОУ Назиевская СОШ на фоне определённого комплекса педагогических условий привело к росту образованности учащихся.

Количество учащихся, находящихся на недостаточном уровне образованности, после внедрения модели составило 6,1% (до внедрения модели 11,6%), то есть сократилось почти в 2 раза, среднем – 37,9% (55,3%), на уровне выше среднего – 46,6% (29,7%), высоком – 9,4% (3,4%).

Сравнивая результаты срезов, мы пришли к выводу, что внедрение модели способствовало проявлению устойчивой тенденции к росту числа учащихся, имеющих уровень образованности выше среднего, при этом значительно уменьшилось количество учащихся, имеющих низкий и средний уровень образованности.

Значительно вырос рейтинг школы по результатам ЕГЭ: в 2024 году школа занимает 10 место среди 19 общеобразовательных учреждений района (в 2020 году школа имела 16 место), увеличилось количество призовых мест в различных конкурсах и олимпиадах (МКОУ Назиевская СОШ в 2024 году занимает 9 место среди школ района по результатам городских олимпиад).

### Список литературы

1. Гормин, А.С. Процессуальная модель оценки качества образования / Е.М.Лагутина//Директор школы. – 2024.– № 10.– С.17–24.
2. Давыдова Н.Н. Организационно-управленческая модель взаимодействия образовательных учреждений как фактор инновационного развития регионального образования // Образование и наука , № 8 (76) 2020, С.32–42
3. Давыдова Н.Н., Токарева Е.В. Обеспечение роста конкурентоспособности гимназии за счет создания внутригимназической системы оценки качества на принципах ИСО 9000 // Инновационные проекты и программы в образовании, 2024, № 1, с. 12–27
4. Раджабова Г.Г., Создание внутренней системы оценки качества в современном общеобразовательном учреждении // Образование и наука. «Талим», № 6 (63) 2024, т. 2 с. 13–26
5. Княженко, Ю.А. Менеджмент и внутришкольное управление / Ю.А. Конаржевский.– М.: Центр «Педагогический поиск», 2024.– 224 с.
6. Матрос, Д.М. Менеджмент качества в школе на основе стандартов серии ГОСТ Р ИСО 9000–2001, новых информационных технологий и образовательного мониторинга / Д.М. Матрос – М.: Центр педагогического образования, 2018.–277 с. 7. Панасюк, В.П. Школа и качество: выбор будущего / В.П. Панасюк.– СПб.: КАРО, 2024.– 384 с. 8. Субетто, А.И. Категории качества и эффективности в теории педагогических систем/ А.И. Субетто // Управление качеством подготовки специалистов высшей школы.– Санкт-Петербург, 2023.

## РОЛЬ ОТДЕЛА ЗАКУПОК КОММЕРЧЕСКОЙ КОМПАНИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ КАЧЕСТВА СНАБЖЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОСТАВЩИКАМИ

Толстихин Д.В., ВАГАНОВА В.А.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»*

**Аннотация.** В современных компаниях обеспечение качества находится на стыке деятельности нескольких подразделений. В данной работе рассматривается качество снабжения и те инструменты, которыми отдел закупок может повлиять на него. В работе даны практические рекомендации для коммерческих организаций по модернизации подразделений, отвечающих за снабжение.

**Ключевые слова:** *снабжение, закупки, качество, управление поставщиками.*

Стратегическая роль отдела закупок, соответствующего высокому уровню зрелости, заключается в обеспечении качества снабжения через управление поставщиками. Данное утверждение можно часто услышать из уст руководителей, отвечающих за снабжение и опытных сотрудников отдела закупок крупных коммерческих организаций. В данной работе конкретизируется с теоретической и практической точек зрения приведенное выше утверждение и обосновывается его актуальность [1,2,3].

Для обоснования выбранного подхода рассмотрим понятие «качество снабжения». Что такое качество снабжения и из каких элементов складывается качество снабжения? В

соответствие со стандартом ISO 9000:2015 качество - это степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта требованиям, поэтому качество снабжения в коммерческой организации можно охарактеризовать как степень соответствия характеристик совокупности элементов системы снабжения целям и задачам организации. [4] Поскольку речь идет о коммерческой организации, то основной задачей для управления ее эффективностью является минимизация издержек и максимизация прибыли. Далее рассмотрим элементы процесса системы снабжения, качество которых обеспечивает отдел закупок.

Во-первых, это непосредственно качество поставляемых продуктов и качественное выполнение услуг со стороны поставщиков, включая ритмичность и своевременность. Данная задача существует на стыке зоны ответственности подразделений, отвечающих за качество (отдельные должности в подразделениях осуществляющих приемку и/или самостоятельные подразделения контроля качества) и подразделения, отвечающего за снабжение. При этом фильтрация и оценка уже поставленных товаров или оказанных услуг - это своего рода борьба с симптомами. Первопричиной и настоящей болезнью процесса является исходящее качество товаров и услуг со стороны поставщика еще до отправки товаров и начала оказания услуг. Именно отдел закупок, отвечающий за стратегическое управление поставщиками, должен иметь необходимые инструменты для превентивной борьбы с поступлением некачественных товаров и некачественным оказанием услуг. При этом могут быть использованы различные инструменты стратегического управления. Особое внимание следует уделять процессу выбора поставщика. В компаниях-заказчиках должны быть выработаны категорийные стандарты и минимальные требования к поставщикам. Отдел закупок должен оценивать готовность и способность поставщика реализовывать проекты соответствующего масштаба. Еще до выбора поставщика и тем более до подписания договора должна быть проведена комплексная квалификация поставщика по чувствительным для заказчика критериям: финансовая устойчивость, опыт, глубина понимания поставщиком поставленных задач, прочие характеристики поставщика влияющие на достижения результата сотрудничества. Большое значение имеет процесс контрактования с поставщиком. Заключаемое соглашение должно максимально подробно регламентировать этапы выполнения поставщиком взятых на себя обязательств. Более того, основываясь на опыте международных компаний, полезным дополнением к основному договору являются такие соглашения как: соглашение о конфиденциальности, соглашение о честности поставщика (антикоррупционные условия), соглашение или приложение об эффективности оказания услуг (КПЭ поставщика), соглашение о кибербезопасности и прочее. Цель данных документов должна заключаться в том, чтобы с одной стороны глубоко погрузить поставщика в контекст требований и ожиданий заказчика, а с другой стороны установить элементы контроля. Данный подход к контрактowaniu дает компании заказчику большее количество инструментов контроля, в том числе и качества оказываемых услуг и поставляемых товаров. Важно учитывать, что повышение требований к поставщику ведет к увеличению стоимости услуг или продукции.

Во-вторых, надежность поставщиков, выраженная в готовности в долгосрочной перспективе выполнять взятые на себя обязательства и проявлять партнерский подход в случае возникновения особых обстоятельств. На практике нельзя предусмотреть все детали сотрудничества в договорах и соглашениях как минимум из-за того, что требования заказчика могут меняться, иногда часто и срочно. Более того может меняться

экономическая ситуация и законодательство. Цель отдела закупок для поддержания качества данного элемента системы снабжения должна заключаться в обеспечении и поддержании высокого уровня взаимного доверия между заказчиком и поставщиком, поставщик должен осознавать ценность долгосрочного сотрудничества и пренебрегать краткосрочными интересами ради этого. Отдел закупок на пути достижения данной цели должен регулярно проводить оценку поставщиков. На основании этой оценки должны проводиться обучающие мероприятия, на которых сотрудники отдела закупок должны обучать поставщиков эффективному взаимодействию с заказчиком для оттачивания взаимопонимания. Из поставщиков, получающих высокие оценки, должна быть сформирована особая категория стратегических поставщиков-партнеров. Такие поставщики в особом порядке должны рассматриваться для взаимодействия в рамках новых проектов, допускаются инвестиции заказчика с целью развития отдельных направлений деятельности поставщиков-партнеров.

В-третьих, обеспечение оптимальной стоимости товаров и услуг, поскольку стоимость закупаемых товаров и услуг напрямую влияет на себестоимость производства конечной продукции. Подобное влияние бывает настолько сильным, что на основании закупочной стоимости принимаются решения о целесообразности тех или иных бизнес инициатив, например, по расширению присутствия на рынке, регулированию количества производимой продукции и прочее. В этой связи для обеспечения качества снабжения отделом закупок могут быть предприняты разнообразные шаги. Отдел закупок должен непрерывно следить за рыночной ситуацией по всем категориям товаров, закупаемых компанией. На основании исторических цен, биржевых цен и экспертных оценок. показателей статистических агентств должны быть созданы бенчмарки. При закупке товаров и услуг по более высоким или низким ценам должно быть приведено обоснование предложенных поставщиком и оценено влияние данных цен на основную деятельность заказчика. При проведении тендеров должна быть обеспечена конкуренция, а также полное информирование участников тендера об особенностях закупаемых товаров и услуг для того, чтобы поставщики могли наиболее точно оценить свою себестоимость и критические значения продажных цен. Также конкурентная среда и наличие резервных поставщиков необходимы в некоторых закупочных категориях для контроля за влиянием поставщика и его своевременным снижением, например, при продлениях договоров или при инициированном поставщиком изменении расценок.

В-четвертых, это оказание поставщиком услуг и поставка товаров в соответствие с законодательством регионов ведения бизнеса. С целью избежания дополнительных рисков вся цепочка поставок должна соответствовать законодательству страны ведения бизнеса. Также при осуществлении закупок международными компаниями следует контролировать уровень риска, связанного с закупкой товаров и услуг, на которые наложены те или иные ограничения отдельных государств.

Перечисленные выше элементы системы снабжения являются ключевыми для снабжения. Если отдел закупок не обеспечивает их качество, то все потенциальные риски начинают выражаться в некачественном оказании услуг, поставке некачественных товаров, как следствие страдает непрерывность и эффективность бизнеса.

### Список литературы

1. 10 стратегий по управлению взаимоотношениями с поставщиками (SRM) [Электронный ресурс]. URL: [https://fogsoft.ru/press\\_center/articles/10-stratigij-po-upravleniyu-vzaimootnosheniyami-s-postavshikami/?ysclid=m9zwsz8tl8146702022](https://fogsoft.ru/press_center/articles/10-stratigij-po-upravleniyu-vzaimootnosheniyami-s-postavshikami/?ysclid=m9zwsz8tl8146702022) (дата обращения 26.04.2025)
2. Оланреваю О. Семь советов по стратегическому управлению поставщиками для бизнеса. [Электронный ресурс] URL: <https://reads.alibaba.com/ru/supplier-management/> (дата обращения 26.04.2025)
3. Тюрина Э. Как эффективно управлять деятельностью поставщиков [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vedomosti.ru/management/blogs/2021/09/30/889202-effektivno-upravlyat> (дата обращения 26.04.2025)
4. ISO 9001:2015. Системы менеджмента качества — Требования. — Женева: Международная организация по стандартизации, 2015. — 30 с.

## СОКРАЩЕНИЕ ПОТЕРЬ ПРОИЗВОДСТВА ПУТЕМ ВОВЛЕЧЕНИЯ СОТРУДНИКОВ В ПРОЦЕСС НЕПРЕРЫВНОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АО "ВЕРТЕКС"

ФИТИСОВА Е.И.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им. В. И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** В данной статье рассматривается опыт сокращения потерь производства АО «Вертекс» с помощью программы внедрения улучшений

*Ключевые слова:* непрерывность, совершенствование, потери, улучшение

В условиях современного рынка, характеризующегося высокой конкурентоспособностью и постоянными изменениями, предприятия сталкиваются с необходимостью оптимизации своих производственных процессов. Одним из ключевых факторов, способствующих повышению эффективности и снижению потерь, является вовлечение сотрудников в процесс непрерывного совершенствования. АО "Вертекс", как динамично развивающаяся компания, осознает важность активного участия каждого работника в формировании культуры качества и инноваций.

Актуальность данной темы обусловлена не только стремлением к повышению производительности, но и необходимостью создания мотивирующей среды, где каждый сотрудник чувствует свою значимость и ответственность за конечный результат. Вовлечение персонала в процесс улучшения позволяет не только выявлять и устранять узкие места в производственной цепочке, но и способствует формированию команды, ориентированной на общую цель. В данной статье мы рассмотрим программу внедрения улучшений, которую АО "Вертекс" применяет для сокращения потерь производства, а также проанализируем влияние вовлеченности сотрудников на результаты компании.

Фармацевтическая компания «Вертекс» основана в 1999 году в Санкт-Петербурге. В 2003 году началось производство лекарственных средств. С 2020 года компания внесена в список системообразующих предприятий Российской Федерации. На сегодняшний день она занимает ведущие позиции в рейтинге самых влиятельных участников российского фармацевтического рынка и демонстрирует наибольшие темпы роста продаж среди двадцати крупнейших производителей лекарств по объему реализации в аптеках России за 2022 год. [1]



В реестре производства лекарственных средств АО «Вертекс» существует свыше 360 наименований продукции, среди которых более 270 позиций представлены лекарствами в различных дозировках и упаковках. Остальные же продукты — косметические средства и БАД собственных брендов. [2]

Выручка АО «Вертекс» за 2023 год составила порядка 22 млрд рублей без учета НДС, что превышает показатель 2022 года на 24%. Общий объем продаж составил 130 млн упаковок продукции, из которых 120 млн пришлось на лекарства. Доля продаж жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов (из перечня ЖНВЛП) компании к концу полугодия превысила 74 % от общего объёма продаж лекарств в упаковках, что составило более 61 % в денежном выражении. [3]

В условиях высокой конкуренции и постоянных изменений в отрасли, АО "Вертекс" активно внедряет принципы непрерывного совершенствования, что позволяет не только оптимизировать производственные процессы, но и повышать уровень вовлеченности сотрудников. Понимание и применение концепции непрерывного совершенствования становится важным шагом на пути к сокращению потерь и достижению устойчивого роста.

Непрерывное совершенствование — это систематический подход к улучшению процессов, продуктов и услуг, который направлен на повышение их качества и эффективности. Эта концепция основывается на идее, что даже небольшие, но постоянные улучшения могут привести к результатам в долгосрочной перспективе. Значение непрерывного совершенствования для производства трудно переоценить. Во-первых, оно способствует выявлению и устранению потерь, которые могут возникать на различных этапах производственного цикла. Это может включать в себя неэффективное использование ресурсов, задержки в производственном процессе, а также бракованную продукцию. Устранение этих потерь не только снижает затраты, но и повышает общую производительность предприятия. Во-вторых, вовлечение сотрудников в процесс непрерывного совершенствования создает культуру ответственности и инициативности. Когда работники понимают, что их идеи и предложения могут привести к реальным изменениям, они становятся более мотивированными и вовлеченными в свою работу. Это, в свою очередь, способствует созданию команды, ориентированной на общую цель — достижение высоких результатов и улучшение качества продукции.

В АО «Вертекс» концепция непрерывного совершенствования реализуется программой «Моя идея», участвуя в которой каждый сотрудник предприятия может предложить идею для улучшения. Данные предложения могут быть направлены как на сокращение явных потерь производства, так и на неявные потери, когда процесс не выходит за границы допустимых показателей, но после внедрения улучшения эти границы стали ещё меньше. Помимо этого, в рамках программы работники улучшают свои рабочие места и совершенствуют выполняемые процессы, что повышает их вовлеченность в работу компании.

Одна из идей, реализованная на предприятии, предложена в лаборатории получения массы для таблетирования — там, все контейнеры с подготовленным сырьем были подписаны на белых этикетках, при этом, когда сырьё необходимо пересыпать, используются белые совки. Работниками было предложено сделать этикетки на контейнерах цветными и в соответствии с цветами закупить соответствующие совки. Реализация данной идеи позволила исключить ошибку использования разных совков и смешения сырья, так как теперь ошибка исключена за счёт цветового решения. Помимо

этого, сократилось время выполнения операции, так как теперь работнику не нужно было перечитывать этикетки.

В цехе упаковки работниками, которые ведут журналы записи и вписывают полностью свои фамилию, имя и отчество, было предложено закупить самонаборные штампы- в день это сократило время заполнения журнала на 20 минут, следовательно за год высвобождается около 122 часов.

Идеи по улучшениям каждый сотрудник компании может подать, заполнив бумажный бланк с указанием проблемы и предлагаемым решением или электронно с помощью заполнения бланка онлайн.

В качестве мотивации компания награждает сотрудников, предложивших идеи, которые были успешно внедрены, в денежном выражении или подарками. Помимо этого, отдел, в котором сотрудники предложили больше всего идей или идеи, которые дали наибольший экономический эффект, награждают премией.

Таким образом, программа внедрения улучшений в АО "Вертекс" подтверждает свою значимость как стратегический инструмент, направленный на сокращение потерь и повышение общей эффективности производственных процессов. Вовлечение сотрудников в процесс непрерывного совершенствования не только помогает выявлять и устранять узкие места, но и способствует формированию культуры инициативности, что является ключевым аспектом для достижения высоких результатов.

Преимущества данной программы, такие как снижение затрат, улучшение качества продукции, оптимизация коммуникации и взаимодействия между различными подразделениями, а также способность адаптироваться к изменениям на рынке, подчеркивают ее значимость в условиях современной конкурентной среды. АО "Вертекс", активно применяя принципы непрерывного совершенствования, не только укрепляет свои позиции на фармацевтическом рынке, но и создает надежную основу для долгосрочного роста и развития.

Программа внедрения улучшений становится важной частью стратегического подхода компании, позволяя ей не только достигать текущих бизнес-целей, но и закладывать фундамент для будущих успехов. Активное участие сотрудников в этом процессе является гарантией не только повышения производительности, но и формирования инновационной и мотивирующей рабочей среды, что, в свою очередь, способствует достижению высоких стандартов качества и удовлетворенности клиентов.

### **Список литературы**

1. АО "Вертекс" – URL: <https://promexpo.expoforum.ru/ru/participants/ao-verteks/> (дата обращения: 25.04.2025). – Текст: электронный.
2. Руководство по Качеству АО «Вертекс».
3. Выручка АО "Вертекс" – URL: <https://vertex.spb.ru/> (дата обращения: 27.04.2025). – Текст: электронный.

## СЕКЦИЯ РЕКЛАМА И СВЯЗИ С ОБЩЕСТВЕННОСТЬЮ

### СОВРЕМЕННАЯ КОММУНИКАЦИЯ И НЕЙРОСЕТИ

ГАРКУША В.Н.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им. В. И. Ульянова (Ленина)*

**Аннотация.** В статье рассматривается современное развитие искусственного интеллекта и нейросетей, медиатизация общества. Описываются основные виды, типы, особенности и возможности нейросетей для межличностной, речевой и письменной коммуникации, находящиеся в арсенале специалиста по связям с общественностью. Представлены проблемы и вопросы соотнесения виртуальной и живой коммуникации, формирования цифровой культуры личности.

*Ключевые слова:* цифровая цивилизация, медиатизированное общество, цифровое мышление, цифровая культура, цифровое образование, искусственный интеллект, нейросети, чат-боты, коммуникации, связи с общественностью

В настоящее время в мире продолжается глобальная цифровизация общества. В образовательной среде продолжается активное обсуждение понятий цифровая цивилизация, цифровое общество, цифровое образование, цифровое мышление, цифровая культура и аналогичных [1]. Особо интересным вопросом для изучения является коммуникация в медиатизированном обществе и ее взаимосвязь со специальностью «Реклама и связи с общественностью».

Нейросети стремительно интегрируются во многие сферы жизни и бизнеса. Коммуникации различного вида и маркетинг — одно из наиболее ёмких направлений применения генеративных нейросетей. Однако люди должны ответственно относиться к тому, как искусственный интеллект влияет на развитие общества. В настоящее время появился Кодекс этики в сфере ИИ. В Кодексе перечислены рекомендованные принципы и правила для формирования среды доверенного развития в России технологий искусственного интеллекта. Инициатором его создания выступила группа ведущих технологических компаний, таких как Яндекс, Сбер, МТС, Сколково и VK.

Нейросети могут быть полезны не только для выполнения рутинных задач и генерации графики, текста и видео. Зумеры и миллениалы уже активно используют чат-боты для эмоциональной поддержки и считают, что они отлично помогают бороться со стрессом. Поэтому особо интересно рассмотреть нейросети для межличностной, речевой и письменной коммуникации, напрямую связанных со специальностью «Реклама и связи с общественностью».

Может показаться, что сложно построить дружеские отношения с роботом, но если выбрать подходящий сервис и правильно его настроить, то у кого-то может и получиться. Кратко рассмотрим основные возможности и особенности топ-10 нейросетей для общения: чат-боты для диалогов, дружбы и романтики.

1. ChatGPT — универсальный чат-бот. Это один из самых популярных чат-ботов, который может поддерживать разговор, ответить на вопросы, сгенерировать отчёт или составить план тренировок. Бот работает на базе языковой модели GPT от OpenAI. Сам по себе ChatGPT общается нейтрально и у него нет определённой личности, но ответы чат-бота можно настроить с помощью промпта. Например, можно попросить его отыграть роли персонажа из фильма или просто выслушать и поддержать [2].

2. Character AI — общение с уникальными персонажами. В нём собраны чат-боты, которые играют роли персонажей из популярных книг, игр и фильмов. Здесь есть боты исторических личностей и знаменитостей. Если подходящего персонажа не нашлось, то можно создать собственного. Также на платформе есть виртуальные помощники: репетиторы, психологи, коучи и фитнес-тренеры. Одно из главных преимуществ нейросети — живое общение с персонажем. Вы можете «позвонить» чат-боту и задавать вопросы голосом.

3. Replika — ИИ-друг и виртуальный собеседник. Это сервис, который специально разработали для общения и эмоциональной поддержки. В нём можно создать собственного персонажа и проводить с ним время. Интерфейс напоминает игру The Sims, а на фоне играет расслабляющая музыка. Можно покупать персонажу одежду и обустраивать комнату, в которой он «живёт».

4. Poe — чат-боты на базе разных ИИ. Poe предоставляет доступ к нескольким языковым моделям, включая GPT, Gemini, Llama, Grok и Claude. Также в коллекции есть готовые персонажи и ассистенты, например учитель английского языка, шеф-повар, тренер, психолог и герои фильмов. С помощью промпта можно настроить персонажа под свои нужды.

5. YouChat — это чат-бот-платформа, которая помогает пользователям быть более продуктивными. Она работает как мощный поисковик — нейросеть ищет информацию, пересказывает тексты и подкрепляет ответы ссылками на источники. С помощью функции Build your own вы можете создать собственного виртуального ассистента. Для этого надо детально описать боту задачи, с которыми ему придётся работать.

6. «Алиса» от «Яндекса» — русскоязычный ассистент с голосовым управлением. «Алиса» — это виртуальный помощник от «Яндекса», который может отвечать на вопросы, помогать с поиском информации и развлекать. Также чат-бот интегрирован в экосистему «Яндекса», поэтому с его помощью можно управлять умным домом, вызвать такси, заказать доставку продуктов или слушать музыку.

7. «Маруся» от VK — ИИ для общения и развлечений. «Маруся» — голосовой ассистент от компании VK, который может поддерживать диалог, отвечать на вопросы, помогать выполнять рутинные задачи и развлекать. Чат-бот интегрирован в «капсулы» — умные колонки компании VK. С их помощью можно управлять устройствами умного дома. Если вы пользуетесь экосистемой VK, то «Маруся» может вместо вас читать электронную почту Mail.ru, отвечать на сообщения в социальной сети «ВКонтакте» и воспроизводить музыку из фирменного стримингового сервиса.

8. Kuki — развлекательный ИИ-бот. Kuki — старейший чат-бот, который всё ещё доступен пользователям. По возможностям Kuki уступает современным ботам. Но у Kuki всё равно есть интересные функции. Например, чат-бот может сгенерировать гороскоп и сделать расклад карт Таро, а если нажать на кнопку On this day, то он расскажет об исторических событиях, которые произошли в этот день.

9. Talkie — чат-бот для романтики. Это чат-бот для разыгрывания романтических сценариев. У каждого персонажа есть своя легенда — например, вы познакомились с героем в спортивном зале или встретили своего соседа в лифте. С чат-ботом можно общаться текстом и прослушивать его озвученные сообщения. Также в Talkie есть возможность самому примерить на себя любую роль. Для этого предусмотрено меню настройки персонажа.

10. Paradot — виртуальный компаньон. Paradot разрабатывали как бота для поддержания эмоционального равновесия пользователей. Во время общения нейросеть пытается помочь расслабиться, отвлечься от навязчивых мыслей и предлагает поговорить о наболевшем — своеобразный виртуальный психолог. Помимо обычного режима, в чат-боте есть романтические сценарии и истории для ролевых игр.

#### **Выводы.**

Стремительно распространяющаяся цифровая реальность неумолимо ставит перед человеком новые глобальные мировоззренческие проблемы, напрямую связанные с вопросом самого существования человека как разумного существа. Чат-боты уже давно используют не только для решения рабочих или учебных задач, но и для общения. К сожалению, для многих одиноких людей нейросеть становится главным собеседником. Сейчас представлено достаточно много виртуальных приложений, которые используют технологии ИИ для симуляции общения с виртуальным человеком. Основная целевая аудитория таких чат-ботов - это люди, которые в приложении могут создать себе идеальную пару, подобрать ей внешность, голос, характер. С такой виртуальной парой можно флиртовать, писать ей романтические сообщения, ходить на свидания. Она же может и петь, танцевать и всячески развлекать, тут уже все зависит от фантазии пользователя.

Как бы это дико не звучало, но общение с виртуальным партнером имеет ряд преимуществ по сравнению с реальными отношениями. В частности, виртуальный партнер всегда доступен для общения 24/7. С ним не надо согласовывать время встреч или волноваться, что он занят. Вы можете поговорить с ним в любое время дня и ночи. Такой партнер никогда не осудит вас и всегда выслушает. Ему можно рассказать обо всех переживаниях, не опасаясь быть осмеянным или непонятым. Кроме того, это прекрасная практика коммуникативных навыков в безопасной среде. Тут можно отшлифовать искусство флирта, уверенности в себе, активного слушания.

Все это звучит красиво, но реальность совсем иная. Подобные виртуальные партнеры способны, напротив, ухудшать коммуникативные навыки людей. Им будет сложно общаться с реальными людьми, так как их ожидания не будут совпадать с суровой реальностью характера «натурального» человека. Таким образом, нейросети для общения могут порождать нездоровые отношения между людьми. Чат-боты, такие как Replika или Eva AI, все лучше имитируют человеческое общение, но эксперты опасаются, что они могут нарушить психику и людям будет намного труднее потом общаться вживую. Создание идеального партнера, которым вы управляете и который удовлетворяет все ваши потребности, действительно пугает.

Отношения с ИИ, чьи функции устанавливаются по прихоти компании, также имеют свои недостатки. При всех поверхностных плюсах виртуального общения, оно никогда не заменит глубину и многогранность реальных человеческих взаимоотношений. Необходимо помнить, что виртуальный ИИ-партнер – это всего лишь имитация отношений, неспособная заменить глубину человеческих контактов. Так что не стоит злоупотреблять подобными приложениями.

В дополнение можно отметить, что описанные выше вопросы, имеют прямое отношение к более широким тенденциям разобщения и «расчеловечивания» в современном обществе, которые проявляются в чайлдфри-настроениях, заболтанном кризисе семьи, отстранённости, эскапизме, отчуждении, пассивности, конформизме, ярко проявляющихся, в том числе, и в молодежной среде.

В дополнение, можно отдельно сказать несколько слов о соцсетях. Интернет и особенно соцсети принесли и новый путь разобщения: массовая аудитория распадается на группы, сейчас уже довольно жёстко ориентированные на свой источник, априори считая альтернативные источники недостоверными, и между группами расширяется пропасть непонимания: их восприятие мира различается всё больше. Самый известный разрыв — межпоколенческий: молодёжь ТВ почти не смотрит и за новостями обращается к интернет-сайтам (в мегаполисах их уже обгоняют соцсети и мессенджеры, прежде всего «Телеграм»), а пенсионеры — наоборот (питерские телезрители и оппозиционно настроенная часть интернет-аудитории практически не пересекаются). Но яростная, без тормозов война комментариев в соцсетях показывает, что водораздел по возрасту — лишь один из многих...

В последнее время все больше стали постоянно появляться предупреждения о вреде достижений ИИ [3]. Облегчая жизнь в каких-то отраслях, он своим существованием порождает новые опасные тенденции. Одним из социально-психологических инструментов, способных воспрепятствовать этим опасным процессам, является, цифровая культура личности, проявляющаяся в ситуациях многообразной деятельности человека в цифровом пространстве.

### Список литературы

1. Официальный сайт Министерства просвещения Российской Федерации URL: [edu.gov.ru](http://edu.gov.ru).
2. Нейросети ChatGPT, Midjourney. Инструкция для начинающих - Швырева А. – СПб.: АСТ, 2023
3. Бруссард Мерedit, Искусственный интеллект: Пределы возможного. - Альпина нон-фикшн, 2020. – 362 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОШЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ К БРЕНДУ APPLE

Лукьянова В.В., Порт М.С.

*Тихоокеанский государственный университет*

**Аннотация.** В данной статье представлено исследование отношения потребителей к бренду Apple, который является одним из самых известных в мире технологий. Исследование основано на анкетировании потребителей, как пользующихся товарами данного бренда, так и не связанных с ними. Дана оценка отношения лояльных и потенциальных потребителей к бренду Apple. В статье выделяются как преимущества бренда по мнению потребителей: дизайн, качество, так и недостатки: стоимость, а также же другие характеристики техники. На основе выводов предложены рекомендации, которые помогут разработать маркетинговые стратегии с целью привлечения новых потребителей, а также сохранения имеющихся.

*Ключевые слова:* потребитель, бренд, качество, дизайн, цена, Apple.

В условиях постоянно меняющегося рынка и растущей конкуренции важно понимать отношение потребителей к своему бренду. Для компании Apple это также является не исключением. Поскольку эти знания помогут понять чего, действительно, желает покупатель.

Цель настоящего исследования заключается в изучении и анализе отношений потребителей к бренду Apple, а также выявления факторов, оказывающих влияние на их выбор. Реализация поставленной цели предполагает выполнение следующих задач:

- 1.Определение степени известности бренда Apple среди потребителей и выявление уровня их осведомленности о продуктах компании.
- 2.Идентификация предпочтений текущих и потенциальных потребителей Apple.
- 3.Анализ степени лояльности потребителей к товарам компании Apple.
- 4.Определение рекомендаций, нацеленных на улучшение отношения потребителей к бренду.

Для сбора первичной информации от респондентов был использован количественный опрос в электронной форме. Опрос – метод получения данных, путем ответов на вопросы; является наиболее популярным способ в маркетинговых исследованиях [1].

Для исследования отношения потребителей к компании Apple был разработан электронный опрос, состоящий из 15 вопросов. Выборка формировалась из владельцев техники бренда, а также из тех, кто ранее не имел возможности использовать эту технику, для того, чтобы иметь более полное представление об отношении лояльных и потенциальных потребителей к бренду Apple. Опрос состоял из вопросов, направленных на выявление уровня удовлетворенности потребителей, причин выбора или отказа от покупки товара, восприятия бренда в сравнении с конкурентами. Всего в анкетировании приняло участие 195 респондентов, преимущественно студенты.

Для определения общей информативности о бренде Apple был задан вопрос: «Владеете ли вы продуктами Apple?». Выяснилось, что более 75% (152 человека) владеют данной техникой, преимущественно iPhone (68,2%) и AirPods (47,9%). Эти данные показывают высокий уровень заинтересованности респондентов в продукции Apple, и это создает хорошую базу для дальнейшего анализа.

При сравнении показателя уровня удовлетворенности потребителей, выявлено, что потребители выше оценивают дизайн, нежели качество. Для респондентов дизайн товаров Apple кажется очень привлекательным. Это показывает сильную сторону компании в области дизайна, но также это говорит о том, что внешняя оболочка для потребителей оценивается выше, чем внутренняя.

Потенциальные потребители высоко оценили характеристики товаров. Так, около 42 % на «отлично» и «хорошо» оценили качество, а 58% оценили еще выше оценили дизайн. В ответе на вопрос: «Считаете ли Apple надежным брендом?» мнения разделились. Таким образом, данные доказывают, что компания Apple правильно реализует маркетинговые стратегии по привлечению потенциальных потребителей, так как высоко оценивают характеристики бренда люди, не взаимодействующие с ней.

Как известно, Apple стремится к активной защите природы и экологии, стараясь минимизировать риск негативного воздействия на окружающую среду, однако в ходе исследования выяснилось, что многие потребители так не считают. Лишь 29,2% могут высоко оценить экологическую ответственность компании. Остальные оценивают средне, либо затрудняются в ответе. Это говорит о недостаточной информированности людей о действиях компании в данной области.

Соотношение цены и качества всегда являлось ключевым фактором при выборе техники. Опрос респондентов показал, что качество высокое, но цены слишком завышены. Однако некоторые считают, что за качество можно и переплатить, таких респондентов 26,6%, при этом 9,3% из них – потенциальные потребители. Хотя эта группа представляет и меньшинство, но их мнение не менее важно для компании, так как показывает уровень удовлетворенности предложениями компании. За хорошее качество, но несоответствующее цене, проголосовало из 195 – 125 человек, 30 из которых не являются обладателями техники

бренда. Этот фактор, показывает, что большинство признает высокое качество техники, однако их ограничивает стоимость. Что, в очередной раз доказывает, что Apple воспринимается как премиальный бренд, но из-за ценовой политики товары недоступны широкому кругу потребителей.

Соотношение респондентов как пользующихся продукцией компании, так и не владеющих ей, уверенных в плохом качестве и несоответствующей цене, практически равно. Всего 19 респондентов, 10 из которых не являются потребителями, придерживаются этого мнения. Эта группа выражает негативное отношение, возможно связанное с восприятием бренда, негативными отзывами, а также разочарованием в использовании.

Для большинства респондентов (46,3%) при выборе электроники бренд Apple важен, однако остальная часть остается нейтральной. Данный фактор показывает, что у компании есть возможность повышения лояльности к бренду, хоть и присутствует высокая значимость имиджа. Среди потенциальных потребителей только 6 человек указывают на важность выбора данного бренда, что говорит о том, что люди воспринимают бренд как качественный и престижный, даже не являясь его пользователями. Для 15 человек при выборе новой техники отношение к бренду нейтральное, 22 респондента ответили, что для них бренд неважен или совершенно неважен. Таким образом, использование бренда дает возможность привлекать больше клиентов, в том числе из числа потенциальных. В то же время есть клиенты, для которых более важным является функциональность и инновационность предлагаемых продуктов, нежели сам бренд.

Apple всегда выделялась среди других технологических компаний, так считают и большинство респондентов (80%), поэтому важно знать какие конкурентные преимущества имеет бренд. Результаты исследования показали, что потребителям важны не только функциональность и надежность, но и эстетическая составляющая.

Несмотря на все преимущества компании, ей тоже есть, что можно улучшить. Так, больше половины владельцев техники Apple считают, что главным недостатком, которое нуждается в совершенствовании, является срок службы батареи, следовательно, потребители часто сталкиваются с проблемами автономности своих устройств. Этот важный момент для пользователей должен стать ключевым моментом для дальнейших разработок.

Для респондентов, не владеющих товарами бренда, главным показателем, который следует улучшить, является его стоимости. Это говорит о том, что многих потенциальных потребителей устраивает качество, но не устраивает цена, и, несмотря на высокую лояльность к бренду, определенная часть ощущают неоправданность цен на устройства, особенно в условиях высокой конкуренции.

Функциональность техники и доступность ее ремонта также попадают в категорию того, что следует улучшить, по мнению как лояльных, так и потенциальных потребителей. Это говорит о том, что одни потребители заинтересованы в инновационных улучшениях, а другие готовы платить высокую стоимость только за ту технику, которая подлежит сервисному обслуживанию.

В ходе исследования выяснилось, что более 70% опрошенных считают Apple надежным брендом, однако процент тех, кто владеет техникой данной компании чуть больше. Следовательно, у 7% потребителей мнение об этом изменилось. Можно предположить, что это связано с некоторыми недостатками, которые были выявлены ранее. Возможно, используя продукцию Apple какое-то время, пользователи выявили, что несмотря на имидж, бренд нельзя считать надежным.



Преимущества, которые были выявлены ранее, например, инновации или дизайн, влияют на жизнь потребителей, а именно, в большинстве случаев, делают ее более приятной. В основном, техника Apple либо никак не влияет, либо упрощает, делает легче. Процент тех, кто считает, что продукция Apple ухудшила качество их жизни невелик - всего 2%. Но из числа потенциальных потребителей 11,6% считают, что техника Apple может отрицательно повлиять на качество их жизни. Таким образом, большинство потребителей позитивно оценивают влияние продукции Apple на их повседневную жизнь. Однако компании необходимо усилить маркетинговые стратегии, с целью выделения наилучших характеристик в товарах, позитивно влияющих на жизни потребителей.

Более 70% респондентов в будущем планируют приобретать продукцию Apple, среди них присутствуют и те, кто не владеет продукцией бренда. Однако есть респонденты, кто не планирует такие покупки. Следовательно, существует ряд причин, из-за которых респонденты отказываются в дальнейшем использовать продукцию Apple. Так, некоторые респонденты, владеющие продукцией Apple, не собираются приобретать технику компании, так как их не устраивает стоимость, но при этом они рекомендовали бы товары Apple. Также было несколько человек, которые предпочитают другой бренд и не стали бы советовать в дальнейшем продукцию компании, это может быть связано с позитивным опытом использования техники других компаний. Среди респондентов, не владеющих техникой Apple, наибольший процент тех, кто не планирует приобретать товары бренда, связан с неудовлетворенностью стоимостью, а также предпочтениями в других фирмах. Это показывает, что высокая ценовая политика является барьером для потенциальных потребителей, особенно в условиях большого выбора альтернативных вариантов, но более бюджетного сегмента. Для многих людей не важен бренд, а важна функциональность, так, для них смартфон является всего лишь средством связи с доступом в Интернет.

Анкетирование помогло лучше понять, как различные аспекты, а именно имидж компании, качество продукции, цена и пользовательский опыт, формируют отношение к бренду Apple. Анализ собранных данных показал, что бренд вызывает у потребителей высокую степень доверия и лояльности, поэтому большинство рекомендовало бы товары данной торговой марки, невзирая на недостатки.

Сравнительный анализ выявленных недостатков показал, что ценовая политика является важным фактором при выборе техники Apple. Однако пользователи более склонны к одобрению высокой стоимости, в случае улучшения функциональности имеющихся продуктов и разработка инновационных решений. Потенциальных потребителей необходимо подробно информировать о возможностях Apple.

На основе полученных мнений можно выделить несколько рекомендаций, направленных на улучшение отношения потребителей к бренду:

1) Увеличение срока службы батареи. Самая распространенная проблема у владельцев Apple, когда после покупки нового смартфона, емкость аккумулятора быстро снижается, что приводит к негативным отзывам от потребителей.

2) Создание новых функций. Выяснилось, что многим из респондентов хотелось бы видеть обновления на своих устройствах, совершенствование инновационных решений. Это показывает, что Apple следует дальше развивать своих функционал для удовлетворения клиентов.

Таким образом, исследование продемонстрировало полноту выполнения поставленных целей и задач: выявление ключевых факторов, влияющих на решение потребителей при выборе товара, а также рассмотрение как положительных, так и отрицательных аспектов

восприятия бренда. Анализ данных показал, что отношение потребителей, в целом, носит позитивный характер, с сильной лояльной базой и высокой удовлетворенностью от использования продукции. Это делает Apple одним из самых успешных и влиятельных технологических брендов.

### Список литературы

1. Карасев, А. П. Маркетинговые исследования и ситуационный анализ : учебник и практикум для вузов / А. П. Карасев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2024. – 316 с.

## СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОДВИЖЕНИЯ КОМПАНИИ: СТРАТЕГИЯ, ТАКТИКА И ИЗМЕРЕНИЕ УСПЕХА

СМИРНОВА М.С.

*Тихоокеанский государственный университет*

**Аннотация.** Статья рассматривает социальные сети как эффективный инструмент для продвижения компаний в 2025 году. Описываются ключевые этапы продвижения, от определения целей и анализа целевой аудитории до разработки контент-стратегии и анализа результатов. Подчеркивается важность выбора правильных социальных сетей, создания интересного и релевантного контента, взаимодействия с аудиторией и использования таргетированной рекламы. В статье также рассмотрены актуальные тренды в SMM, такие как видеомаркетинг, интерактивный контент, персонализация, influencer-маркетинг и социальная коммерция. В заключение делается вывод о том, что успешное использование социальных сетей требует комплексного подхода, постоянного анализа и адаптации к новым трендам.

**Ключевые слова:** социальные сети, продвижение компании, маркетинг в социальных сетях (SMM), целевая аудитория, контент-стратегия, таргетированная реклама, вовлеченность, лидогенерация, бренд, KPI (ключевые показатели эффективности)

В эпоху цифровой трансформации социальные сети перестали быть просто платформой для общения. Они превратились в мощный инструмент для продвижения компаний, формирования бренда, привлечения клиентов и увеличения продаж. Эффективное использование социальных сетей требует комплексного подхода, включающего разработку стратегии, выбор правильных тактик и постоянный анализ результатов.

Социальные сети стали важным каналом маркетинговых коммуникаций для российских компаний, предлагая возможности для взаимодействия с потребителями, продвижения брендов и увеличения продаж [1, С.35]. Однако, несмотря на растущую популярность SMM, многие российские компании сталкиваются с трудностями при разработке эффективных стратегий и оценке их результатов.

Существующие исследования часто носят описательный характер и фокусируются на перечислении инструментов SMM, чем на разработке комплексных моделей измерения эффективности, учитывающих специфику российских социальных сетей (ВКонтакте, Одноклассники, Дзен) и поведение российской аудитории (Brand Analytics, Mediascope). Кроме того, многие западные теории и концепции не всегда применимы к российскому контексту из-за культурных различий и особенностей рынка [5, С.80].

Настоящая статья направлена на разработку адаптированной модели измерения эффективности SMM для российских компаний, основанной на сочетании количественных

и качественных методов. В качестве теоретической основы будут использованы теория деятельности, теория социальных представлений, а также концепции клиентоориентированности в российском менеджменте. Для анализа данных будут использованы данные российских аналитических агентств, методы статистического анализа, контент-анализа и кейс-стади, адаптированные для учета специфики российской культуры и коммуникации.

Целью исследования является определение ключевых показателей эффективности SMM (KPIs), релевантных для российских социальных сетей, и разработка практических рекомендаций для российских компаний, стремящихся максимизировать отдачу от своих инвестиций в SMM [4, С.120].

Требуется глубокий анализ стратегии, тактики и, особенно, методов измерения успеха. Давайте разберем эти составляющие, с особым акцентом на измерение.

1. Стратегия продвижения компании в социальных сетях [6, С.50]:

Стратегия – это генеральный план. Она отвечает на вопросы:

«Зачем?» Каковы цели компании в социальных сетях? (Узнаваемость бренда, лидогенерация, повышение лояльности, поддержка клиентов, и т.д.) Цели должны быть SMART (Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-bound). Например, «Увеличить узнаваемость бренда (измеряется ростом упоминаний бренда на 30%) среди целевой аудитории (женщины 25-35 лет, интересующиеся модой) к концу 2024 года».

«Кто?» Кто ваша целевая аудитория в каждой социальной сети? Демография, интересы, поведение, проблемы. Нельзя просто сказать «все люди». Нужны конкретные портреты.

«Где?» Какие социальные сети наиболее релевантны для вашей целевой аудитории и целей? Не нужно быть везде. Лучше хорошо делать что-то одно, чем плохо – все.

«Что?» Какой контент будет интересен вашей аудитории и поможет достичь целей? Развлекательный, информационный, образовательный, вдохновляющий, и т.д. Нужен контент-план.

«Как?» Какой Tone of Voice (тон голоса) будете использовать? Официальный, дружелюбный, юмористический? Он должен соответствовать бренду и аудитории.

2. Тактика продвижения компании в социальных сетях [7, С.231]:

Тактика – это конкретные шаги для реализации стратегии. Это ответы на вопрос «Как именно мы это будем делать?». Тактика включает:

- Разработка контент-плана: Детальное планирование публикаций (темы, форматы, время, платформа).

- Создание контента: Фото, видео, тексты, истории, прямые эфиры, опросы, конкурсы и т.д. Контент должен быть качественным, оригинальным и адаптированным под каждую платформу.

- Взаимодействие с аудиторией: Ответы на комментарии, сообщения, участие в дискуссиях, проведение опросов и конкурсов.

- Использование хештегов: Правильный выбор и использование релевантных хештегов для увеличения охвата.

- Рекламные кампании: Настройка таргетированной рекламы для привлечения новой аудитории и достижения конкретных целей (например, лидогенерация, увеличение трафика на сайт).

- Сотрудничество с инфлюенсерами: Партнерство с блогерами и лидерами мнений, чья аудитория соответствует вашей целевой.

- Мониторинг и анализ: Постоянный мониторинг результатов, анализ эффективности тактик и корректировка стратегии при необходимости.

### 3. Измерение успеха:

Измерение успеха – это определение того, насколько хорошо ваши усилия в социальных сетях достигают поставленных целей. Важно не просто смотреть на «цифры ради цифр», а анализировать, что они значат для вашего бизнеса.

Критерии оценки успешности (KPI – Key Performance Indicators):

KPI – это конкретные, измеримые показатели, по которым вы оцениваете, достигли ли вы поставленных целей [3, С.95].

Инструменты для измерения:

- Встроенная аналитика социальных сетей: Каждая социальная сеть предоставляет базовые инструменты аналитики (например, Facebook Insights, Instagram Insights, Twitter Analytics).

- Сторонние инструменты аналитики социальных сетей: Более продвинутые инструменты, позволяющие собирать и анализировать данные из разных социальных сетей в одном месте, а также отслеживать упоминания бренда, анализировать тональность и т.д. (например, Hootsuite, Buffer, Sprout Social, Brand24, Mention).

- Google Analytics: Для отслеживания трафика на сайт из социальных сетей и анализа поведения пользователей на сайте.

- CRM-системы: Для отслеживания лидов и конверсий, полученных из социальных сетей.

Прежде чем приступить к активным действиям в социальных сетях, необходимо разработать четкую стратегию. Она должна включать следующие элементы:

- Определение целей: Чего компания хочет достичь с помощью социальных сетей? Увеличение узнаваемости бренда, привлечение новых клиентов, повышение лояльности существующих клиентов, стимулирование продаж, улучшение обслуживания клиентов? Четко сформулированные цели помогут определить направление работы и измерить ее эффективность.

- Анализ целевой аудитории: Кто является потенциальным клиентом компании? Какие социальные сети они используют? Какие темы их интересуют? Чем подробнее будет портрет целевой аудитории, тем эффективнее будет контент и таргетинг.

- Выбор социальных сетей: Не нужно стремиться присутствовать во всех социальных сетях. Важно выбрать те платформы, где наиболее активна целевая аудитория.

- Разработка контент-плана: Какой контент будет публиковаться? Контент должен быть интересным, полезным и релевантным для целевой аудитории. Важно сочетать разные форматы контента: текстовые посты, фотографии, видео, инфографику, прямые эфиры.

- Определение тона коммуникации: Как компания будет общаться со своей аудиторией? Официально, дружелюбно, креативно? Важно, чтобы тон коммуникации соответствовал бренду и ценностям компании [5, С.100].

### 2. Тактики продвижения в социальных сетях:

После разработки стратегии необходимо выбрать конкретные тактики, которые будут использоваться для достижения поставленных целей.

- Создание и оптимизация профилей: Профили компании в социальных сетях должны быть информативными, привлекательными и соответствовать фирменному стилю. Важно использовать качественные фотографии, логотипы и описания [6].

- Публикация регулярного контента: Регулярность публикаций – ключ к успеху в социальных сетях. Контент должен быть интересным, полезным и релевантным для целевой аудитории. Важно использовать разные форматы контента и экспериментировать с темами и стилями.

- Взаимодействие с аудиторией: Социальные сети – это платформа для общения, поэтому важно активно взаимодействовать с аудиторией. Отвечать на комментарии и вопросы, проводить опросы и конкурсы, запускать прямые эфиры.

- Использование хештегов: Хештеги помогают пользователям найти контент, который их интересует. Важно использовать релевантные хештеги, чтобы увеличить охват публикаций.

- Таргетированная реклама: Таргетированная реклама позволяет показывать объявления только тем пользователям, которые соответствуют заданным критериям (возраст, пол, интересы, местоположение). Это эффективный способ привлечь новых клиентов и увеличить узнаваемость бренда.

- Работа с лидерами мнений: Лидеры мнений (инфлюенсеры) обладают большим авторитетом у своей аудитории. Сотрудничество с ними может помочь компании охватить новую аудиторию и повысить лояльность к бренду.

- Проведение конкурсов и акций: Конкурсы и акции – это отличный способ привлечь внимание к компании и стимулировать активность аудитории. Важно, чтобы условия конкурсов и акций были простыми и понятными.

- Мониторинг упоминаний: Важно отслеживать, что говорят о компании в социальных сетях. Это позволит быстро реагировать на негативные отзывы и использовать позитивные отзывы для продвижения бренда.

### 3. Измерение успеха продвижения в социальных сетях:

Для оценки эффективности продвижения в социальных сетях необходимо отслеживать ключевые показатели (KPI) [3, С.54].

- Охват: Сколько пользователей увидели контент компании?

- Вовлеченность: Сколько пользователей взаимодействовали с контентом компании (лайки, комментарии, репосты)?

- Трафик на сайт: Сколько пользователей перешли на сайт компании из социальных сетей?

- Лиды: Сколько пользователей оставили заявку на сайте или совершили другое целевое действие?

- Продажи: Как изменились продажи после начала продвижения в социальных сетях?

- Рост аудитории: Насколько увеличилось количество подписчиков в социальных сетях?

- Тональность упоминаний: Какие отзывы о компании публикуются в социальных сетях (позитивные, негативные, нейтральные).

Для большей наглядности, приведем примеры успешного использования социальных сетей компаниями из различных сфер деятельности:

#### 1. Ритейл (Одежда и аксессуары):

- Цель: Увеличение продаж онлайн и в розничных магазинах, повышение узнаваемости бренда.

- Стратегия: Активное использование Вконтакте для демонстрации новых коллекций, создания стильных образов, проведения конкурсов и розыгрышей.

- Пример:

- Регулярные публикации качественных фотографий и видео с моделями, демонстрирующими одежду в разных ситуациях (повседневной, вечерней, спортивной).
- Создание VK Клипов с советами стилистов о том, как сочетать различные элементы гардероба [1, С.37].
- Запуск челленджа с использованием фирменной хештеги, поощряющего пользователей создавать собственные образы с одеждой бренда.
- Сотрудничество с микро-инфлюенсерами (блогерами с небольшим, но лояльным числом подписчиков) для продвижения продукции.
- Результат: Увеличение трафика на сайт на 30%, рост продаж на 20%, значительное повышение узнаваемости бренда среди целевой аудитории (молодежь 18-35 лет).

## 2. Сфера услуг (Ресторанный бизнес) [4, С.204]:

- Цель: Привлечение новых клиентов в ресторан, повышение лояльности существующих клиентов, формирование положительного имиджа заведения.
- Стратегия: Активное использование социальной сети Вконтакте для демонстрации аппетитных фотографий блюд, анонсов акций и специальных предложений, публикации отзывов клиентов.
- Пример:
  - Регулярные публикации профессиональных фотографий блюд с подробным описанием ингредиентов и вкусовых качеств.
  - Создание видеороликов о процессе приготовления популярных блюд.
  - Анонс акций и специальных предложений (например, "Счастливые часы", скидки в день рождения) с указанием сроков действия и условий.
  - Публикация скриншотов положительных отзывов клиентов из различных источников (Google Reviews, TripAdvisor).
  - Проведение конкурсов с розыгрышем бесплатных ужинов или подарочных сертификатов.
  - Активное взаимодействие с подписчиками в комментариях и личных сообщениях.
- Результат: Увеличение числа подписчиков на 50%, рост посещаемости ресторана на 15%, улучшение репутации заведения в интернете.

## 3. B2B (Программное обеспечение):

- Цель: Лидогенерация, повышение экспертности компании, укрепление деловой репутации.
- Стратегия: Активное использование LinkedIn и Twitter для публикации полезного контента, участия в дискуссиях, продвижения вебинаров и конференций.
- Пример:
  - Публикация экспертных статей и аналитических материалов о трендах в индустрии программного обеспечения.
  - Распространение информации о новых функциях и возможностях программных продуктов компании.
  - Участие в дискуссиях и комментирование новостей в отрасли.
  - Организация вебинаров и онлайн-конференций с участием экспертов компании.
  - Публикация отзывов довольных клиентов.
  - Использование таргетированной рекламы для привлечения лидов из целевой аудитории (руководители IT-отделов, директора по информационным технологиям).
- Результат: Увеличение числа лидов на 25%, повышение узнаваемости бренда в целевой аудитории, укрепление позиции компании как эксперта в своей области [5].

Эти примеры показывают, как компании из разных сфер деятельности могут успешно использовать социальные сети для достижения своих бизнес-целей. Важно помнить, что каждая компания уникальна, и стратегия продвижения в социальных сетях должна быть адаптирована под ее конкретные задачи, целевую аудиторию и особенности бизнеса.

Анализ КРІ позволит определить, какие тактики работают эффективно, а какие требуют корректировки. Важно постоянно тестировать новые подходы и оптимизировать стратегию продвижения в социальных сетях, чтобы достичь максимальных результатов [7, С.40].

Социальные сети – это мощный инструмент для продвижения компании, который требует комплексного подхода и постоянного анализа результатов. Разработка четкой стратегии, выбор правильных тактик и отслеживание ключевых показателей помогут компании эффективно использовать социальные сети для достижения своих бизнес-целей. Важно помнить, что продвижение в социальных сетях – это долгосрочная инвестиция, которая требует терпения и постоянного совершенствования.

### Список литературы:

1. Ашманов, И., Крылов, А. Оптимизация и продвижение сайтов в поисковых системах. — СПб.: Питер, 2008, 245с.
2. Маркетинг в социальных сетях / И. В. Гладких, Е. В. Колосова, Е. А. Разумовская. СПб.: СПбГЭУ, 2013, 180 с.
3. Дамьянов, И. Социальные сети для бизнеса. — М.: Альпина Паблишер, 2013, 180с.
4. Зобнина, М. Р. Социальные сети как инструмент продвижения компании: современные подходы и эффективные стратегии // Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения. – 2021. – № 7. – С. 323-325.
5. Тихонова А. В. Способы продвижения в социальных сетях и их преимущества // Вестник магистратуры. 2019. №4-4 (91). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-prodvizheniya-v-sotsialnyh-setyah-i-ih-preimuschestva> (дата обращения: 29.04.2025).
6. Левченко, О.В., Лукина, Е.В. Инструменты оценки эффективности SMM-продвижения // Научный альманах ассоциации France-Kazakhstan. – 2020. – №1.
7. Пронин, Ю. Б. Анализ эффективности маркетинга в социальных сетях. — М.: Дашков и К, 2015.
8. Романов, А. А., Панько, А. В. Маркетинг. — М.: Эксмо, 2006.
9. Сидорова, Е. В. (2021). Стратегии контент-маркетинга в социальных сетях для повышения вовлеченности аудитории. Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика, 2021(5), 80-95.
10. Шульц, Д. Е., Танненбаум, С. И., Лаутерборн, Р. Ф. Новая парадигма маркетинга: Интегрированные маркетинговые коммуникации. — М.: ИНФРА-М, 2004.
11. Щербакова, Е. В. SMM — продвижение в социальных сетях. — М.: Инфра-М, 2014.

## PR-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОДВИЖЕНИЯ УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

КОРОТАЕВА К.С., АЛЕКСУШИН Г.В.

*Самарский государственный экономический университет*

**Аннотация.** В статье изложены возможности применения PR-технологий для продвижения учебного заведения, рассмотрена ключевая роль PR-технологий в эффективном продвижении учебного заведения, анализируются ключевые PR-инструменты и стратегии, которые содействуют увеличению узнаваемости, привлечению абитуриентов, укреплению взаимоотношений с заинтересованными сторонами и созданию лояльного сообщества, объединенного вокруг учебного заведения.

**Ключевые слова:** учебные заведения, PR-деятельность, позитивное продвижение, образовательные услуги, репутация, имидж

Современная система образования характеризуется высокой динамикой развития и усилением конкуренции между образовательными учреждениями. Борьба за привлечение абитуриентов, квалифицированного профессорско-преподавательского состава и обеспечение финансовой устойчивости, вынуждает образовательные организации активно применять маркетинговые инструменты. Связи с общественностью (PR) выступают в качестве одного из наиболее действенных механизмов, обеспечивающих формирование позитивного имиджа, управление репутацией и установление устойчивых отношений с целевыми аудиториями.

В условиях трансформации рынка образовательных услуг, актуальной задачей для современных учебных заведений является разработка и внедрение эффективных инструментов, обеспечивающих конкурентоспособность и лидерство.

В контексте образовательного учреждения, PR приобретает особую значимость, способствуя формированию благоприятного имиджа, повышению узнаваемости бренда и привлечению целевой аудитории. Успешная PR-деятельность в сфере образования предполагает решение ряда ключевых задач, каждая из которых имеет принципиальное значение для достижения стратегических целей организации.

Одной из приоритетных задач является формирование позитивного имиджа образовательного учреждения, что предполагает целенаправленное создание благоприятного представления об организации как о центре высокого уровня, обладающем передовыми технологиями, высококвалифицированным персоналом и предлагающем перспективные образовательные программы, отвечающие требованиям современного рынка труда. В рамках данной задачи необходимо транслировать информацию об уникальных особенностях образовательного процесса, инновационных методиках обучения, а также достижениях студентов и преподавателей.

Не менее важным аспектом продвижения является управление репутацией образовательного учреждения и включает в себя оперативное реагирование на критические замечания, распространение объективной информации о достижениях и инновациях, нейтрализацию негативных слухов и формирование высокого уровня доверия к организации. Управление репутацией требует систематического мониторинга информационного поля, анализа общественного мнения и разработки эффективных коммуникационных стратегий, направленных на поддержание позитивного имиджа и нейтрализацию негативных воздействий. Эффективное управление репутацией напрямую влияет на конкурентоспособность образовательного учреждения и его привлекательность для абитуриентов и партнеров.

Привлечение абитуриентов является одной из ключевых задач PR-деятельности в сфере образования. Данная задача реализуется посредством эффективного информирования потенциальных студентов о преимуществах обучения в данном образовательном учреждении, условиях поступления и перспективах карьерного роста [5]. Важно создать привлекательный образ учебного заведения как платформы для получения качественного образования и реализации личностного потенциала. Привлекательный образ достигается путём проведения открытых дверей, участия в образовательных выставках, организации мастер-классов и других мероприятий, направленных на привлечение внимания потенциальных абитуриентов и их родителей.

Наконец, укрепление отношений с заинтересованными сторонами (стейкхолдерами) является неотъемлемым элементом успешной PR-стратегии и предполагает установление и поддержание партнёрских отношений с выпускниками, работодателями, местным



сообществом, органами государственной власти и другими организациями, заинтересованными в развитии образования. Взаимодействие со стейкхолдерами способствует формированию благоприятной среды для развития образовательного учреждения, привлечению дополнительных ресурсов и расширению возможностей для трудоустройства выпускников. Построение долгосрочных и взаимовыгодных отношений с заинтересованными сторонами является залогом устойчивого развития образовательного учреждения в условиях конкурентной среды [4].

В рамках реализации PR-стратегии образовательного учреждения, особое внимание необходимо уделять взаимодействию со средствами массовой информации (СМИ). Публикация пресс-релизов, содержащих верифицированную информацию о значимых событиях, научных достижениях, инновационных разработках и экспертных оценках, является эффективным инструментом трансляции ключевых сообщений целевой аудитории [6]. Организация пресс-конференций, посвящённых презентации новых образовательных программ, научно-исследовательских проектов, результатов эмпирических исследований, предоставляет возможность представителям СМИ получить исчерпывающие ответы на интересующие вопросы и сформировать объективное представление о деятельности образовательного учреждения. Предоставление экспертных мнений и аналитических комментариев для публикаций в специализированных и общественно-политических изданиях, а также написание авторских статей, освещающих достижения учебного заведения, способствует формированию положительной репутации и укреплению авторитета организации в академической среде и обществе [3].

Интернет-маркетинг выступает в качестве существенного компонента продвижения образовательного учреждения в условиях цифровой экономики. Разработка и поддержание информативного и интерактивного web-сайта, содержащего актуальную информацию о реализуемых образовательных программах, профессорско-преподавательском составе, аспектах студенческой жизни, условиях поступления и контактных данных, является необходимым условием для привлечения внимания потенциальных абитуриентов. Активное использование социальных медиа-платформ позволяет осуществлять эффективное взаимодействие с целевой аудиторией, публиковать новостные сообщения, анонсы мероприятий, фото- и видеоматериалы, проводить социологические опросы и конкурсы. SEO-оптимизация web-сайта и контента, ориентированная на поисковые системы, способствует повышению видимости образовательного учреждения в результатах поиска по релевантным ключевым запросам [2]. Контент-маркетинг, включающий создание и дистрибуцию специализированного и актуального контента (научные статьи, блоги, видеолекции, инфографика), способствует привлечению и удержанию целевой аудитории.

Организация и проведение мероприятий различного формата являются важной составляющей PR-стратегии образовательного учреждения. Дни открытых дверей предоставляют потенциальным абитуриентам и их законным представителям возможность ознакомиться с инфраструктурой учебного заведения, профессорско-преподавательским составом и образовательными программами. Научные конференции и семинары способствуют обмену опытом и знаниями между учеными, преподавателями и студентами. Спортивные и культурно-массовые мероприятия способствуют развитию творческих способностей и физической активности студентов, а также привлекают внимание к образовательному учреждению. Организация встреч с выпускниками позволяет поддерживать связь с бывшими студентами и вовлекать их в деятельность учебного заведения в качестве экспертов, менторов и потенциальных работодателей [1].

Внутренний PR играет существенную роль в формировании положительного имиджа образовательного учреждения. Систематическое информирование сотрудников и студентов о новостях, достижениях и стратегических планах учебного заведения способствует повышению уровня осведомленности и вовлеченности. Поддержка и развитие корпоративной культуры создает и поддерживает благоприятную атмосферу в коллективе, формирует чувство принадлежности и гордости за учебное заведение. Вовлечение сотрудников и студентов в PR-деятельность позволяет эффективно использовать их потенциал для участия в мероприятиях, создании контента и распространении информации об учебном заведении, усиливая эффект от проводимых PR-кампаний.

Таким образом, в условиях возрастающей конкуренции на рынке образовательных услуг, PR выступает ключевым инструментом для образовательных учреждений, стремящихся к устойчивому развитию и лидерству. Эффективная PR-деятельность в образовании направлена на формирование позитивного имиджа, управление репутацией, привлечение абитуриентов и укрепление отношений со стейкхолдерами. Взаимодействие со СМИ является важным элементом PR-стратегии, способствующим достижению поставленных целей и обеспечению конкурентоспособности образовательного учреждения.

#### **Список литературы:**

1. Алексушин Г. В., Котельников Г. П., Трибунский С. А., Панич Н. Б., Резников В. Е., Ипполитова А. Г., Богомоллов В. Г. Совет ректоров вузов и система высшего образования Самарской области // Совет ректоров вузов Самарской области. Официальное издание / Самара, 2023.
2. Дагаева Е. Имидж вуза и корпоративная идентичность // Высшее образование в России. - 2008. - № 11. - С. 89-93.
3. Звездочкин Ю. Ю. Имидж-система университета / Ю. Ю. Звездочкин, Б. Ю. Сербиновский. - Новочеркасск : ЮРГТУ (НПИ), 2009. - 266 с.
4. Васищева А. В. Имидж: определение центрального понятия имиджологии / А. В. Васищева, А. В. Ненашева // Социально-гуманитарные знания. - 2005. - № 4. - С. 311-317.
5. Шатохина С. И. Формирование медийного имиджа инновационного вуза : автореф. дис. ... канд. филол. наук : 10.01.10 - Воронеж, 2012. - 22 с.
6. Сербиновский Б. Ю. Маркетинговые коммуникации: теоретико-методологические аспекты изменения роли и строительства бренда университета в условиях становления экономики знаний // Кубанский государственный аграрный университет. - №61(07). – 2010

## **САМЫЕ ПОПУЛЯРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОДВИЖЕНИЯ БРЕНДОВ ОДЕЖДЫ**

КОРОТАЕВА П.С., АЛЕКСУШИН Г.В.

*Самарский государственный экономический университет*

**Аннотация.** В статье рассматриваются ключевые технологии и стратегии, активно используемые современными брендами одежды для продвижения на конкурентном рынке. Анализируются наиболее эффективные методы привлечения и удержания целевой аудитории. Статья изучает практическую информацию. Приводит примеры успешных кейсов, демонстрирующие, как бренды одежды эффективно используют современные технологии для укрепления своего положения на рынке и построения прочных связей с целевой аудиторией.

**Ключевые слова:** продвижение, бренды, мода, одежда, стиль

Внимание к прошлому и ностальгия вдохновляют бизнес и привлекают потребителей. Популярностью пользуются различные исторические периоды, вплоть до Российской империи [5]. Рынок креативного контента всё больше фокусируется на истории, эксплуатируя образы различных эпох, пересматривая отношение к прежним временам и героям.

Бренд «Два мяча» изготавливает кеды по советским технологиям: обувь производится даже на тех же самых заводах, что и 50 лет назад. Обувь, одежда и аксессуары в стиле ретро – это попытка сохранить и переосмыслить советскую культуру спорта [4].

У аудитории есть запрос на натуральность, естественность, органичность, подлинность – в материалах, формах, идеях и контенте. В мире, где нейросети могут создать любой контент, а промышленное производство – симитировать любой натуральный продукт, аутентичность предмета или смысла, результат живого человеческого труда приобретают особую ценность.

Название парфюмерного бренда Pure Sense переводится как «чистое ощущение». Ароматы создают незрячие люди – поэтому на упаковках парфюма и свеч нанесён шрифт Брайля. К каждому флакону прилагают подробное описание ассоциаций, которые рождает парфюм [3].

Платёжеспособная аудитория в глазах PR-специалистов брендов стремительно молодеет и расширяется. Положительное отношение к брендам одежды теперь выстраиваются с самого детства. Бизнес всё больше интересуется молодёжной аудиторией, поколениями Z и Альфа (родились в периоды 1997–2012 и после 2010 года соответственно) и даже детьми. Бренд детской одежды Orby запустил на своём сайте раздел с играми для детей, в которых ребёнок может зарабатывать бонусы и тратить их на покупки в интернет-магазине [6].

Бренды чаще отдают на аутсорс бизнес-задачи, не связанные с основным продуктом. Компании фокусируются на управлении ключевой ценностью, приносящей наибольшую прибыль, а такие процессы как маркетинг, дизайн, и даже продажи отдаются партнерам или контрагентам. Grasser – конструкторское бюро и школа швейного мастерства. Один из продуктов компании – выкройки: Grasser продаёт готовые лекала и делает их на заказ [1].

Аудитория сокращает потребление в пользу экономии и осознанности. Ресейл-платформа The Cultt занимается перепродажей сумок и аксессуаров люксового сегмента. Проект противостоит «быстрой моде» – концепции, при которой тенденции развития моды меняются ежедневно, а модная индустрия массово производит некачественную одежду и вредит окружающей среде.

Вокруг брендов создаются сообщества, объединяющие экспертов и ценителей продукта, обладающих глубоким знанием и потребительским опытом [7]. Потребители всё активнее влияют на развитие брендов, участвуя в их продвижении и совершенствуя продукты и услуги своими отзывами и предложениями. Творческое объединение и бренд одежды Omarko устраивает очные мероприятия для фанатов бренда «Охота». Участники в течение нескольких часов ищут стикеры по городу, которые затем могут обменять на лимитированные предметы одежды и другие призы [2].

Представители брендов часто создают образовательные продукты на основе своего опыта как отдельное бизнес-направление. Создание образовательных продуктов решает сразу несколько проблем предпринимателей: от поиска источников дополнительного дохода до формирования профессионального сообщества и привлечения потенциальных сотрудников [8].

Создательница марки Matü Татьяна Матюшина запустила курс для желающих открыть свой бренд одежды. На занятиях она рассказывает, как написать бизнес-план, находить поставщиков и продавать изделия. При поддержке красноярского ресторанного холдинга Bellini Group в СФУ открылся Институт гастрономии. Там учат кулинарному мастерству и ресторанному менеджменту, а на базе института открылся ресторан «Истории», в котором студенты отрабатывают навыки на практике.

Таким образом, продвижение бренда одежды необходимо для повышения его узнаваемости и роста продаж, что в свою очередь особенно важно в условиях динамичного рынка: когда популярные марки уходят, на их место претендуют бренды, которые неизвестны покупателям.

### **Список литературы:**

7. Аакер Д., Йохимштайлер Э. Бренд-лидерство. Новая концепция брендинга. - М.: Издательский дом Гребенникова, 2003. - 380 с.
8. Алексушин Г. В. Теоретические аспекты атрибуции // Формирование творческого мышления и профессиональных компетенций обучающихся в условиях многоуровневой системы художественного образования России: материалы и тезисы докладов V международной научно-практической конференции преподавателей, методистов образовательных учреждений, ученых, специалистов музеев в рамках XII всероссийского (международного) художественного фестиваля молодых дарований "Жигулевская палитра-2007". Самара, 2007. С. 65-68.
9. Галичкин Н.С. Идентичность бренда - основополагающая успешности продукта // Новый университет. Серия «Экономика и право». - 2014. - №4 (38). - С. 87-89.
10. Андреев А.В. Позиционирование: новый взгляд // Российский внешнеэкономический вестник. - 2006. - №1. - С. 30-35.
11. Арефьев М.С., Галичкин Н.С., Калачев И.А. Роль рекламы и РК. в позиционировании бренда // Новый университет. Серия «Экономика и Право». - 2013. - №11. - С. 65-67.
12. Ржанова С.А. Телевизионная реклама как элемент повседневной культуры // Потенциал современной науки. - 2015. - №1.
13. Ализаде Р.Т. Психология наружной рекламы // Educatio. - 2015. - №5(12)-2. - С. 170-172.
14. Каптюхин Р. В. Перспективы и проблемы наружной рекламы // Молодой ученый. - 2014. - №2. - С. 442-444.

## **ОСОБЕННОСТИ РЕКЛАМЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА МУНИЦИПАЛЬНОМ ОБЩЕСТВЕННОМ ТРАНСПОРТЕ**

МУРЗАКОВА Е.М., АЛЕКСУШИН Г.В.

*Самарский государственный экономический университет*

**Аннотация.** В статье представлено понятие транзитной рекламы, её ведущие типы и раскрыта сущность. В ходе анализа законодательства выявлены правила размещения рекламы в(на) транспорте. В ходе разработки транзитной рекламы стоит обращать внимание на особенности целевой аудитории, форматы размещения, нормативные требования, этические аспекты и многое другое. Предложены рекомендации по разработке, рассмотрены креативные решения по рекламе в муниципальном транспорте.

**Ключевые слова:** *реклама, муниципальный транспорт, особенности рекламы, пропаганда рекламных плакатов, реклама на крыше транспорта.*

Актуальная проблема – установление рекламы в общественных местах, особенно в муниципальном средстве передвижения. Ведь эта реклама оказывает огромное воздействие

в первую очередь на восприятие людей, а также на эффективное развитие рекламного продукта.

Отметим, что изначально цель любой рекламы – привлечение внимания потенциального покупателя к товару конкретной организации. Эффективная реклама, которая отличается оригинальностью, имеет сильное эмоциональное воздействие и направлена напрямую на целевую аудиторию, выделяя данный продукт среди многочисленного количества похожих товаров [2].

Так, согласно статье 3 Федерального закона от 13.03.2006 N 38-ФЗ (ред. От 26.12.2024) «О рекламе» реклама – информация, которая направлена на окружающих с целью привлечения внимания к объекту продвижения, формирования, а также поддержания интереса к товару [6].

Реклама на транспорте специфична, так как она не может быть направлена исключительно на конкретный слой населения, ведь используют общественное средство передвижения люди различных возрастов, народностей, профессий и так далее. Из-за этого реклама разнообразна, тем не менее, она должна соответствовать правилам из статьи 20 Федерального закона от 13.03.2006 N 38-ФЗ (ред. От 26.12.2024) «О рекламе» [5]:

- реклама не должна нарушать авторские права;
- запрещается использовать агрессивную и шумную рекламу;
- размещение рекламы осуществляется только на основе заключённого договора между рекламодателем и собственником муниципального транспорта;
- нельзя загромождать фары, номера, информационные символы и многое другое;
- рекламные материалы на стеклах транспортных средств не должны занимать больше 50% от площади остекления, так как они не должны создавать угрозу безопасности движения.

Реклама на транспорте делится на внутреннюю и внешнюю. Данные представлены в Таблица 1 [9]:

Таблица 1 – Внутренняя и внешняя рекламы на транспорте\*

Внутренняя	Внешняя
Рекламные плакаты (распространённый способ рекламы в России в муниципальном общественном транспорте. Благодаря им пассажиры внимательно знакомятся с рекламой, однако нельзя использовать мелкий шрифт в таких сообщениях).	Полная оклейка автобуса (покрытие всего кузова транспортного средства рекламной пленкой. Это самый дорогой и эффективный вид рекламы, обеспечивающий максимальный охват и запоминаемость).
Реклама на билетах (эффективный способ информирования пассажиров, согласно исследованиям холдинга «Ромир» 40% пользователей общественного транспорта оставляют билеты, в результате время, которое пользователь видит рекламу, возрастает).	Реклама на бортах транспорта (размещение плакатов на боковых сторонах общественного транспорта. Это наиболее распространённый и доступный вид внешней рекламы).
Реклама на крыше (этот вид рекламы предполагает использование рекламы внутри салона муниципального транспорта).	Реклама на крыше (этот вид рекламы хорошо виден издалека, особенно в районах с высокой застройкой).

\*Создана автором

Принимая во внимание особенности транспортного средства, в разработке рекламы для муниципального общественного транспорта учитываются следующие особенности:

Во-первых, на общественном транспорте передвигается большинство социума от детей до людей пенсионного возраста. Так, реклама должна быть универсальной и понятной для всех. Рекламодатели должны избегать узкоспециализированных терминов [1].

Во-вторых, должна быть локальная привязанность рекламного контента. Благодаря тому, что пассажиры общественного транспорта, которые проживают либо же работают в пределах города/района, где проходит маршрут данного муниципального авто, имеют возможность ознакомиться с рекламой, которая напрямую связана с их местом нахождения. Тем самым рекламодатели могут разместить свою афишу и нацелить её на локальные события, услуги либо предложения [7].

В-третьих, должно учитываться ограниченное время проведения в муниципальном общественном транспорте. Так, для привлечения внимания пассажира средства передвижения, реклама должна быть особенной для взора, краткой, читаемой и легко запоминаемой [8].

В-четвёртых, рекламодатель должен учитывать цель и специфику маршрутов муниципального транспорта.

Разработаны рекомендации для создания рекламы в общественном транспорте, которые представлены на Рисунок 1:

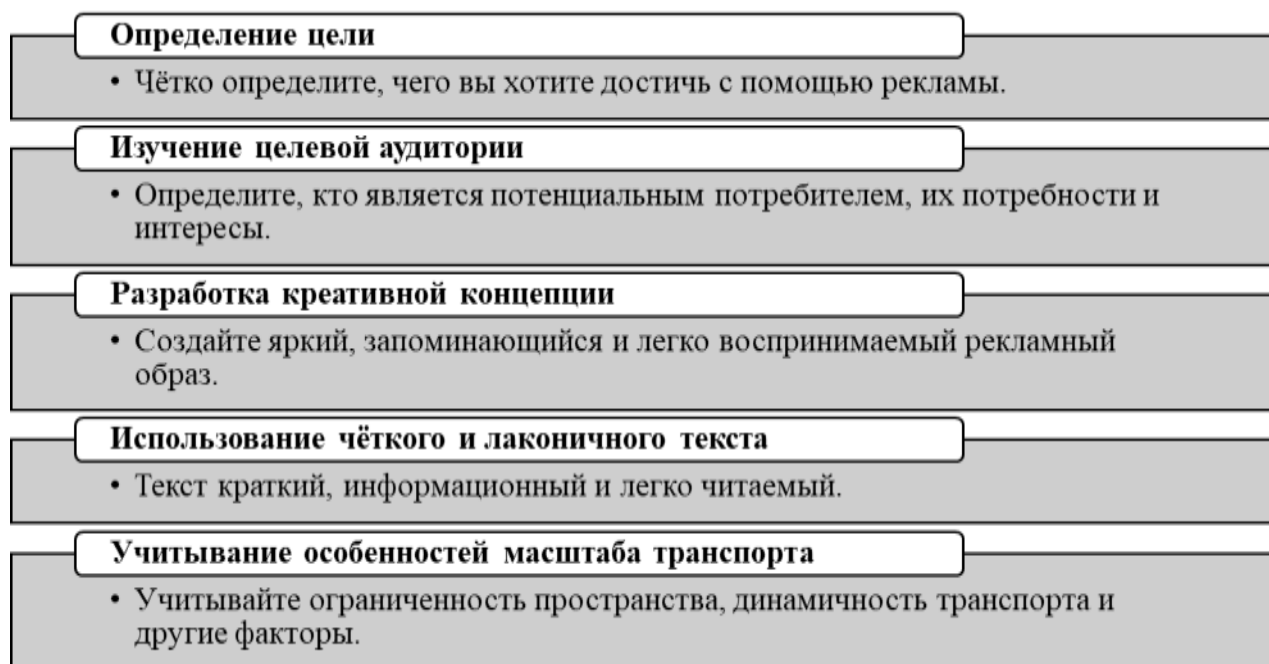


Рисунок 1\* - Рекомендации по разработке рекламы в муниципальном транспорте

\*Создан автором

Нейробиологическое исследование Transit Factor, использовавшее более 4 миллиардов элементов данных, показало, что большой движущийся объект раньше вызывают интерес человека и стимулирует фиксирование рекламы в памяти, которое увеличивает её эффективность. Подобным образом, транзитная реклама на 20% эффективнее статичных форматов наружной рекламы [4].

Реклама в(на) муниципальном общественном транспорте эффективна и оказывает значительное влияние на восприятие людей, видящих данные рекламные интеграции. Так, в свою очередь необходимо проанализировать наиболее креативные решения в рекламе общественного транспорта [3]:

компании могут модифицировать внешний вид общественного транспорта в облик своего продукта. Так, Сингапурский университет технологии и дизайна активно занимается 3D-рекламой автобусов;

взаимодействие с пассажирами. Реклама может не только висеть, но и служить им опорой в транспорте. К примеру, в Токио в поездах вместо обычных поручней были галстуки, которые сулили пассажирам больше денег (реклама кредиторской компании);

#### **Появление положительных эмоций у пассажиров с помощью шуток.**

Обратим внимание на преимущества и недостатки размещения рекламы в общественном транспорте, которые представлены в Таблица 2:

Таблица 2 - Преимущества и недостатки транзитной рекламы\*

Преимущества	Недостатки
Охватывает массовую аудиторию.	Не имеет статуса престижного канала.
Мобильна в использовании, то есть реклама обладает географической гибкостью.	В данной рекламе нет избирательности, так, для некоторых организаций реклама в общественном транспорте не эффективна.
Характерен эффект повторяемости.	Большие сроки проведения рекламной кампании.
Стоимость ниже, чем у любого другого рекламного средства.	

\*Создана автором

Несмотря на то, что реклама в(на) муниципальном общественном транспорте может быть выгоднее, обширнее и в некоторых случаях дешевле, чем другие виды размещения рекламы, но такая реклама не избирательна и, соответственно, не может быть эффективной для всех организаций. Рекламодателям очень важно принимать данный фактор прежде, чем размещать рекламу в данном средстве передвижения.

Таким образом, реклама – неотъемлемая часть жизни развивающегося общества и именно правильный выбор её реализации является главным инструментом в продвижении товара и услуг. Реклама в(на) муниципальном общественном транспорте это один из действенных методов для привлечения внимания пассажиров. Однако, при разработке эффективного размещения рекламы в общественном транспорте стоит обращать внимание на особенности целевой аудитории, форматы размещения, нормативные требования и этические аспекты.

#### **Список литературы:**

1. Belch, G. E., & Belch, M. A. (2018). Advertising and Promotion: An Integrated Marketing Communications Perspective URL: [https://www.researchgate.net/publication/46966230\\_Advertising\\_and\\_Promotion\\_An\\_Integrated\\_Marketing\\_Communication\\_Perspective](https://www.researchgate.net/publication/46966230_Advertising_and_Promotion_An_Integrated_Marketing_Communication_Perspective) (дата обращения 10.03.2025).

2. Алексушин Г.В., Алексеева А.А. Использование рекламы в коммерческой деятельности предприятий торговли // Молодой исследователь: вызовы и перспективы: сборник статей по материалам CXVIII международной научно-практической конференции, Москва, 20 мая 2019 года / Изд. «Интернаука». Том 18 (118). – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Интернаука", 2019. – С. 231-234.

3. Дзен: электронная статья «Трансмедиа» - URL: <https://dzen.ru/a/Z4uMOKaydhJbgBdd> (дата обращения 10.03.2025).
4. Доклад Trans Media Group - URL: [https://tmg-russia.ru/static/files/TMG\\_Presentation2020.pdf](https://tmg-russia.ru/static/files/TMG_Presentation2020.pdf) (дата обращения 10.03.2025).
5. Закон «О рекламе»: Федеральный закон от 13.03.2006 N 38-ФЗ (ред. от 26.12.2024) "О рекламе" статья 20 – Текст: непосредственный.
6. Закон «О рекламе»: Федеральный закон РФ от 13.03.2006 N 38-ФЗ (ред. от 26.12.2024) "О рекламе" статья 3 – Текст: непосредственный.
7. Котлер Ф., Асплунд К., Рейн И., Хайдер Д., «Маркетинг мест» (СПб, 2005) - URL: <https://djvu.online/file/hlXYu7Golmp4e> (дата обращения 10.03.2025).
8. Кузьмина О. Г. Дизайн рекламы // Вестник научных конференций. – 2019. – № 4-3(44). – С. 67-69.
9. Цыбенова Л. Г. Метод размещения транспортной рекламы / Л. Г. Цыбенова, Ж. Б. Цыбенов // Культурная жизнь Юга России. – 2017. – № 4(67). – С. 127-130.



ННБ XIII, Санкт-Петербург, 15 – 17 мая 2025

Сборник материалов  
XIII Научно-практической конференции с международным участием  
«НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО»  
для студентов, аспирантов и молодых ученых  
состоявшейся 15-17 мая 2025 г.  
в г.Санкт-Петербурге  
Том II