

# МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

ISSN 2072-0297

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



25 2025  
ЧАСТЬ I

16+

# Молодой ученый

## Международный научный журнал

### № 25 (576) / 2025

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

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

*Редакционная коллегия:*

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

*Международный редакционный совет:*

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



---

---

На обложке изображен Уильям Лабов (1927–2024), американский лингвист.

Уильям Лабов родился в Резерфорде, штат Нью-Джерси (США). Он окончил Гарвардский университет, а позднее получил докторскую степень по лингвистике в Колумбийском университете.

Работы Лабова заложили основы социалингвистики, которая исследует, как использование языка меняется в зависимости от социальных факторов, таких как класс, этническая принадлежность и пол. Его главная работа «Социальное расслоение английского языка в Нью-Йорке», опубликованная в 1966 году, считается краеугольным камнем социалингвистических изысканий.

Лабов исследовал социальную стратификацию языка в Нью-Йорке и первым занялся исследованием языка афроамериканцев — Black English, показав, что он имеет ряд собственных грамматических черт. Важным вкладом Лабова в лингвистику стало изучение не только отдельных предложений, но и целых текстов — нарративов афроамериканцев о своей жизни — и открытие ряда принципов теории дискурса. Он также занимался изучением афроамериканского диалекта.

Лабов исследовал также сдвиги гласных в разговорном американском английском, выделив два таких процесса — на юге США и в северных городах.

Теории и методы Лабова имеют большое значение для изучения языка в сфере СМИ и коммуникации. В медиадискурсе язык является мощным инструментом для создания смысла и формирования восприятия. Наблюдения Лабова за языковыми вариациями и структурой повест-

ования дают ценную информацию о том, как язык используется в медиатекстах. Таким образом, язык отражает и укрепляет социальные нормы и идеологии.

Исследования Лабова также оказали значительное влияние на языковую политику и образование. Подчеркивая социальные аспекты языковых вариаций, Лабов бросил вызов традиционным представлениям о языке как о чем-то статичном и единообразном. Его поддержка языкового разнообразия способствовала продвижению инклюзивной языковой политики.

Труды Уильяма Лабова подвергались критике и вызывали споры в области лингвистики. Некоторые ученые ставили под сомнение применимость его выводов, утверждая, что языковые вариации могут быть более сложными и многогранными, чем предполагают его исследования. Другие выражали обеспокоенность по поводу этических последствий социалингвистических исследований, особенно в отношении вопросов конфиденциальности и согласия.

Несмотря на эту критику, вклад Лабова в социалингвистику остается неоценимым. Его новаторская работа вдохновила поколения ученых на изучение динамических отношений между языком и обществом. В мире, который становится все более взаимосвязанным, общение выходит за пределы географических и культурных границ, поэтому идеи Лабова о языковых вариациях и социальном контексте остаются актуальными и полезными.

*Информацию собрала ответственный редактор  
Екатерина Осянина*

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

- Сорокина В. Н.**  
О свойствах радикалов и корадикалов  
конечных групп ..... 1

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Загrevских А. В., Катаева Ю. С.**  
Оптимизация технологических процессов  
в современных складских комплексах..... 4
- Исламов Р. Р.**  
Разработка программного модуля для  
мониторинга и анализа серверных логов Nginx.... 7
- Митренко М. П.**  
К вопросу о создании многофункциональной  
образовательной экосистемы  
с использованием искусственного интеллекта ... 10
- Молдабай Е. Т., Самойлова И. А.**  
Разработка приключенческой 2D-игры на Unity ... 13
- Першин И. А.**  
Исправление механизма по формированию  
графика платежей для договора в системе  
1С: Университет ПРОФ..... 15
- Селезнев М. В.**  
DevOps и облачные решения  
для телемедицины: разработка,  
масштабирование и отказоустойчивость ..... 18
- Тарасенко В. Н.**  
Анализ методов мониторинга состояния  
растений с использованием мобильных  
технологий в сельском хозяйстве ..... 20
- Яблокова Е. Э.**  
Анализ данных движения с помощью пакета  
pathviewr на R ..... 22
- Яблокова Е. Э.**  
Исследуем мир дикой природы с пакетом  
Spatially Explicit Capture-Recapture на R ..... 24

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Ал Дакик Бахаа, Аль-Идриси Мохаммед Салех**  
Геотермальная энергия: потенциал,  
проблемы и перспективы развития..... 27

- Кондратьев О. С.**  
Функциональная схема устройства  
для проверки кабелей ..... 36
- Ostanayev N. E., Rakhmatov N. A.**  
Theoretical and analytical approaches  
to assessing the service life of rolling stock ..... 38
- Пономарёва Е. А., Калюжнов Е. Я.,  
Медведев Д. А.**  
Оптимизация выпуска задания  
заводу-изготовителю на низковольтные  
комплектные устройства ..... 40
- Радван А.**  
Применение роя бионических роботов  
для инспекции и классификации дефектов  
с использованием байесовского подхода ..... 43
- Rakhmatov N. A., Ostanayev N. E.**  
Production and application of aluminum alloys  
in the field of transport..... 49
- Солдатов А. Ю., Лебедев С. М.**  
Наноимпринтная литография как дешевая  
альтернатива для массового производства  
наноустройств ..... 52
- Яубасаров Ф. Г.**  
Функциональное моделирование процесса  
«Выполнить калибровку средств измерений  
в лаборатории»..... 54

### АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

- Афанасьева Д. И.**  
Методология реализации девелоперских  
проектов в малых городах России ..... 57
- Скотников В. Ю.**  
Особенности проектирования  
и классификация каркасных зданий ..... 60

### ЭКОЛОГИЯ

- Иванов А. Н.**  
Сравнительный анализ эффективности  
биологических прудов на примере очистных  
сооружений городов Курска и Томска..... 63



# МАТЕМАТИКА

## О свойствах радикалов и корадикалов конечных групп

Сорокина Валерия Николаевна, аспирант

Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского

*В работе изучаются свойства подгрупп конечных групп, определяемые посредством множества  $\omega$ , где  $\omega$  — непустое множество простых чисел. Установлены свойства  $F^\omega$ -радикала и  $F^\omega$ -корадикала группы.*

**Ключевые слова:** группа, конечная группа, класс групп, формация, класс Фиттинга, радикал группы, корадикал группы.

Рассматриваются только конечные группы. Теория классов конечных групп занимает одно из центральных мест в современной алгебре. В настоящее время в рамках данной теории важную роль стали играть подгруппы групп, определяемые с помощью рассматриваемых классов. К таким подгруппам относят  $\mathfrak{F}$ -радикалы и  $\mathfrak{F}$ -корадикалы групп. Пусть  $\mathfrak{F}$  — непустой класс групп. Напомним, что  $\mathfrak{F}$ -радикалом ( $\mathfrak{F}$ -корадикалом) группы  $G$  называется произведение (пересечение) всех нормальных подгрупп группы  $G$ , принадлежащих классу групп  $\mathfrak{F}$  (фактор-группы по которым принадлежат классу групп  $\mathfrak{F}$ ). Ключевые свойства  $\mathfrak{F}$ -радикала ( $\mathfrak{F}$ -корадикала) представлены в монографиях [1, 3, 7, 8].

В теории классов групп центральное место занимают локальные формации и классы Фиттинга, естественным обобщением которых являются  $\omega$ -локальные формации и  $\omega$ -локальные классы Фиттинга соответственно [5], где  $\omega$  — непустое множество простых чисел. При исследовании  $\omega$ -локальных формаций были введены в рассмотрение подгруппы в группах, определяемые с учётом множества  $\omega$ :  $\mathfrak{F}^\omega$ -проекторы,  $\mathfrak{F}^\omega$ -нормализаторы и др. [2].

Следуя подходу [2], в настоящей работе введены в рассмотрение понятия  $\mathfrak{F}^\omega$ -радикала и  $\mathfrak{F}^\omega$ -корадикала конечных групп. Установлено, что данные подгруппы групп являются характеристическими.

Обозначения и определения, используемые в статье, являются стандартными (см., например, [4]). Приведем лишь некоторые из них.

Через  $\mathbb{P}$  обозначается множество всех простых чисел,  $\omega$  — непустое подмножество множества  $\mathbb{P}$ . Через  $|G|$  обозначается порядок конечной группы  $G$ , т. е. количество элементов группы  $G$ ,  $\pi(G)$  — совокупность всех

простых делителей порядка группы  $G$ . Группа  $G$  называется  $\omega$ -группой, если  $\pi(G) \subseteq \omega$ . Подгруппа  $H$  группы  $G$  называется  $\omega$ -подгруппой группы  $G$ , если  $H$  является  $\omega$ -группой [7, с. 248].

Запись  $H \triangleleft G$  ( $H \text{ char } G$ ) означает, что  $H$  — нормальная (характеристическая) подгруппа группы  $G$ ;  $\text{Aut } G$  — группа всех автоморфизмов группы  $G$  [4, с. 5].

Классом групп называется всякая совокупность групп, которая с каждой своей группой содержит и все группы, ей изоморфные [4, с. 161].

**Определение 1.** Класс групп  $\mathfrak{F}$  назовём  $\omega$ -классом Фиттинга, если выполняются два условия:

- 1) из того, что  $G \in \mathfrak{F}$  и  $N$  — нормальная  $\omega$ -подгруппа группы  $G$ , следует, что  $N \in \mathfrak{F}$ ;
- 2) из того, что  $G = N_1 N_2$  и  $N_1, N_2$  — нормальные  $\omega$ -подгруппы группы  $G$ , следует, что  $G \in \mathfrak{F}$ .

**Определение 2.** Пусть  $\mathfrak{F}$  — непустой класс групп,  $G$  — группа.  $\mathfrak{F}^\omega$ -радикалом группы  $G$  назовём произведение всех нормальных  $\omega$ -подгрупп группы  $G$ , принадлежащих классу групп  $\mathfrak{F}$ , и обозначим  $G_{\mathfrak{F}^\omega}$ .

**Замечание 1.** Из определения 2 следует, что  $\mathfrak{F}^\omega$ -радикал группы  $G$  является нормальной  $\omega$ -подгруппой группы  $G$ . В общем случае подгруппа  $G_{\mathfrak{F}^\omega}$  не обязана принадлежать классу групп  $\mathfrak{F}$ .

**Замечание 2.** Пусть  $\mathfrak{F}$  —  $\omega$ -класс Фиттинга,  $G$  — группа. Тогда  $G_{\mathfrak{F}^\omega}$  — наибольшая нормальная  $\omega$ -подгруппа группы  $G$ , принадлежащая  $\mathfrak{F}$ .

**Замечание 3.** В любой группе  $G$   $\mathfrak{F}^\omega$ -радикал содержится в её  $\mathfrak{F}$ -радикале для любого множества  $\omega$ . В случае, когда  $\omega = \mathbb{P}$ , понятия  $\mathfrak{F}$ -радикала и  $\mathfrak{F}^\omega$ -радикала группы  $G$  совпадают.

**Определение 3.** Класс групп  $\mathfrak{F}$  называется  $\omega$ -формацией, если выполняются два условия:

1) если из того, что  $G \in \mathfrak{F}$  и  $N$  — нормальная  $\omega$ -подгруппа группы  $G$ , следует, что  $G/N \in \mathfrak{F}$ ;

2) если из того, что  $G/N_1, G/N_2 \in \mathfrak{F}$  и  $N_1, N_2$  — нормальные  $\omega$ -подгруппы группы  $G$ , следует, что  $G/(N_1 \cap N_2) \in \mathfrak{F}$  [6, с. 168].

**Определение 4.** Пусть  $\mathfrak{F}$  — непустой класс групп,  $G$  — группа.  $\mathfrak{F}^\omega$ -корадикалом группы  $G$  называется пересечение всех нормальных  $\omega$ -подгрупп группы  $G$ , фактор-группы по которым принадлежат классу групп  $\mathfrak{F}$ , и обозначается  $G^{\mathfrak{F}^\omega}$  [6, с. 168].

**Замечание 4.** Из определения 4 следует, что  $\mathfrak{F}^\omega$ -корадикал группы  $G$  является нормальной  $\omega$ -подгруппой группы  $G$ . В общем случае фактор-группа  $G/G^{\mathfrak{F}^\omega}$  не обязана принадлежать классу групп  $\mathfrak{F}$ .

**Замечание 5.** Пусть  $\mathfrak{F}$  — непустая  $\omega$ -формация,  $G$  — группа. Тогда  $\mathfrak{F}^\omega$ -корадикал группы  $G$  является наименьшей нормальной  $\omega$ -подгруппой группы  $G$ , фактор-группа по которой принадлежит  $\mathfrak{F}$ .

**Замечание 6.** В любой группе  $G$   $\mathfrak{F}$ -корадикал содержится в её  $\mathfrak{F}^\omega$ -корадикале для любого множества  $\omega$ . В случае, когда  $\omega = \mathbb{P}$ , понятия  $\mathfrak{F}$ -корадикала и  $\mathfrak{F}^\omega$ -корадикала группы  $G$  совпадают.

**Теорема 1.** Пусть  $\mathfrak{F}$  — непустой  $\omega$ -класс Фиттинга. Тогда в любой конечной группе её  $\mathfrak{F}^\omega$ -радикал является характеристической подгруппой.

**Доказательство.** Пусть  $G$  — группа. Покажем, что  $G_{\mathfrak{F}^\omega} \text{ char } G$ . Согласно определению 2, имеет место равенство  $G_{\mathfrak{F}^\omega} = \prod_{N \in M} N$ , где  $M$  — совокупность всех нормальных  $\omega$ -подгрупп группы  $G$ , принадлежащих классу групп  $\mathfrak{F}$ . Пусть  $\alpha \in \text{Aut } G$ . Покажем, что  $(G_{\mathfrak{F}^\omega})^\alpha = G_{\mathfrak{F}^\omega}$ .

Так как  $\alpha$  — гомоморфное отображение группы  $G$  на себя, то  $(G_{\mathfrak{F}^\omega})^\alpha = (\prod_{N \in M} N)^\alpha = \prod_{N \in M} N^\alpha$  (1). По лемме 2.6 (3) [4, с. 61] справедлив следующий изоморфизм:  $N^\alpha \cong N$ . Следовательно,  $N^\alpha$  — нормальная  $\omega$ -подгруппа группы  $G$ , принадлежащая классу групп  $\mathfrak{F}$ . Таким образом,  $\{N^\alpha | N \in M\} = M$  и поэтому  $\prod_{N \in M} N^\alpha = \prod_{N \in M} N$  (2).

Из определения 2 следует, что  $\prod_{N \in M} N^\alpha = G_{\mathfrak{F}^\omega}$  (3). Тогда из (1) — (3) получаем равенство  $(G_{\mathfrak{F}^\omega})^\alpha = G_{\mathfrak{F}^\omega}$  для любого  $\alpha \in \text{Aut } G$ . Тем самым доказано, что  $G_{\mathfrak{F}^\omega} \text{ char } G$ .

Теорема доказана.

**Теорема 2.** Пусть  $\mathfrak{F}$  — непустая  $\omega$ -формация. Тогда в любой конечной группе её  $\mathfrak{F}^\omega$ -корадикал является характеристической подгруппой.

**Доказательство.** Пусть  $G$  — группа. Покажем, что  $G^{\mathfrak{F}^\omega} \text{ char } G$ . Согласно определению 4, имеет место равенство  $G^{\mathfrak{F}^\omega} = \bigcap_{N \in L} N$ , где  $L$  — совокупность всех нормальных  $\omega$ -подгрупп группы  $G$ , фактор-группы по которым принадлежат классу групп  $\mathfrak{F}$ . Пусть  $\alpha \in \text{Aut } G$ . Покажем, что  $(G^{\mathfrak{F}^\omega})^\alpha = G^{\mathfrak{F}^\omega}$ .

Согласно определению 4, имеет место равенство:  $(G^{\mathfrak{F}^\omega})^\alpha = (\bigcap_{N \in L} N)^\alpha$  (1). Так как  $G$  — конечное множество, то  $L$  также является конечным множеством. Пусть  $L = \{N_1, N_2, \dots, N_t\}$ ,  $i \in \{1, \dots, t\}$ . Покажем, что  $(\bigcap_{N \in L} N)^\alpha = \bigcap_{N \in L} N^\alpha$  (2). Пусть  $(\bigcap_{N \in L} N)^\alpha = X$ ,  $\bigcap_{N \in L} N^\alpha = Y$ . Тогда  $X = (N_1 \cap N_2 \cap \dots \cap N_t)^\alpha$ ,  $Y = N_1^\alpha \cap N_2^\alpha \cap \dots \cap N_t^\alpha$ . Так как  $N_1 \cap N_2 \cap \dots \cap N_t \subseteq N_i$ , то  $X \subseteq N_i^\alpha$ . Следовательно,  $X \subseteq Y$  (а).

Покажем, что  $Y \subseteq X$ . Пусть  $y \in Y$ . Следовательно,  $y \in N_i^\alpha$ . Так как  $y \in N_1^\alpha$  и  $N_1^\alpha = \{x_1^\alpha | x_1 \in N_1\}$ , то  $y = x_1^\alpha$ , где  $x_1 \in N_1 \subseteq G$ , то есть  $x_1 \in G$ . Таким образом,  $y = x_1^\alpha$ , где  $x_1 \in G$ . Аналогично,  $y \in N_2^\alpha$ , следовательно  $y = x_2^\alpha$ , где  $x_2 \in G$ . Тогда  $x_1^\alpha = x_2^\alpha$ , следовательно  $(x_1^\alpha)^{\alpha^{-1}} = (x_2^\alpha)^{\alpha^{-1}}$ . Из этого равенства можно сделать вывод, что  $x_1 = x_2$ . Таким образом,  $y = x^\alpha$ , где  $x \in N_1 \cap N_2 \cap \dots \cap N_t$ . Это означает, что  $y = x^\alpha \in (N_1 \cap N_2 \cap \dots \cap N_t)^\alpha = X$ , то есть  $y \in X$ . Тем самым установлено, что  $Y \subseteq X$  (б). Из (а) и (б) имеет место равенство  $X = Y$ . Следовательно,  $N^\alpha$  — нормальная  $\omega$ -подгруппа группы  $G$ .

Покажем, что  $G/N_i^\alpha \in \mathfrak{F}$ . Действительно, поскольку  $N_i \triangleleft G$  и  $\alpha \in \text{Aut } G$ , то по лемме 2.6 (5) [4, с. 61]  $N_i^\alpha \triangleleft G^\alpha$  и  $G/N_i \cong G^\alpha/N_i^\alpha$ . Так как  $G^\alpha = G$ , то  $G/N_i \cong G/N_i^\alpha$ . Поскольку  $G/N_i \in \mathfrak{F}$  и  $\mathfrak{F}$  — класс групп, то  $G/N_i^\alpha \in \mathfrak{F}$ . Таким образом,  $N_i^\alpha$  — нормальная  $\omega$ -подгруппа группы  $G$ , фактор-группы по которым принадлежат классу групп  $\mathfrak{F}$  для любого  $i \in \{1, \dots, t\}$ . Исходя из этого,  $\{N_1^\alpha, N_2^\alpha, \dots, N_t^\alpha\} = L$ . Следовательно,  $\bigcap_{N \in L} N^\alpha = \bigcap_{N \in L} N$  (3). Далее, по определению 4 имеет место:  $\bigcap_{N \in L} N^\alpha = G^{\mathfrak{F}^\omega}$  (4). Из (1) — (4) следует равенство  $(G^{\mathfrak{F}^\omega})^\alpha = G^{\mathfrak{F}^\omega}$ . Тем самым доказано, что  $G^{\mathfrak{F}^\omega} \text{ char } G$ .

Теорема доказана.

#### Литература:

1. Ведерников, В. А. Элементы теории классов групп / В. А. Ведерников. — Смоленск: СГПИ, 1988. — 96 с.
2. Ведерников, В. А. нормализаторы конечных групп / В. А. Ведерников, М. М. Сорокина // Сибирский математический журнал. — 2017. — Т. 58. № 1. — С. 64–82.
3. Воробьёв, Н. Н. Алгебра классов конечных групп / Н. Н. Воробьёв. — Витебск: ВГУ им. П. М. Машерова, 2012. — 322 с.
4. Монахов, В. С. Введение в теорию конечных групп и их классов / В. С. Монахов. — Минск: Вышэйшая школа, 2006. — 322 с.
5. Скиба, А. Н. Кратно -локальные формации и классы Фиттинга конечных групп / А. Н. Скиба, Л. А. Шеметков // Математические труды. — 1999. — Т. 2, № 2. — С. 114–147.



6. Сорокина, В. Н. Произведения формаций конечных групп / В. Н. Сорокина, М. М. Сорокина // Международная научно-практическая конференция «Теоретические и прикладные аспекты естественно-научного образования в эпоху цифровизации». — Брянск: БГУ, 2024. — С. 167–171.
7. Шеметков, Л. А. Формации конечных групп / Л. А. Шеметков. — М.: Наука, 1978. — 272 с.
8. Doerk, K. Finite soluble groups / K. Doerk, T. Hawkes. — Berlin — New York: Walter de Gruyter, 1992. — 901 p.

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## Оптимизация технологических процессов в современных складских комплексах

Загrevских Анастасия Владимировна, студент;

Катаева Юлия Сергеевна, студент

Научный руководитель: Чистова Наталья Геральдовна, доктор технических наук, профессор

Красноярский институт железнодорожного транспорта — филиал Иркутского государственного университета путей сообщения

*Статья посвящена методам оптимизации технологических процессов в современных складских комплексах. Рассматриваются ключевые аспекты повышения эффективности складирования: автоматизация учета, рациональная планировка зон хранения, внедрение цифровых систем управления. Особое внимание уделено применению алгоритмов анализа данных для оптимизации маршрутов погрузочно-разгрузочных работ и методов прогнозирования товаропотоков. Приводятся примеры успешной реализации решений, демонстрирующие снижение операционных затрат на 15–20 %. Материал может быть полезен руководителям логистических служб и специалистам по организации складского хозяйства.*

**Ключевые слова:** эффективность, товаропоток, технологические процессы, логистика, оптимизация.

В условиях цифровой трансформации логистических систем проблема оптимизации складских операций приобретает особую актуальность. Современный подход к совершенствованию складских процессов базируется на принципах системности, предполагающих комплексное применение взаимосвязанных методов оптимизации [5]. Данное исследование направлено на выявление механизмов синергетического взаимодействия различных инструментов повышения эффективности складских операций.

Кадровый потенциал компании играет ключевую роль. Уровень квалификации и степень мотивации сотрудников напрямую влияют на качество предоставляемых услуг. Грамотное руководство щедро вознаграждает работников за их достижения, что значительно стимулирует их стремление к успеху. Инвестиции в обучение персонала обогащают как работников, так и компанию, поднимая её конкурентоспособность на рынке.

К критически важным аспектам относится также корпоративная культура и внутренняя атмосфера в коллективе. Позитивная культура, основанная на доверии и взаимопомощи, укрепляет лояльность сотрудников и снижает текучесть кадров. Разработка программ поощрения и поддержки инициатив работников создаёт гармоничную рабочую среду. Современное оборудование и транспортные средства оптимизируют логистику, уменьшая затраты и повышая уровень сервиса.

Таким образом, внутренние факторы компании могут адекватно реагировать на вызовы внешнего мира и эф-

фективно использовать свои ресурсы в условиях жесткой конкуренции.

С целью оптимизации технологических процессов на современных складских комплексах в работе (на примере предприятия К) выполнен корреляционный анализ предложенных мероприятий с дальнейшей их оценкой, которые, на наш взгляд, более эффективны для предприятия в данный момент времени на данном этапе развития экономики [5].

Для анализа выбраны некоторые мероприятия для повышения эффективности технологических процессов на складских комплексах:

- обучение и тренинги;
- повышение квалификации;
- оптимизация логистических процессов;
- использование систем GPS;
- мотивационная среда;
- повышение качества обслуживания клиентов;
- проведение анализа действующих маршрутов;
- использование программ для управления логистикой;
- современная система управления;
- внедрение новых технологий.

В таблице 1 выполнено ранжирование мероприятий. По вертикали приведены эксперты, оценивающие эффективность данных мероприятий. По горизонтали приведены мероприятия, выбранные нами с целью анализа их эффективности [3].

Коэффициент конкордации вычисляется следующим образом.

Таблица 1. Таблица планирования мероприятий

№	Номер мероприятия и присвоенный ему ранг									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	9	9	1	10	4	10	8	8	7	6
2	8	10	2	10	3	10	8	7	10	8
3	7	10	3	7	8	9	9	10	9	10
4	10	9	2	7	1	9	8	8	9	8
5	10	10	1	8	1	8	9	9	7	10
6	8	7	2	9	4	10	6	7	8	9
7	9	10	1	7	2	8	9	6	9	9
8	10	6	4	10	2	7	9	10	10	7
9	9	9	3	6	3	7	10	9	8	10
10	10	9	2	10	1	9	6	9	10	10
$\Sigma$	90	89	21	84	29	87	82	83	87	87
$R_{ij}$	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
$ di $	35	34	34	29	26	32	27	28	32	32
$d_j^2$	1125	1156	1156	841	676	1024	729	784	1024	1024

Сначала вычисляются суммы рангов по столбцам матрицы [2]:

$$\sum R_{ij} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij} + \dots + R_{im}, \quad (1)$$

где  $R_{ij}$  — ранг, присвоенный первым экспертом  $i$ -му мероприятию;

$R_{im}$  — ранг, присвоенный последним  $m$ -м экспертом этому же мероприятию.

Средняя сумма рангов эталонное значение, которое показывает, какой была бы сумма рангов для каждого объекта, если бы эксперты ранжировали случайно. Сравнение фактических сумм со средним значением позволяет выявить экспертам отклонения, указывающие на согласованность или её отсутствие. Средняя по всем мероприятиям сумма рангов вычисляется по формуле [1]:

$$R_{ij} = \frac{m \times (n+1)}{2} \quad (2)$$

где  $m$  — число экспертов;

$n$  — число мероприятий.

Отклонения суммы рангов показывают, насколько мнения экспертов по каждому объекту отличаются от случайного распределения. Положительные отклонения могут указывать на предпочтение объекта, отрицательные — на его непопулярность [3]. Отклонение суммы рангов каждого столбца от средней суммы:

$$d_i = \sum_{j=1}^m R_{ij} - \frac{m \times (n+1)}{2} \quad (3)$$

**Сумма квадратов отклонений** устраняет проблему знаков (положительные и отрицательные отклонения не компенсируют друг друга) и усиливает влияние больших отклонений. Это ключевой компонент для расчёта коэффициента конкордации, так как большие значения сумма квадратов отклонения свидетельствуют о высокой согласованности. Далее определяется сумма квадратов отклонений [2]:

$$\sum d_i^2 = \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m R_{ij} - \frac{m \times (n+1)}{2} \right)^2 \quad (4)$$

Коэффициент конкордации оценивает количественно, насколько единодушны эксперты в своих оценках. Важно подчеркнуть, что коэффициент конкордации позволяет определить, есть ли статистически значимое согласие между экспертами, что важно для принятия решений на основе их оценок. Коэффициент конкордации определяется по формуле [3]:

$$W = \frac{12 \times \sum d_i^2}{m^2 \times (n^3 - n)} \quad (5)$$

Статистический критерий проверяет гипотезы о значимости  $W$ . Даже высокий  $W$  может быть случайным, особенно при малом числе экспертов или объектов. Критерий позволяет определить, можно ли доверять результату. Затем находится статистический критерий  $\chi^2$  с  $n-1$  степенями свободы [1]:

$$\chi^2 = m \times (n-1) \times W \quad (6)$$

Согласованность мнений экспертов считается достаточной в том случае, если  $\chi^2 > \chi^2_{0,05}$  — статистический критерий при пятипроцентном уровне значимости.

По данным значений  $\Sigma R_{ij}$  построена диаграмма рангов, которая показывает очерёдность реализации мероприятий.

По диаграмме видно, что мероприятия под номерами 1, 2 получили приоритет у экспертов. Следовательно, эти мероприятия будут проводиться в первую очередь.

В результате обработки данных получили  $\chi^2 > \chi^2_{0,05}$ , т. е. согласованность экспертов достаточна, и мероприятия необходимо проводить в порядке, отраженном на диаграмме рангов. При внедрении предлагаемых мероприятий на предприятии, улучшается эффективность деятельности компании в целом.

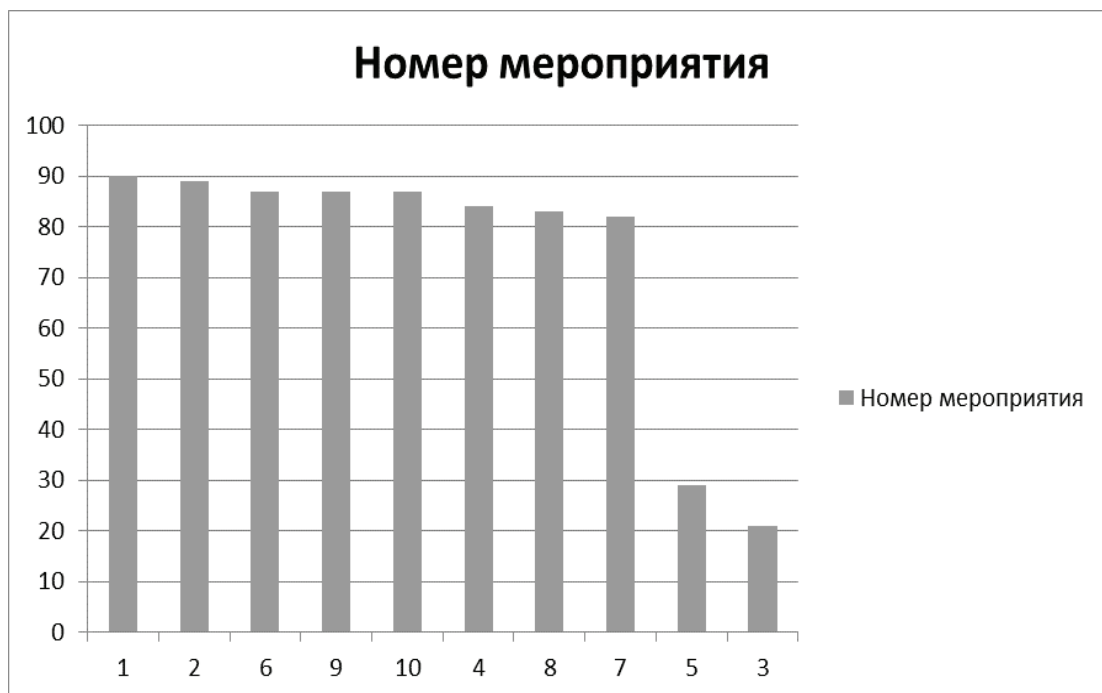


Рис. 1. Диаграмма рангов

Важным элементом успешной реализации изменений в компании также является стандартизация процедур, которая будет закреплять новые подходы в виде четких регламентов и технологических карт. Это создаст основу для устойчивого функционирования системы и минимизирует вариативность выполнения операций. Параллельно необходимо внедрять систему диспетчеризации, обеспечивающую централизованный контроль грузопотоков и оборудования в режиме реального времени.

Ключевую роль в поддержании эффективности будет играть оперативное планирование, которое, опираясь на сетевые графики, позволит оптимально распределить ресурсы и контролировать выполнение плановых показателей. Не менее важным остается постоянное обучение персонала, адаптирующее сотрудников к изменениям и формирующее культуру непрерывного совершенствования.

Таким образом, современная система оптимизации складских операций представляет собой не просто набор отдельных методов, а целостный механизм, в котором каждый элемент усиливает действие других. Комплексное применение этих инструментов обеспечит устойчивое повышение производительности при одновременном снижении эксплуатационных затрат, создавая основу для долгосрочной конкурентоспособности работы склада.

Основанием для проведения оптимизационных мероприятий служит всесторонний диагностический анализ текущего состояния складских процессов. Логистический аудит в данном контексте представляет собой инструмент, позволяющий не только выявить существующие проблемные зоны, но и определить потенциал совершен-

ствования материально-технической базы и организационной структуры склада. Проведение такого анализа обеспечивает формирование объективной информационной базы для последующих этапов оптимизации.

Важнейшим этапом предпроектной подготовки является моделирование складских процессов, которое в современных условиях осуществляется с применением технологий цифрового двойника. Имитационное моделирование позволяет проводить многовариантный анализ возможных сценариев модернизации, оценивая их влияние на ключевые параметры складской деятельности. При этом цифровые технологии дают возможность минимизировать риски, связанные с внедрением организационных и технологических изменений.

Глубинная трансформация складских процессов требует пересмотра существующих бизнес-процессов через призму современных управленческих концепций. Реинжиниринг складских операций предполагает не просто частичные улучшения, а кардинальное переосмысление всей системы грузопереработки. В данном контексте особую значимость приобретает интеграция принципов бережливого производства, направленных на системное устранение потерь во всех звеньях логистической цепи [4]. Например, внедрение концепции Lean в складскую деятельность предполагает реализацию целого комплекса мероприятий [3]. Современные исследования показывают, что применение инструментов 5S существенно повышает эффективность организации рабочего пространства. В свою очередь, методы канбан-управления позволяют оптимизировать материальные потоки и минимизировать избыточные запасы. Картирование потока создания ценности (ValueStreamMapping) обеспечивает



визуализацию и последующую оптимизацию всей цепочки складских процессов.

Закрепление достигнутых результатов оптимизации требует разработки систем стандартизации складских операций. В данном аспекте особое значение приобретает создание унифицированной системы технологических карт, подробно регламентирующих последовательность и параметры выполнения операций [1]. Современные подходы к стандартизации предполагают не просто формальное описание процессов, а создание адаптивных регламентов, позволяющих оперативно реагировать на изменения внешних условий.

Повышению эффективности управления складскими процессами способствует внедрение современных систем диспетчеризации. Интеграция таких систем в оперативное управление обеспечивает возможность мониторинга всех ключевых параметров работы склада в режиме реального времени с использованием технологий промышленного интернета вещей (IIoT). Применение алгоритмов искусственного интеллекта для обработки поступающих данных позволяет существенно повысить качество принимаемых управленческих решений.

Важнейшим компонентом системы оптимизации является механизм оперативного планирования складской деятельности. Современные системы планирования, ос-

нованные на технологии сетевого моделирования, обеспечивают гибкость управления ресурсами и позволяют адаптироваться к изменяющимся условиям рыночной среды. Применение предиктивной аналитики расширяет возможности прогнозирования и предотвращения потенциальных сбоев в работе склада.

Особого внимания заслуживает аспект повышения квалификации персонала в условиях цифровизации складских процессов [5]. Инновационные методы обучения, включая технологии augmented reality и виртуальные тренажеры, позволяют существенно сократить сроки адаптации сотрудников к новым условиям работы. Формирование культуры постоянного совершенствования (Kaizen) среди персонала способствует устойчивости достигнутых результатов оптимизации.

Проведенное исследование демонстрирует, что современная методология оптимизации складских операций представляет собой целостную систему взаимосвязанных элементов. Ключевым фактором успеха является синергетический эффект от интеграции организационных, технологических и кадровых аспектов совершенствования. Реализация предложенного подхода позволяет достичь значительного повышения операционной эффективности при одновременном снижении удельных затрат на складскую логистику.

#### Литература:

1. Левкин, Г. Г. Основы логистики [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г. Г. Левкин. — Москва: Инфра-Инженерия, 2014. — 230 с. — URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=234779&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=234779&sr=1) (дата обращения: 01.07.2024).
2. Алексинская, Т. В. Основы логистики. Функциональные области логистического управления: учебное пособие / Т. В. Алексинская. — Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2009. — 79 с.
3. Щербаков, В. В. Основы логистики: учебник для вузов / В. В. Щербаков. — Санкт-Петербург: Питер, 2009. — 415 с.
4. Логистический менеджмент [Электронный ресурс]. — URL: <https://logistics.by/blog/effektivnyj-logisticheskij-menedzhment-metody-optimizaczii-i-sovremennye> (дата обращения: 01.07.2024).
5. Куршакова, Н. Б. Логистический менеджмент [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н. Б. Куршакова. — 2024. — 211 с. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=430287> (дата обращения: 01.07.2024).

## Разработка программного модуля для мониторинга и анализа серверных логов Nginx

Исламов Радмир Рашитович, студент

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

Современные веб-сервисы генерируют гигабайты журналов запросов, отражающих состояние инфраструктуры. Большая часть этих данных остаётся неиспользованной из-за трудоёмкости ручного анализа и сложности развёртывания промышленных платформ уровня ELK или Splunk. В работе описана разработка лёгкого Java-модуля для автоматического мониторинга логов Nginx. Предложен конвейер Reader-Parser-Analyzer-Reporter, позволяющий в реальном времени вычислять метрики трафика, выявлять аномалии методами Z-score и EWMA и формировать отчёты в Markdown или AsciiDoc. Нагрузочные испытания показали скорость обработки до одного миллиона строк за 2,1 с на типовой рабочей станции. Практическая апробация в инфраструктуре банка и медиакомпании подтвердила снижение времени обнаружения инцидентов до одной минуты. Разработка может служить основой для интеграции в SIEM-системы и дальнейшего внедрения методов машинного обучения.

**Ключевые слова:** Nginx, лог-файлы, мониторинг, аномалии, Z-score, EWMA, Java.

## Введение

По данным W3Techs Nginx занимает около 34 % рынка веб-серверов, обеспечивая высокую производительность и гибкость настройки [1]. При пиковых нагрузках до 10 000 запросов в секунду даже кратковременный простой приводит к значительным финансовым потерям, поэтому отслеживание ошибок должно быть почти мгновенным. Ручные утилиты `grep` или `awk` полезны лишь для разового поиска и плохо подходят для непрерывного контроля. С другой стороны, централизованные стеки типа ELK требуют отдельного кластера и квалифицированного администрирования. Для проектов малого и среднего масштаба необходим компромисс — компактный инструмент, который быстро разворачивается и не зависит от тяжёлой инфраструктуры. Настоящая работа посвящена проектированию такого решения, программного модуля для мониторинга и анализа серверных логов Nginx, сокращённо ПМ МАСЛ. Сравнение с аналогичными решениями представлено в таблице 1.

## Материалы и методы

Основным источником данных служат журналы доступа и ошибок Nginx, содержащие IP-адрес клиента, временную метку, URI запроса, код ответа и другие параметры. Изучение логов показало, что более 90 % строк укладываются в Common Log Format [5], поэтому парсер строится на регулярном выражении, извлекающем ключевые поля [3]. Для измерения сквозной производительности введены две метрики: `reqs-per-min` — число запросов за минуту, и `errorRate` — доля кодов 4xx/5xx среди общего потока. Отклонения фиксируются двумя статистическими критериями. Мгновенные выбросы определяются правилом трёх сигм:  $|x - \mu| > 3\sigma$  (Z-score), а плавные тренды — экспоненциальным скользящим средним (EWMA). При превышении порогов формируется событие

Alert. Все вычисления реализованы на Java 17 с использованием библиотек Spring Boot, Jackson и JCommander. Агрегированные данные хранятся в PostgreSQL, что упрощает построение отчётов SQL-запросами, а Docker-файл обеспечивает переносимость сборки.

## Реализация программного модуля

Логическая схема решения представлена на рисунке 1. Компонент `FileReader` считывает локальные файлы, а `UrlReader` подтягивает данные по HTTPS или SFTP. Parser приводит запись к объекту `LogRecord`, далее поток попадает в `LogAnalyzer`, рассчитывающий базовые статистики. `MetricsAggregator` группирует результаты по минутным окнам, после чего `AnomalyService` запускает Z-score и EWMA-детектор. Если возникает событие, `AlertManager` отправляет сообщение в Telegram боту, одновременно сохраняя отчёт в Markdown, результат представлен на рис. 1.

Через REST-API можно загрузить файл для разового анализа либо запросить свежие метрики. Благодаря DI-контейнеру Spring все компоненты подменяемы: достаточно имплементировать нужный интерфейс, чтобы, например, поддерживать Kafka вместо файловой системы. Конфигурация осуществляется через CLI-параметры или YAML, что облегчает интеграцию в CI/CD.

## Результаты и обсуждение

Нагрузочное тестирование проводилось на машине Ryzen 7 5700 / 24 GB RAM. При объёме 89 строк время анализа составило 0,05 с; при 100 k строк — 0,22 с; при 1 M — 2,10 с, что в десять раз быстрее связки Logstash + Elasticsearch [2]. В корпоративной сети банка отслеживание аномалий сократило среднее время реакции с пяти до одной минуты, а число ложных срабатываний уменьшилось на 40 %. Таким образом, заявленная цель — снижение времени обнаружения сбоев — достигнута. В от-

Таблица 1. Обзор существующих аналогичных решений

Критерий	Ручной анализ (grep, awk, tail)	ELK Stack [2]	Prometheus + Grafana [3], [4]	ПМ МАСЛ
Режим работы	Ручной запуск	Работа в реальном времени	Работа в реальном времени	Ручной запуск и работа в реальном времени
Детекция аномалий	Нет (только вручную через фильтры)	Да	Нет	Да
Визуализация	Нет	Kibana	Grafana	Markdown/ HTML/ Веб-интерфейс
Оповещения	Нет	Да	Да	Да (Telegram)
Фильтрация и настройки	Через регулярные выражения	Через правила	Через экспортеры	Через конфиг JSON/YAML
Развёртывание	Мгновенно (встроено в Unix-системы)	~30 мин	~15 мин	<1 мин

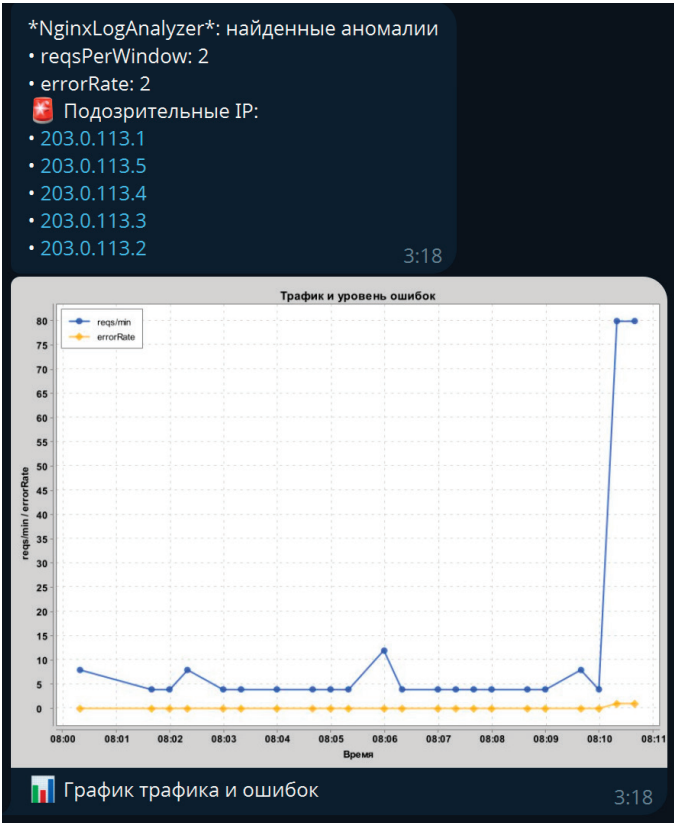


Рис. 1. Скриншот уведомления в мессенджер Telegram

личие от полноразмерных платформ решение не требует постоянного сервера: анализ можно запускать из cron или GitHub Actions. При необходимости модуль подключа-

ется к Grafana Loki для визуализации временных рядов, сохраняя принцип минимального ядра. Результат работы представлен на рис. 2.

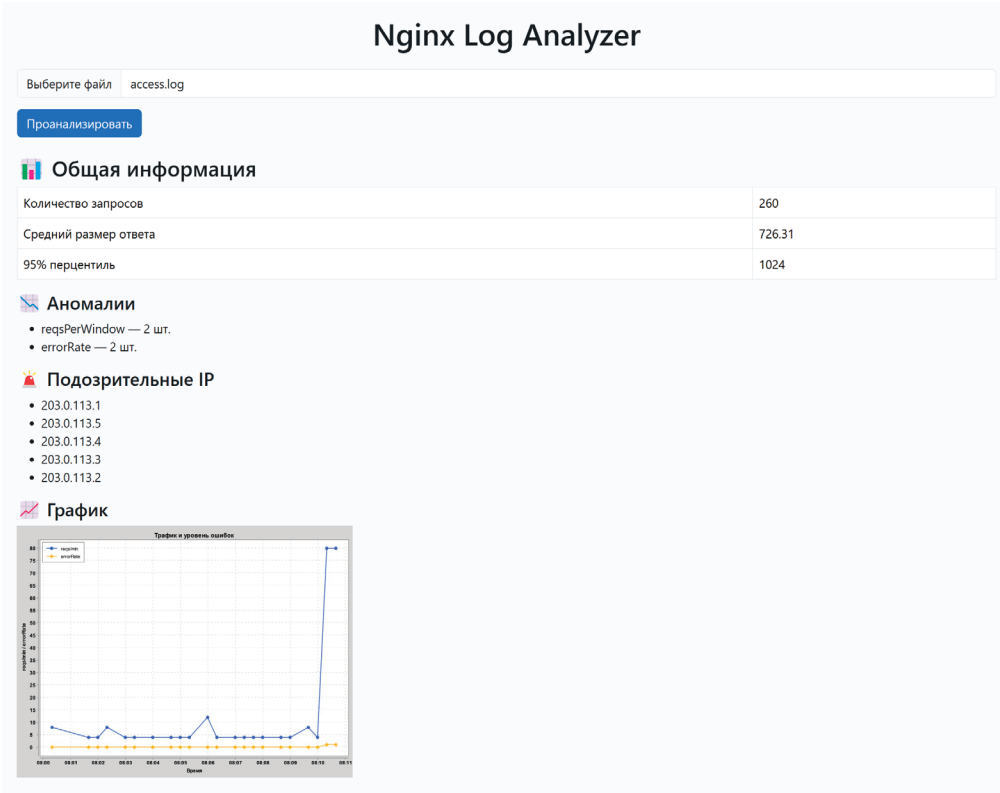


Рис. 2. Результат автоматизированной обработки логов через ПМ МАСЛ

## Выводы

Разработан и апробирован лёгкий инструмент, который:

- автоматически собирает и парсит логи Nginx;
- рассчитывает ключевые метрики и выявляет аномалии методами Z-score и EWMA;

— формирует человекочитаемые отчёты и отправляет оповещения;

— обрабатывает до миллиона записей за две секунды на обычном ПК.

Будущая работа включает добавление ML-моделей Isolation Forest для мультивариантных аномалий, экспорт метрик Prometheus и Helm-чарт для Kubernetes.

## Литература:

1. Historical trends in the usage statistics of web servers. — Текст : электронный // W3Techs : [сайт]. — URL: [https://w3techs.com/technologies/history\\_overview/web\\_server](https://w3techs.com/technologies/history_overview/web_server) (дата обращения: 16.05.2025).
2. Scalable, centralized log monitoring for hybrid cloud. — Текст : электронный // Elastic : [сайт]. — URL: <https://www.elastic.co/log-monitoring> (дата обращения: 16.05.2025).
3. Prometheus Documentation.: [сайт]. — URL: <https://prometheus.io/docs/introduction/overview/> (дата обращения: 16.05.2025).
4. Grafana Documentation.: [сайт]. — URL: <https://grafana.com/docs/> (дата обращения: 16.05.2025).
5. RFC 5424. The Syslog Protocol.: [сайт]. — URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc5424> (дата обращения: 16.05.2025).

## К вопросу о создании многофункциональной образовательной экосистемы с использованием искусственного интеллекта

Митренко Максим Павлович, выпускник  
ЧОУ СО Частная интегрированная школа г. Волгограда

Научный руководитель: Петрова Людмила Модестовна, доцент  
Волгоградский государственный социально-педагогический университет

*В данной статье поднимается вопрос о создании образовательной экосистемы с использованием искусственного интеллекта, описывается ее функционал, необходимые ресурсы. Дано общее описание экосистемы, архитектуры сервиса, приемы безопасности экосистемы, механики работы экосистемы, технические средства для разработки экосистемы. Излагаются результаты сравнения предлагаемой экосистемы с другими платформами по типу электронного журнала.*

**Ключевые слова:** образовательная экосистема, микросервис, электронный журнал.

**П**олучение образования — это важный этап в жизни каждого человека, направленный на получение базовых знаний, необходимых для дальнейшей жизнедеятельности, развития, социализации и воспитания.

Образование выполняет сразу несколько функций: экономическую (передача знаний для применения в работе), социальную (человек получает социальные навыки и учится общаться с людьми) и культурную (передача культурных ценностей). Именно образование является одним из важных приоритетов внутренней политики РФ.

Сейчас в школах активно используются информационные технологии для организации образовательного процесса. В качестве примера можно привести сервисы электронного журнала. Несмотря на то, что потенциал подобных сервисов велик, многие задачи решаются «старыми методами», что вызывает неудобство, как среди учителей, так среди учеников и их родителей. Для решения необходимых задач субъектам образовательного процесса приходится взаимодействовать с множеством сервисов

и переносить вручную информацию между ними, что является неэффективным по временным затратам.

Мы предлагаем создать уникальную образовательную экосистему, основанную на концепции сервиса электронного журнала, однако включающую множество уникальных функций и значительно оптимизирующую образовательный процесс. Такой подход значительно упростит использование электронного журнала учениками и их родителями, сократит работу учителям, создаст большие возможности руководству школы для аналитики и оптимизации управления, будет способствовать развитию образовательного процесса, оптимизирует работу школы в целом.

Цель работы: разработать проект образовательной экосистемы, использующей искусственный интеллект, основанной на концепции электронного журнала, имеющей множество уникальных функций, значительно упрощающих учебный процесс в школе.

Разрабатываемая экосистема будет основана на концепции сервиса электронного журнала. Основной функ-



цией экосистемы будет хранение оценок учеников, выставлением оценок учителями и показ оценок ученикам и их родителям. Экосистема будет кроссплатформенной и будет создана в виде Web-приложения (сайта в Интернете), мобильного приложения на Android, мобильного приложения для IOS.

В составе образовательной экосистемы будут микросервисы:

- Микросервис 1 «Домашнее задание с автопроверкой»
- Микросервис 2 «Проверка домашних заданий с возвращенным ответом
- Микросервис 3 «Контрольные работы с использованием системы прокторинга и нейросетей»
- Микросервис 4 «База олимпиад и аналитика результатов учеников»
- Микросервис 5 «Дополнительные занятия, кружки и секции»
- Микросервис 6 «Обучающие видеоматериалы»
- Микросервис 7 «Сервис электронных книг»
- Микросервис 8 «Запись уроков»
- Микросервис 9 «Улучшение успеваемости»
- Микросервис 10 «Информирование о пропусках и аналитика посещаемости»
- Микросервис 11 «Форум по школьным вопросам»
- Микросервис 12 «Планирование дня»

Также планируется система уведомлений, через которую микросервисы будут посылать важную информацию.

Будущая экосистема будет иметь микросервисную архитектуру. Основное приложение, сервис авторизации, 12 микросервисов и дополнительные вспомогательные сервисы будут выполнены как отдельно запущенное приложение и будут по HTTP взаимодействовать между собой. Серверная часть языков будет выполнена на языке программирования Java с использованием Фреймворка SpringBoot. В экосистеме аутентификация для выполнения действий будет через токен, который будет выдавать сервис авторизации при вводе логина и пароля, а другие микросервисы будут делать запрос к сервису авторизации на валидацию токена и будут получать информацию о пользователе. Экосистема будет располагаться в Интернете и будет доступна по протоколу HTTPS, будет иметь свой домен и SSL-сертификат. Также экосистема будет как мобильные приложения на Android и IOS, эти приложения будут взаимодействовать с той же серверной частью, что и веб-приложение. Для хранения данных экосистема будет использовать SQL базы данных, к которым будут обращаться микросервисы.

Для анализа уникальности предлагаемой экосистемы необходимо рассмотреть, насколько представлены функции, которые предлагает экосистема, в других платформах. Для сравнения рассмотрим одни из самых популярных сервисов электронного журнала: «Сетевой город» (<https://sgo.volganet.ru/>), «Моя школа» (<https://myschool.edu.ru/>), «Дневник.ру» (<https://dnevnik.ru/>), «Московская Электронная Школа» (<https://school.mos.ru/>).

Таблица 1. Анализ наличия функций микросервисов экосистемы в других платформах электронного журнала

Функция микросервиса	Сетевой Город	Дневник ру	Моя школа	Московская Электронная Школа
ДЗ с автопроверкой	Отсутствует		Имеется раздел с тестами	Имеется своя база ДЗ с автопроверкой
Проверка ДЗ нейросетями	Отсутствует			
Контрольные с системой прокторинга	Отсутствует			
Информирование, хранение и аналитика олимпиадных результатов	Бывают оповещения о олимпиадах	Имеется информация о олимпиадах, хранятся результаты	Имеется раздел олимпиад, даже можно через него проходить олимпиады	Имеется возможности по регистрации на некоторые олимпиады, их прохождение и получение результатов
Хранение информации о кружках и набор кружков	Отсутствует		Имеется функция записи в кружки	Имеются выдача рекомендаций посещения кружков
Показ обучающих видеоматериалов	Отсутствует		Имеется библиотека видеоматериалов по разным темам	Отсутствует
Сервис электронных книг с удобными функциями	Отсутствует		Есть сервис электронных книг, но без дополнительных функций	Отсутствует
Автоматическая запись уроков с камер	Отсутствует			

Таблица 1 (продолжение)

Функция микросервиса	Сетевой Город	Дневник ру	Моя школа	Московская Электронная Школа
Советы по улучшению успеваемости и подбор репетиторов	Отсутствует			
Информирование о пропусках и аналитика посещаемости	Отсутствует	Имеется возможность родителю отправить уведомление, но нет возможностей руководству школы для аналитики посещаемости	Отсутствует	Имеется возможность родителю отправить уведомление, но нет возможностей руководству школы для аналитики посещаемости
Форум	Имеется в пределах школы, для личного общения есть внутренняя почта	Имеются некоторые функции по общению	Отсутствует	
Планирование дня	Отсутствует			

Таким образом, изучив существующие платформы электронных журналов, можно сделать вывод, что функции, предложенные в Микросервисах для экосистемы, на данный момент в сервисах электронного журнала, либо отсутствуют вообще, либо реализованы лишь отчасти. Экосистема представляет уникальные функции, которые значительно оптимизируют процесс организационных вопросов в образовании.

Ожидаемые социальные эффекты:

1) Сокращение работы учителей и повышение привлекательности данной профессии — создание экосистемы значительно сократит работу учителям. Благодаря Микросервисам 1 и 2 учителям не придётся вручную проверять домашние работы, а благодаря Микросервису 3 — не придётся тратить время на организацию пересдач. Благодаря сокращению времени работы, повысится и привлекательность профессии учителя, ведь именно одной из ключевых проблем данной профессии является трата времени на проверку домашних заданий.

2) Повышение удобства учеников при обучении в школе и повышение их успеваемости — создание экосистемы значительно упростит жизнь ученикам, ведь многие процессы значительно помогут им в образовательном процессе. Микросервисы 6 и 8 помогут ученикам получить знания, которые они упустили из-за пропуска занятий в школе. Микросервис 7 упростит обучение учеников по литературе и поможет сэкономить их денежные средства, а Микросервис 9 даст хорошие подсказки, как улучшить успеваемость. Микросервис 11 позволит удобно решить любые вопросы, связанные со школой и обучением, а Микросервис 12 позволит ученикам удобно планировать свой день, что даст им основу для эффективного обучения в школе.

3) Развитие внешкольной активности у учеников — Экосистема также повысит уровень учеников, которые учувствовать в олимпиадах, посещают различные кружки и секции и увеличит количество людей, которые дополнительно обучаться у репетитора. Благодаря Микросервису 4, ученики смогут удобно находить информацию об олимпиадах. Микросервис 5 поможет подобрать ученику интересную для него секцию, а Микросервис 9 поможет найти хорошего репетитора.

4) Увеличение возможностей для аналитики и улучшение образования школы. Благодаря различным Микросервисам экосистемы, руководство школы сможет проводить аналитику различной информации об учениках. Хорошо проведенная аналитика позволит школам принять меры по улучшению образования в школе.

Примерная стоимость разработки и внедрения экосистемы составит 11 млн. рублей. Также экосистема будет нести регулярные расходы на домен сайта, аренду серверов, SSL-сертификат, услуги нейросети для Микросервиса 2, на отправку SMS уведомлений, на поддержание работы экосистемы и обновления. Сумма расходы на домен, сервера и SSL-сертификат будут иметь постоянные характер, сумма расходов на услуги нейросети и SMS будут зависеть от количества школ, использующих экосистему, расходы на поддержания экосистемы и обновления зависит от работоспособности экосистемы и необходимости обновлений. Планируется достигнуть полного покрытия постоянных расходов экосистемы за счёт получения прибыли от имеющейся в экосистеме бизнес-составляющей.

На данный момент разработаны прототипы большинства микросервисов, протестировано использование

разных нейросетей для проверки домашних заданий с развернутыми ответами (предложена модель работы с оценками ответов, конечное решение остается за педагогом). Созданы прототипы Frontend и Backend микросервисов на языке Java с использованием фреймворка Spring, при участии платформ GitHub и Docker. Определяются воз-

можные источники финансирования разработки экосистемы, осуществляется поиск инвесторов.

Данная экосистема окажет значительное влияние на образование, принесет значительный социальный эффект и решит множество проблем в школе, благодаря использованию информационных технологий.

#### Литература:

1. Архитектура экосистем // Хабр. URL: <https://habr.com/ru/companies/nspk/articles/532462/>
2. Прокторинг // Справочник учебного процесса НИУ ВШЭ. URL: [https://www.hse.ru/studyspravka/distance\\_proctoring](https://www.hse.ru/studyspravka/distance_proctoring)
3. Сервер авторизации для микросервисов на Spring Boot // Хабр. URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/681448/>
4. Сколько времени уходит на подготовку к урокам у учителей начальной школы // Интернет-портал «Российская газета». URL: <https://rg.ru/2018/11/06/skolko-vremeni-uhodit-na-podgotovku-k-urokam-u-uchitelej-nachalnoj-shkoly.html>
5. Тарифы и оплата / Документация для разработчиков // GigaChatСбербанк. URL: <https://developers.sber.ru/docs/ru/gigachat/api/tariffs>

## Разработка приключенческой 2D-игры на Unity

Молдабай Ерден Тимурулы, студент;

Самойлова Ирина Алексеевна, магистр, старший преподаватель  
Карагандинский университет имени академика Е. А. Букетова (Казахстан)

В эпоху цифровых технологий игровая индустрия переживает бурный рост, становясь одной из самых динамичных и инновационных отраслей. Проектирование и разработка компьютерных игр включает в себя широкий спектр задач: от выбора подходящего игрового движка и проектирования архитектуры до реализации логики игрового процесса, анимации, интерфейса и последующего тестирования. Особый интерес с точки зрения технической реализации представляют 2D приключенческие проекты, сочетающие динамичный геймплей, систему боя, управление персонажем и базовую симуляцию поведения неигровых объектов.

Платформа Unity выбрана в качестве основной платформы разработки благодаря своей кроссплатформенности, широким возможностям для создания 2D-графики, встроенной физической модели и поддержке языка программирования C#. Движок предоставляет богатый инструментарий для реализации игровой логики, а также облегчает процесс тестирования и финальной сборки продукта.

Разработка собственной 2D-приключенческой игры позволяет не только изучить этапы создания игрового продукта — от проектирования сюжета и уровней до реализации логики и визуального оформления, — но и получить практические навыки, востребованные в индустрии. В условиях роста инди-геймдева и доступности цифровых магазинов для публикации игр, данная тема приобретает особую актуальность как с образовательной, так и с профессиональной точки зрения.

В процессе работы над проектом выделены ключевые механики, подлежащие реализации: движение персонажа по игровому миру, включая прыжки, смену направления и взаимодействие с элементами окружения; создание врагов и NPC, обладающих различными типами поведения и реагирующих на присутствие игрока; боевая система, предусматривающая возможность атаки, получения урона и взаимодействия с искусственным интеллектом противников; визуализация и анимация, соответствующие действиям и состояниям игровых объектов; интеграция пользовательского интерфейса, отображающего здоровье, урон и другие параметры.

Для начала работы в среде разработки проекта на платформе Unity очень важно начать с первичной установки компонентов и настройки системы для корректной ее работы. Как пример в плане графики для проекта была выбрана игра Stardew Valley, которая считает в себе легкий и приятный 2D пиксель арт, с которым удобно будет работать (рисунок 1).

Поскольку отрисовка каждого спрайта, локаций, врага, и игровых предметов занимает крайне много времени, было принято решение взять готовые текстуры и ассеты для проекта с платформы itch.io. На данной платформе пользователи имеют возможность ознакомиться с разнообразными спрайтами, доступными как безвозмездно, так и за определённую



Рис. 1. Stardew Valley

плату. Нередко создатели игр делятся своими ресурсами в виде комплектов, которые можно легко загрузить и интегрировать в свои разработки

Далее в проект добавляется для будущего игрока набор вводимых действий. Это необходимо для того, чтобы при нажатии клавиш WASD, персонаж двигался в нужном направлении по карте. На рисунке 2 приведен C# скрипт для написания кода передвижения главного героя.

```
1 using System;
2 using System.Numerics;
3 using UnityEngine;
4 using Vector2 = UnityEngine.Vector2;
5
6 public class PlayerMovement : MonoBehaviour
7 {
8     [Header("Config")]
9     [SerializeField] private float speed; // Скорость передвижения игрока
```

Рис. 2. Пример создания переменной скорости игрока

Следующим шагом в проекте является добавление полосы жизни, маны и опыта. И для этого нужно создать скрипт PlayerStates, где будут храниться данные в ScriptableObjects. В Unity это код класса, позволяющий создавать в игре объекты для хранения больших объёмов общих данных, не зависящих от экземпляров скриптов.

Для создания игрового мира и игровых локаций необходимо выбрать все спрайты, которые нужны и поставить их во вкладку Tile Palette. На рисунке 3 представлен пример создания локации — основная деревня с ландшафтом, зданиями и выходами на две другие локации (зона с врагами и зона с жителями).



Рис. 3. Основная деревня



Далее в проект добавляются несколько видов моб, которые будут сражаться с игроком, а также их атаки, специфичный урон и также боевая система для главного героя в локациях с врагами (рисунок 4).



Рис. 4. Враждебные mobs

Последним шагом в разработке данного проекта является создание окна прокачки. Оно появляется при нажатии определенной клавиши или автоматически при получении достаточного количества опыта для повышения уровня. В этом окне отображаются ключевые параметры персонажа: уровень персонажа; текущее здоровье (HP); мана (MP); критический урон; накопленный опыт; необходимый опыт для следующего уровня. Также в этом интерфейсе игроку предоставляется возможность распределения очков опыта, заработанных при достижении нового уровня.

Разработка проекта позволила получить обширный опыт в следующих областях: использование движка Unity и среды разработки; создание игровых объектов и интерфейсов; программирование на языке C# в рамках объектно-ориентированной парадигмы; реализация систем прокачки и учета параметров персонажа; проектирование интерактивного пользовательского интерфейса; работа с проектными ресурсами и визуальными ассетами. Игра успешно функционирует и может быть выложена на платформу itch.io как завершенный мини-проект.

## Исправление механизма по формированию графика платежей для договора в системе 1С: Университет ПРОФ

Першин Игнат Алексеевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Харисов Азамат Робертович, кандидат технических наук, доцент  
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

*В статье рассматривается одна из проблем, с которой можно столкнуться при автоматизации деятельности вуза с помощью типового решения 1С:Университет ПРОФ. В статье было проведено исследование типового механизма по формированию графика платежей для договора. Проанализированы возможности решения проблемы типового механизма. Представлен один из возможных вариантов решения.*

**Ключевые слова:** автоматизация, 1С: Предприятие, 1С: Университет ПРОФ, доработка, образование.

В рамках задач автоматизации могут возникать проблемы при доработке типовых решений под требования заказчика. Данные проблемы могут быть выражены как в виде недостаточной гибкости настроек типовых механизмов, так и в виде типовых неавтоматизируемых механизмов работы.

В статье будет рассмотрен кейс решения проблемы автоматизации в виде недостаточной гибкости настройки формирования итогового графика платежей договоров с учетом всех дополнительных соглашений в типовом решении по автоматизации и цифровизации деятельности вузов на базе платформы 1С: Предприятие: «1С:Университет» в редакции ПРОФ. Данный механизм не имеет возможности выбора поведения системы при завершении дополнительного соглашения. А именно того, заменяет ли текущее дополнительное соглашение весь идущий после него график

платежей либо только ту часть, которая приходится на интервал дат текущего дополнительного соглашения.

Актуальность данной работы выражается в том, что типовое решение по автоматизации деятельности вузов «1С:Университет» является популярным продуктом в рамках автоматизации и цифровизации работы образовательных организаций, согласно информации с официального сайта СГУ Инфоком данное решение внедрено в 486 вузах [1] из 724 организаций осуществляющих образовательную деятельность по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры [2], что составляет 67,12 %. Также цифровизация высшего образования включена в национальный проект «Образование» [3].

Рассмотрим оригинальный механизм формирования графика платежей для договора с учетом всех дополнительных соглашений.

Оригинальный алгоритм работы формирования графика платежей для договора с учетом всех дополнительных соглашений представлен в виде диаграммы (рисунки 1).

Данный механизм имеет один существенный недостаток, а именно невозможность выбрать реакцию на конец доп. соглашения и возврат к основному договору. В оригинальном механизме всегда остальная часть графика платежей в таком случае отбрасывается. Однако данный подход является неприемлемым, когда доп. соглашение должно заменить собой только часть графика пла-

тежей, например, доп. соглашение о рассрочке платежа, которое заменяет один платеж на несколько платежей в более поздние даты. Подходы к решению данной проблемы будут рассмотрены далее.

При решении проблемы недостаточной гибкости настроек формирования графика платежей, были выдвинуты два возможных варианта решения проблемы.

Первый вариант — изменить поход к ведению доп. соглашений и переписать механизм формирования графика платежей доп. соглашения, чтобы в каждом доп. соглашении был весь график платежей. Данный вариант не

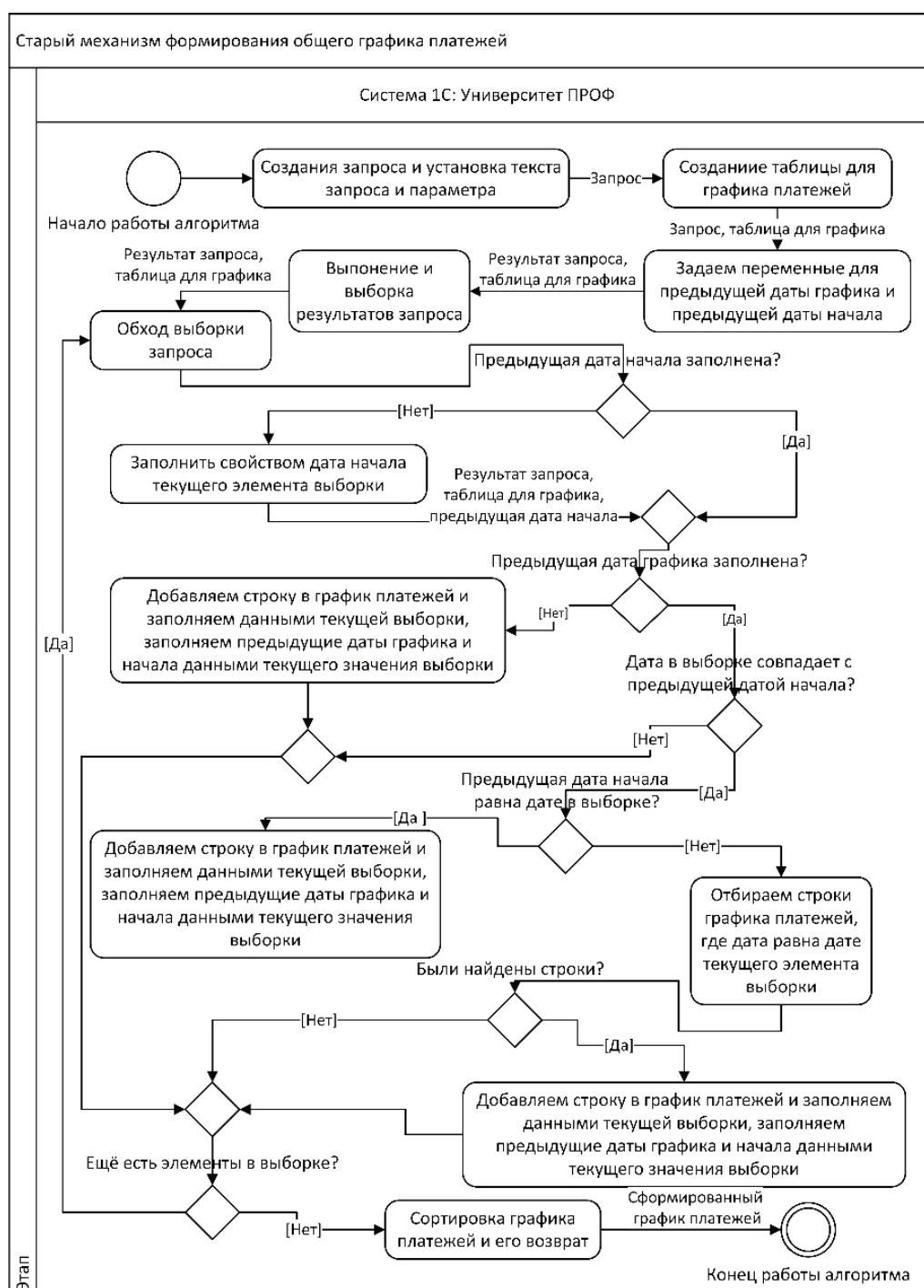


Рис. 1. Оригинальный алгоритм работы формирования графика платежей для договора с учетом всех дополнительных соглашений

подходит, так как предусматривает дублирование информации, делает механизм доп. соглашений бесполезным, так как в доп. соглашении хранится общий график, и меняет тем самым бизнес-процесс по ведению договоров. Решение данной проблемы заключается в том, что каждое дополнительное соглашение содержит всю оставшуюся часть графика платежей и изменения вносятся во всю оставшуюся часть графика.

Второй вариант — изменить функцию формирования таблиц дат и сумм графика платежей таким образом, чтобы в зависимости от вида доп. соглашения было

разное поведение: либо отбрасывался остальной график платежей, либо он сохранялся. Данное решение проблемы заключается в том, что график платежей основного договора дополняется графиком дополнительных соглашений, который в зависимости от типа либо заменяет собой только платежи, находящиеся между датой начала доп. соглашения и датой его окончания, либо заменяет собой все платежи от даты начала платежа до даты последнего платежа графика платежей. На этом варианте было принято решение остановиться, так как он не требует изменения бизнес-процесса и дублирования инфор-

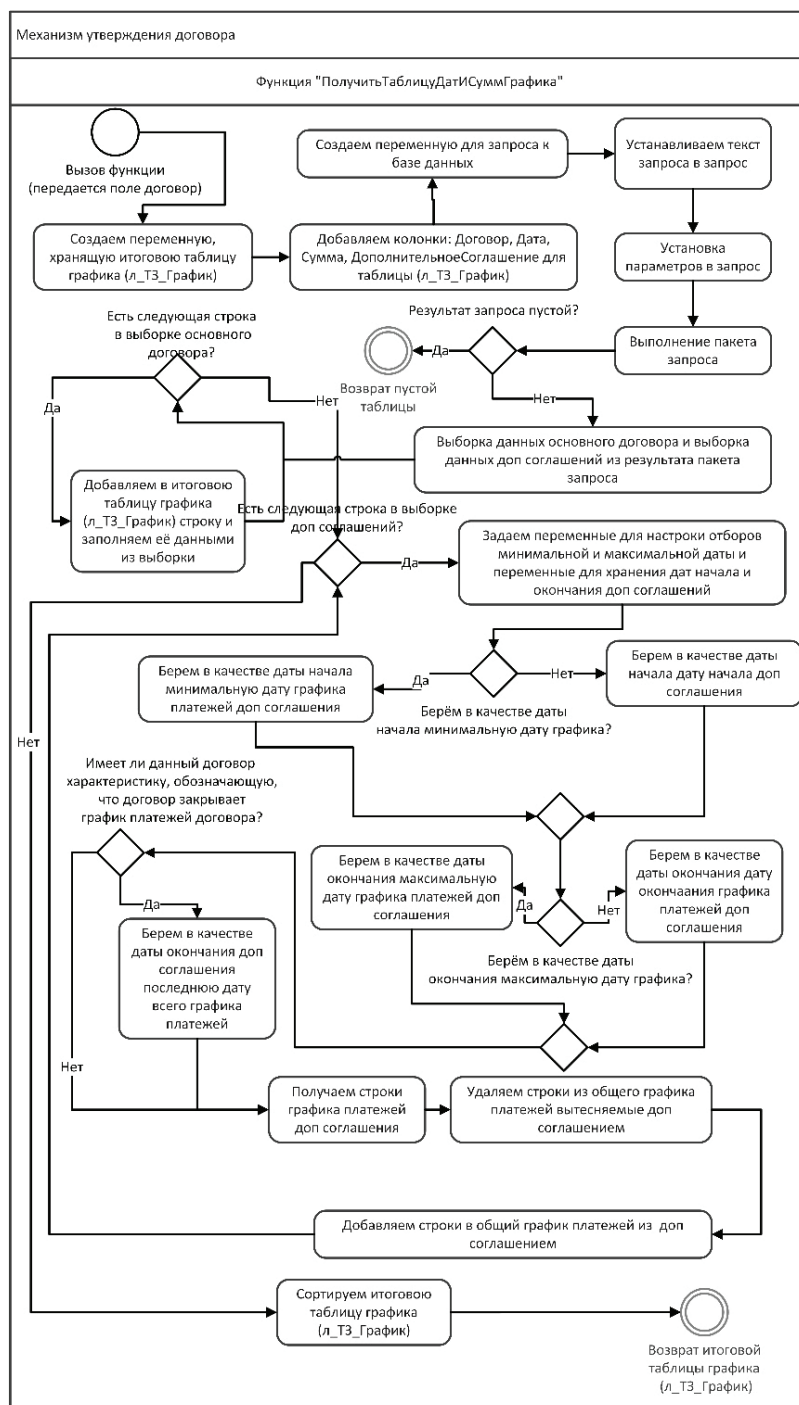


Рис. 2. Изменённый алгоритм работы формирования графика платежей для договора с учетом всех дополнительных соглашений

мации в системе. Рассмотрим изменённый алгоритм работы.

Изменённый алгоритм работы формирования графика платежей для договора с учетом всех дополнительных соглашений представлен в виде диаграммы (рисунок 2).

Данный алгоритм пакетом запросов получает график платежей основного договора и графики платежей дополнительных соглашений. Заносит график платежей основного договора в общий график платежей. Получает график дополнительного соглашения. Проверяет текущее дополнительное соглашение на наличие в списке характеристик, служебного значения характеристики (для обозначения можно использовать реквизит (поле) добавленное в справочник, но тогда пришлось бы отключать всех пользователей от системы для добавлений реквизита, что нежелательно делать в системе, находящейся в эксплуатации), отвечающего за то, чтобы график текущего доп. соглашения полностью заменял собой весь оставшийся (от даты начала доп. соглашения до конца таблицы

график) график платежей. При наличии этой характеристики график полностью заменяет собой оставшийся график платежей, иначе только ту часть, находящуюся между датой начала и датой окончания доп. соглашения, данная операция повторяется для всех доп. соглашений для получения полного графика платежей, полученный график сортируется по возрастанию даты и возвращается из функции.

### Вывод

В данной статье была рассмотрена проблема недостаточной гибкости настройки механизма по формированию графика платежей для договора с учетом всех дополнительных соглашений, присущая для типовой конфигурации «1С: Университет ПРОФ». Рассмотрены методы её решения, выбран наиболее подходящий для данной ситуации, рассмотрен возможный алгоритм работы функций данного решения.

### Литература:

1. Главная страница / [Электронный ресурс] / СГУ Инфоком: [сайт]. — URL: <https://web.archive.org/web/20241112145602/https://sgu-infocom.ru/> (дата обращения: 06.12.2024).
2. Образование в цифрах: 2024: краткий статистический сборник / Т. А. Варламова, Л. М. Гохберг, О. А. Зорина [и др.]. — Москва: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. — 132 с. — Текст: непосредственный.
3. Цифровизация образования / [Электронный ресурс] / сайт Минобрнауки России: [сайт]. — URL: [https://www.minobrnauki.gov.ru/colleges\\_councils/kollegialnye-organy/digitalcouncil/digitalobr/](https://www.minobrnauki.gov.ru/colleges_councils/kollegialnye-organy/digitalcouncil/digitalobr/) (дата обращения: 06.12.2024).

## DevOps и облачные решения для телемедицины: разработка, масштабирование и отказоустойчивость

Селезнев Михаил Викторович, студент

Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет)

*В статье рассматриваются современные подходы к созданию и поддержке отказоустойчивой, масштабируемой и эффективной облачной инфраструктуры телемедицинских сервисов с использованием DevOps-практик. Автор анализирует роль DevOps в разработке цифровых медицинских решений, особенности применения CI/CD и инфраструктуры как кода. Особое внимание уделяется контейнеризации, оркестрации и автоматизации как способам масштабирования телемедицинских платформ. Также описаны методы обеспечения отказоустойчивости: мониторинг, резервирование и построение архитектуры, устойчивой к сбоям. Статья подчеркивает значимость комплексного подхода к цифровой трансформации здравоохранения.*

**Ключевые слова:** телемедицина, облачные технологии, DevOps, отказоустойчивость, масштабируемость, контейнеризация, мониторинг.

### Инфраструктура телемедицины: DevOps-подход к разработке и внедрению облачных решений

Современное здравоохранение все активнее использует телемедицинские технологии для обеспечения дистанционного взаимодействия между пациентами и ме-

дицинскими специалистами. В условиях растущего спроса на цифровые медицинские сервисы, ключевым фактором становится надежная и гибкая ИТ-инфраструктура [4, с. 69]. Для ее создания и поддержки необходимы подходы, обеспечивающие быстрое развертывание, стабильную работу и постоянное обновление программных решений.



Именно поэтому DevOps как методология организации процессов разработки и эксплуатации ИТ-продуктов становится особенно актуален для телемедицины [1, с. 461].

DevOps позволяет сократить разрыв между разработкой и эксплуатацией за счет автоматизации процессов тестирования, развертывания и мониторинга. В контексте телемедицины это критически важно: малейшие сбои в работе системы могут негативно сказаться на качестве медицинской помощи. Использование CI/CD-практик (непрерывной интеграции и доставки) обеспечивает быструю реализацию новых функций без простоев, а инфраструктура как код (IaC) позволяет тиражировать и масштабировать окружения с высокой степенью воспроизводимости [6, с. 461].

Одним из ключевых преимуществ DevOps-подхода в телемедицине является тесная интеграция с облачными платформами. Облачные решения обеспечивают гибкость ресурсов, возможность масштабирования при пиковых нагрузках (например, во время эпидемий) и упрощают резервное копирование и восстановление данных. При этом высокие требования к безопасности и соответствию нормативам (например, в области защиты персональных медицинских данных) требуют включения в DevOps-практики таких компонентов, как DevSecOps — подхода, который интегрирует безопасность на всех этапах жизненного цикла ПО [2, с. 8].

Внедрение DevOps в инфраструктуру телемедицинских сервисов требует системной трансформации: от изменения организационной культуры до модернизации инструментов и процессов. Однако при правильной реализации этот подход значительно повышает устойчивость и эффективность цифровых решений, минимизирует время выхода на рынок и повышает доверие пользователей. В условиях цифровизации медицины DevOps становится не просто технической стратегией, а основой стабильного и доступного медицинского сервиса.

#### **Масштабируемость телемедицинских сервисов: автоматизация, контейнеризация и оркестрация**

Рост числа пользователей телемедицинских платформ требует от разработчиков и операторов сервисов высокой масштабируемости систем. Телемедицина должна обеспечивать бесперебойный доступ к видео-консультациям, электронной документации и диагностическим данным даже при пиковых нагрузках. Решением этой задачи становится внедрение автоматизации процессов, использование контейнеризации приложений и оркестрации ресурсов, что позволяет эффективно адаптировать инфраструктуру под изменяющиеся потребности.

Контейнеризация — ключевой инструмент для масштабируемости. С помощью технологий, таких как Docker, приложения разворачиваются в изолированных контейнерах, что упрощает управление зависимостями и ускоряет внедрение новых версий [8, с. 270]. В условиях телемедицины это критично: можно быстро обнов-

лять модули, не затрагивая всю систему, и минимизировать время простоя. Кроме того, контейнеры позволяют разворачивать микросервисы, каждый из которых отвечает за отдельную функцию — чат, видеосвязь, хранение данных и пр.

Автоматизация и оркестрация — следующие шаги после контейнеризации. Использование инструментов вроде Kubernetes позволяет динамически распределять ресурсы между сервисами, автоматически масштабировать компоненты в ответ на рост нагрузки и восстанавливать их в случае сбоев [5]. Это особенно важно для телемедицины, где необходима высокая доступность и устойчивость к пиковым обращениям, например, в периоды сезонных заболеваний или чрезвычайных ситуаций.

Интеграция этих решений в телемедицинскую инфраструктуру не только повышает ее гибкость, но и снижает операционные затраты, ускоряет выход новых функций и улучшает пользовательский опыт. Масштабируемость, обеспеченная за счет автоматизации, контейнеризации и оркестрации, становится залогом устойчивого развития телемедицинских сервисов в условиях цифровой трансформации здравоохранения.

#### **Обеспечение отказоустойчивости: мониторинг, резервирование и устойчивость к сбоям в облачной среде**

В условиях цифровизации здравоохранения и активного развития телемедицины отказоустойчивость облачной инфраструктуры приобретает стратегическое значение. Любые сбои в работе систем могут привести к потере доступа к жизненно важной информации, нарушению взаимодействия между врачом и пациентом и снижению доверия к телемедицинским сервисам. Поэтому ключевыми задачами становятся организация круглосуточного мониторинга, реализация систем резервирования и выстраивание архитектуры, устойчивой к сбоям [3, с. 27].

Мониторинг — это основа для оперативного реагирования на инциденты. Инструменты, такие как Prometheus, Grafana, ELK Stack или облачные сервисы мониторинга (например, Amazon CloudWatch, Azure Monitor), позволяют отслеживать состояние приложений, серверов, сетевых компонентов и пользовательской активности. Благодаря анализу логов, метрик и событий можно своевременно выявить аномалии и устранить проблемы до того, как они повлияют на пользователей.

Резервирование ресурсов и данных — вторая опора отказоустойчивости. Использование принципов геораспределенности, репликации баз данных и многозонного развертывания обеспечивает непрерывность работы даже при отказе одного из узлов [7, с. 119]. Современные облачные провайдеры предлагают встроенные инструменты для создания резервных копий и автоматического переключения между зонами доступности. Это особенно важно для телемедицинских систем, обрабатывающих

персональные медицинские данные и критичные запросы пациентов.

Формирование архитектуры, устойчивой к сбоям, требует системного подхода: от проектирования микросервисной модели до внедрения DevOps-практик с автоматическим масштабированием, проверкой целостности и возможностью «самоисцеления» компонентов. Комбинированное применение мониторинга, резервирования и архитектурных решений позволяет создать надежную, предсказуемую и безопасную среду, в которой телемедицинские сервисы работают стабильно даже в условиях непредвиденных сбоев.

Таким образом, обеспечение отказоустойчивости в облачной инфраструктуре телемедицинских сервисов требует комплексного подхода, включающего непрерывный мониторинг, надежное резервирование данных и ресурсов, а также проектирование архитектуры, способной справляться с внезапными сбоями. Совместное применение этих инструментов позволяет не только минимизировать риски прерывания медицинского обслуживания, но и гарантировать высокую доступность, безопасность и доверие пользователей к цифровым решениям в сфере здравоохранения.

#### Литература:

1. Безпятый, М. В. Автоматизация и оптимизация процессов разработки и развертывания в DevOps: применение современных методов и инструментов // Инновации и инвестиции. — 2023. — № 7. — С. 458–464.
2. Ганжур, М.А., Дьяченко, Н.В., Отакулов, А. С. Анализ методологий devops и devsecops // Молодой исследователь Дона. — 2021. — № 5 (32). — С. 8–10.
3. Доценко, В.О., Шевнина, Е. И. Исследование актуальных требований для разработки систем мониторинга и управления телекоммуникационной сети // Вестник СибГУТИ. — 2022. — № 2. — С. 23–32.
4. Золотухина, В.Г., Рассолова, А. А. Ключевые аспекты применения телемедицины в здравоохранении Российской Федерации // Научные записки молодых исследователей. — 2022. — № 3. — С. 59–77.
5. Лазарева, Н. Б. Автоматизация развертывания Kubernetes-кластеров на базе Ubuntu ОС в Rancher на инфраструктуре VMWare vSphere // Инженерный вестник Дона. — 2023. — № 4.
6. Мирешкин, И.А., Новиков, П. С. Исследование подходов к выбору инструмента CI/CD независимо от поставленной задачи для разработки iOS приложений // Вестник науки. — 2024. — Т. 3. № 4 (73). — С. 454–461.
7. Савин, И. В. Особенности обеспечения отказоустойчивости, сохранности и доступности данных // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2019. — № 3. — С. 118–122.
8. Чиганов, Д. Р. Docker: ключ к контейнеризации и масштабируемости // Вестник науки. — 2023. — Т. 4. № 7 (64). — С. 270–272.

## Анализ методов мониторинга состояния растений с использованием мобильных технологий в сельском хозяйстве

Тарасенко Вероника Николаевна, студент магистратуры  
Научный руководитель: Климова Дарья Николаевна, кандидат педагогических наук, доцент  
Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону)

*В статье автор исследует методы мониторинга состояния растений в сельском хозяйстве с использованием мобильных технологий.*

**Ключевые слова:** мониторинг растений, мобильные технологии, точное земледелие, IoT в сельском хозяйстве, искусственный интеллект, дистанционное зондирование, мобильные приложения, сельскохозяйственные датчики.

#### Введение

Современное сельское хозяйство сталкивается с рядом серьезных вызовов, среди которых — рост численности населения, изменение климата, истощение почв и необходимость рационального использования ресурсов. Для эффективного решения этих задач требуется внедрение

инновационных подходов, способных повысить урожайность и устойчивость агросистем. Одним из наиболее перспективных направлений становится мониторинг состояния растений с помощью мобильных технологий.

Развитие смартфонов, облачных сервисов и интернета вещей (IoT) открывает новые возможности для оперативного контроля состояния посевов и принятия об-

основанных управленческих решений на основе анализа данных. Мобильные приложения позволяют не только собирать и анализировать информацию о состоянии посевов, но и предоставлять рекомендации по уходу за растениями, что способствует внедрению принципов точного земледелия. Благодаря доступности мобильных устройств и их широкому распространению среди фермеров, такие решения становятся ключевым инструментом для повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

### **Мобильные приложения для визуальной диагностики**

В последние годы мобильные приложения, использующие технологии компьютерного зрения и искусственного интеллекта, получили широкое распространение в агросекторе. Современные смартфоны оснащены высококачественными камерами, которые позволяют получать детализированные изображения растений прямо в поле. Приложения, такие как Plantix, Agrio, Leaf Doctor и другие, анализируют фотографии листьев и плодов, выявляя признаки заболеваний, дефицита питательных веществ или повреждений вредителями.

Алгоритмы машинного обучения, обученные на больших наборах изображений, способны распознавать типичные симптомы и классифицировать их с высокой точностью. Пользователь получает мгновенную обратную связь: приложение сообщает, здорова ли культура, и, при необходимости, предлагает рекомендации по лечению или профилактике.

Исследования показывают, что точность таких систем при определении распространенных болезней сельскохозяйственных культур достигает 85–90 % [1]. Это позволяет значительно сократить время на диагностику и снизить потери урожая за счет своевременного вмешательства. Кроме того, мобильные приложения часто интегрируются с базами знаний и форумами, где фермеры могут обмениваться опытом и получать консультации специалистов.

### **IoT-датчики и беспроводные сети в мониторинге растений**

Интеграция мобильных технологий с IoT-датчиками открывает новые горизонты для мониторинга состояния растений и окружающей среды. Сельскохозяйственные датчики, размещенные на полях, измеряют такие параметры, как влажность почвы, температура воздуха, уровень освещенности, содержание питательных веществ и даже концентрацию углекислого газа.

Собранные данные передаются на мобильные устройства фермера через беспроводные сети (Wi-Fi, Bluetooth, LoRaWAN, NB-IoT), что обеспечивает постоянный доступ к актуальной информации. Это позволяет оперативно реагировать на изменения условий выращивания,

например, своевременно поливать растения или вносить удобрения.

Примером успешной реализации подобного подхода является проект FarmBeats от Microsoft, который объединяет данные с наземных датчиков, погодных станций и спутниковых снимков в единой аналитической платформе. Использование IoT в сочетании с мобильными приложениями способствует внедрению принципов точного земледелия, оптимизации использования ресурсов и снижению затрат.

Кроме того, такие системы могут автоматически формировать отчеты, отправлять уведомления о критических изменениях и интегрироваться с другими цифровыми сервисами, что делает управление сельскохозяйственным производством более эффективным и прозрачным.

### **Дистанционное зондирование и мобильная аналитика**

Дистанционное зондирование (remote sensing) в сочетании с мобильными технологиями становится мощным инструментом для мониторинга больших сельскохозяйственных площадей. Использование дронов и спутников позволяет получать мультиспектральные изображения полей, на основе которых вычисляются различные вегетационные индексы, такие как NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), EVI и другие.

Мобильные приложения, например, Crop Monitoring, позволяют фермерам получать и анализировать эти данные в режиме реального времени. С помощью мобильной аналитики можно выявлять зоны стресса растений, определять участки с недостатком влаги или питательных веществ, а также прогнозировать урожайность.

Дистанционное зондирование особенно эффективно для раннего обнаружения проблем, которые не всегда видны невооруженным глазом, например, начальные стадии заболеваний или дефицита микроэлементов. Это позволяет оптимизировать использование ресурсов — воды, удобрений, средств защиты растений — и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Интеграция дистанционного зондирования с мобильными приложениями способствует повышению урожайности и снижению производственных рисков. Кроме того, такие решения делают технологии точного земледелия доступными даже для небольших фермерских хозяйств.

### **Перспективные технологии и будущее развитие**

Будущее мониторинга состояния растений связано с дальнейшим развитием мобильных технологий, искусственного интеллекта и IoT. Одним из перспективных направлений является использование портативных спектрометров, которые можно подключать к смартфонам для анализа биохимического состава растений прямо в поле. Это открывает возможности для более точной диагностики и индивидуального подхода к каждому растению.

Интеграция мобильных приложений с системами искусственного интеллекта позволит не только выявлять текущие проблемы, но и прогнозировать развитие заболеваний, оценивать риски и автоматизировать принятие решений. Использование больших данных и облачных вычислений обеспечит обработку информации с тысяч датчиков и изображений, что повысит точность и надежность рекомендаций.

Внедрение сетей 5G и развитие беспроводных технологий решит проблему задержек при передаче данных, особенно в удаленных сельскохозяйственных регионах, где традиционные каналы связи недоступны.

Кроме того, ожидается появление новых форм взаимодействия с пользователем — голосовые помощники, дополненная реальность (AR) для визуализации данных, интеграция с системами управления техникой и автоматизированными дронами. Всё это сделает мониторинг растений более доступным, точным и эффективным.

#### Литература:

1. Гордеев, А. В. Использование IoT-датчиков для мониторинга состояния сельскохозяйственных культур / А. В. Гордеев, Е. П. Сидоров. — Текст: непосредственный // Вестник аграрной науки. — 2020. — № 7. — С. 117.
2. Жураева, Г. Ш. Применение инновационных информационных технологий в сельском хозяйстве / Г. Ш. Жураева, Т. К. Бекетов. — Текст: непосредственный // Механика и технология. — 2024. — № 2. — С. 9.
3. Норалиев, Н. Х. Точное земледелие в цифровом сельском хозяйстве / Н. Х. Норалиев, Ф. Э. Юсупова, А. Н. Курвандинов. — Текст: непосредственный // Вестник науки и образования. — 2024. — № 23. — С. 101.
4. Якушев, В. П. Научные основы построения интеллектуальных систем для точного земледелия / В. П. Якушев, В. В. Якушев, С. Ю. Блохина. — Текст: непосредственный // Вестник защиты растений. — 2020. — № 1. — С. 36.

#### Заключение

Мобильные технологии, IoT и искусственный интеллект становятся неотъемлемой частью современного сельского хозяйства, обеспечивая новые возможности для мониторинга состояния растений и принятия обоснованных решений. Использование мобильных приложений, интегрированных с датчиками и системами дистанционного зондирования, позволяет повысить урожайность, снизить затраты и минимизировать риски, связанные с неблагоприятными погодными условиями и заболеваниями.

Дальнейшее развитие этого направления связано с совершенствованием алгоритмов ИИ, расширением возможностей IoT-устройств и внедрением новых коммуникационных технологий. Всё это будет способствовать созданию более устойчивых, продуктивных и экологически безопасных сельскохозяйственных систем, отвечающих вызовам XXI века.

## Анализ данных движения с помощью пакета pathviewr на R

Яблокова Елена Эдуардовна, студент магистратуры

Научный руководитель: Голубничий Артем Александрович, старший преподаватель  
Хакасский государственный университет имени Н. Ф. Катанова (г. Абакан)

*В статье автор исследует процесс анализа траекторий движения с использованием пакета pathviewr на языке программирования R.*

**Ключевые слова:** R, трекинг, поведенческий анализ, pathviewr.

**А**нализ движения объектов, особенно в исследованиях поведения животных, становится всё более популярным направлением в науке. Пакет pathviewr в R предоставляет мощные инструменты для обработки, фильтрации, визуализации и анализа данных движения. Он позволяет исследовать, как объекты (например, птицы, рыбы или дроны) перемещаются в пространстве, анализируя траектории с миллиметровой точностью [1].

Пакет pathviewr был разработан для удобной работы с трековыми данными, полученными, например, в системах оптического захвата движения. Такие данные могут включать координаты X, Y, Z во времени. Рассмотрим

основные этапы работы с этим пакетом, используя реальные примерные данные, включенные в пакет.

Для начала работы необходимо установить и подключить пакет pathviewr. В пакет включён демонстрационный набор данных pathviewr\_motive\_example\_data, представленный на рисунке 1.

Этот CSV-файл представляет собой экспорт трекинг-данных, полученных с помощью системы захвата движения OptiTrack Motive. Он содержит кадр за кадром координаты и характеристики движения одного объекта (например, метки на животном или человеке), захваченные в экспериментальном туннеле.



```
# A tibble: 6 × 26
  frame time_sec device02_rotation_x device02_rotation_y device02_rotation_z device02_rotation_w device02_position_x device02_position_y
  <int>   <dbl>         <dbl>         <dbl>         <dbl>         <dbl>         <dbl>         <dbl>
1  72210    722.         0.135         -0.977         -0.112         0.122         0.142         0.160
2  72211    722.         0.0819        -0.978         -0.0991        0.165         0.137         0.164
3  72212    722.         0.211         -0.973         -0.0939        0.0311        0.125         0.166
4  72213    722.         0.196         -0.972         -0.128         0.0351        0.118         0.168
5  72214    722.         0.131         -0.975         -0.121         0.132         0.113         0.173
6  72215    722.         0.0935        -0.975         -0.105         0.173         0.107         0.178
```

Рис. 1. Пример содержания данных набора pathviewr\_motive\_example\_data

Каждая строка — это информация об одной временной метке (frame), а столбцы — параметры позиции, времени и качества захвата.

Сырые данные часто содержат шум, а также пропущенные или неверные значения. Используем встроенную функцию `clean_viewr`, для предварительной очистки. Эта функция, удаляет шумовые измерения вне определённого диапазона, интерполирует пропущенные кадры и нормализует координаты относительно центра «туннеля», через который проходил объект [2].

На основе очищенных данных построим график перемещений объекта в координатах `length` — длина туннеля и `width` — ширина, представленном на рисунке 2.

На графике показано, как объект перемещался в пространстве: точки сгруппированы в виде проходов по туннелю. Каждая цветовая группа обозначает отдельную траекторию. Видно, что движения происходили по чётким путям в длину, с минимальным отклонением по ширине.

Теперь пересчитаем метрики, основываясь на доступных данных. Мы будем использовать столбцы, которые присутствуют в наборе данных, такие как положение устройства (`device02_position_x`, `device02_position_y`, `device02_position_z`) и время (`time_sec`).

Будем вычислять: скорость (скорость изменения положения по времени), угол обзора (если данные о вращении устройства есть), пространственную фрагментацию (для простоты можно рассматривать как изменения в траектории).

Читаем скорость как изменения координат по осям делённые на время между кадрами. Используем вращение устройства по оси `x` (`device02_rotation_x`). Делаем это на

основе арккосинуса, но в зависимости от того, как именно определяются углы, формулы могут меняться. Берём абсолютные значения изменений координат, что может дать нам представление о «ломаности» траектории. В реальных приложениях для более точного расчёта могут использоваться более сложные методы, но для данного примера подойдёт такой простой подход. В итоге получаем датафрейм с метриками, представленными в таблице 1.

Описание данных из таблицы 1:

— `time_sec` — это временная метка, которая представляет собой время в секундах на момент записи каждого кадра (или события). Этот столбец важен для вычислений, связанных с изменениями, происходящими с течением времени.

— `speed` — скорость. Здесь мы видим, как меняется скорость объекта в зависимости от времени. Это может показать, насколько активно он двигался в разные моменты времени.

— `vis_angle` — угол обзора. Эта метрика может использоваться для оценки углов поворота устройства.

— `sf` — фрагментация. Фрагментация траектории показывает изменения в движении по осям. Это может быть полезно для анализа того, насколько ровно или резко перемещался объект.

Таблица 1 показывает изменение характеристик движения по времени. Например, можно заметить, в какие моменты объект двигался быстрее или делал резкие повороты (по углу обзора). Метрика `sf` позволяет оценить, насколько траектория была «ломаной» — это может указывать на хаотичное поведение.

В итоге был выполнен полный цикл анализа:

1. Загружены реальные данные из программы Motive;

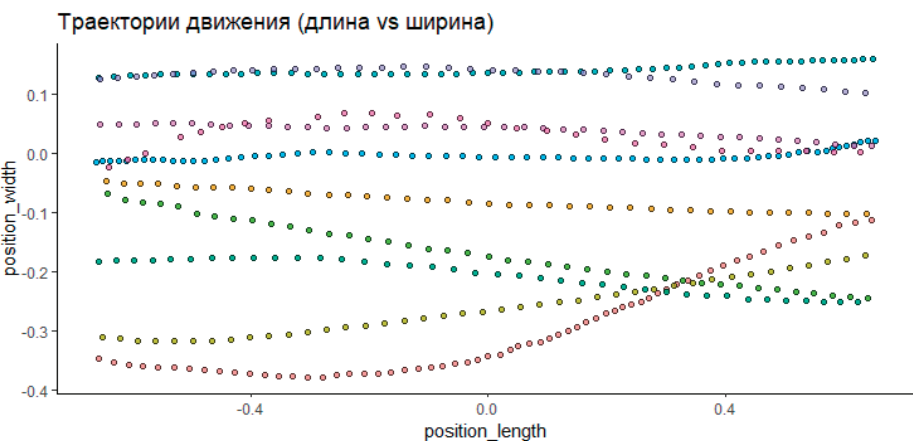


Рис. 2. График траектории движения



Таблица 1. Данные из датафрейма с метриками

time_sec	speed	vis_angle	sf
722.1	0.035	45.5	0.10
722.2	0.045	40.3	0.12
722.3	0.055	47.1	0.13
722.4	0.060	43.2	0.15
722.5	0.050	42.7	0.11

2. Очищены и стандартизированы траектории;

3. Построена наглядная визуализацию;

4. Вычислены ключевые метрики движения.

Пакет pathviewr — мощный и интуитивно понятный инструмент для обработки координатных данных, полу-

ченных в экспериментах с движением. Он упрощает не только визуализацию, но и предварительную обработку данных, что делает его особенно полезным для исследователей в области биомеханики, нейронауки и поведенческих наук.

Литература:

1. pathviewr: Wrangle, analyze, and visualize animal movement data [Электронный ресурс] URL: <https://cran.r-project.org/package=pathviewr> (дата обращения 10.06.2025)

2. All-in-one function to clean imported objects [Электронный ресурс] URL: [https://search.r-project.org/CRAN/refmans/pathviewr/html/clean\\_viewr.html](https://search.r-project.org/CRAN/refmans/pathviewr/html/clean_viewr.html) (дата обращения 16.06.2025)

Исследуем мир дикой природы с пакетом Spatially Explicit Capture-Recapture на R

Яблокова Елена Эдуардовна, студент магистратуры

Научный руководитель: Голубничий Артем Александрович, старший преподаватель

Хакасский государственный университет имени Н. Ф. Катанова (г. Абакан)

В статье автор исследует процесс пространственно-явного учета животных с использованием пакета secr на языке программирования R.

**Ключевые слова:** R, secr, метод, пространственный анализ.

Данная статья рассматривает основные возможности пакета secr в языке программирования R — мощного инструмента для пространственно-явного анализа мечения и повторных отловов. Он активно используется в экологии для оценки численности и распределения животных, особенно когда важно учитывать их пространственное размещение [1].

Методы мечения и повторного отлова применяются в экологических исследованиях для оценки численности популяции животных, которых невозможно пересчитать напрямую [2]. Однако традиционные подходы не всегда учитывают пространственное положение ловушек и перемещения особей. Именно здесь на помощь приходит пакет secr, реализующий пространственные модели поимки.

Пакет secr позволяет:

- оценивать плотность животных с учётом их пространственного распределения;
- использовать различные детекторы (ловушки, камеры, следовые площадки);
- настраивать вероятностные модели обнаружения;

— визуализировать данные поимки и полученные оценки на карте.

Пакет secr предлагает богатый функционал. Вот ключевые функции, используемые в типичном анализе:

- read.caphist() — загружает данные об отлове в формате capture history (история отлова), включая координаты ловушек;
- make.mask() — создает пространственную маску (сетку точек), на которой будет моделироваться плотность;
- secr.fit() — строит модель на основе данных отлова и маски;
- plot() — визуализирует маску, ловушки и результат моделирования;
- predictDsurface() — оценивает плотность животных на всей маске;
- Dsurface() — строит поверхность плотности;
- summary() — дает сводку по результатам модели.

Рассмотрим классический пример с использованием встроенных данных «ovenCH» — результат поимки овсянок в нескольких точках.

Таблица 1. Обзор данных из набора «ovenCH»

Session	BirdID	Sex	Occasion	TrapID	DetectorType	Notes
2005	1234.00001	M	1	A1	multi	первая поимка
2005	1234.00001	M	3	B2	multi	повторный отлов
2005	2345.00002	F	1	C3	multi	первая поимка
...	...	...	...	...	...	...
2009	3456.00003	M	5	A7	multi	смерть в ловушке (-)

В таблице 1 представлены данные из набора. Описание столбцов:

- Session: годовая сессия (2005–2009).
- BirdID: уникальный идентификатор маркированной птицы (например, 1234.00001).
- Sex: пол: M — самец, F — самка.
- Occasion: номер дня/окра в рамках сезона (например, 1...9).
- TrapID: ID ловушки (условное обозначение сетки).
- DetectorType: тип дектатора — в ovenCH это «multi»

— Notes: дополнительные примечания; например, повторный отлов или отрицательная отметка при смерти.

На рисунке 1 сначала создаётся маска пространственного поиска, указывая радиус, с которым животные могут быть обнаружены, используя функцию `make.mask()`. Параметр `buffer` в функции `make.mask()` пакета `secr` определяет ширину зоны вокруг ловушек, в пределах которой строится пространственная маска.

Затем строится модель с помощью функции `secr.fit()`, параметр `detectfn` = «HN» — указывает модель функции обнаружения (Half-Normal), которая предполагает, что

```
# Создаем пространственную маску с буфером 300 м
mask <- make.mask(traps(ovenCH), buffer = 300)

# Строим модель с функцией обнаружения Half-Normal
model <- secr.fit(ovenCH, mask = mask, detectfn = "HN")

# Получаем предсказанную поверхность плотности
dsurf <- predictDsurface(model)

# Создаем данные для визуализации с помощью ggplot2
dsurf_data <- as.data.frame(dsurf)
summary(model)

# преобразуем данные в длинный формат
long_data <- dsurf_data %>%
  pivot_longer(
    cols = everything(),
    names_to = c("year", ".value"),
    names_pattern = "x(\\d+)\\. (x|y)"
  ) %>%
  rename(x = x, y = y)

# Строим график с корректным использованием after_stat()
ggplot(long_data, aes(x = x, y = y)) +
  stat_density_2d(
    aes(fill = after_stat(level)),
    geom = "polygon",
    bins = 20,
    contour = TRUE
  ) +
  facet_wrap(~ year) +
  scale_fill_viridis_c(option = "c", name = "Плотность") +
  labs(
    title = "пространственное распределение плотности по годам",
    x = "координата X",
    y = "координата Y"
  ) +
  theme_minimal() +
  theme(
    strip.text = element_text(face = "bold", size = 12),
    axis.title = element_text(size = 12),
    legend.position = "right"
  )
```

Рис. 1. Реализация пространственного анализа



Рис. 2. Пространственное распределение плотности по годам

вероятность поймать животное уменьшается с расстоянием от центра активности.

Используя функцию `summary()` можно посмотреть сводку о построенной модели. Далее строится поверхность плотности с помощью функции `predictDsurface()`. Данные преобразовываются в длинный формат в виде датафрейма для удобного построения визуализации. Функция `ggplot` используется для построения графика, в данном случае в виде тепловой карты, представленной на рисунке 2.

Модель покажет, где плотность животных выше (например, возле водоема или кормовой базы), а где — ниже.

Это важно для принятия решений в области охраны природы: где устанавливать заповедники, как планировать маршруты наблюдений и т. д.

На графике видно, что в течение 5 лет, с 2005 по 2009 год, плотность животных почти не изменялась.

Пакет `secr` — мощный инструмент для зоологов, экологов и исследователей дикой природы. Он позволяет не просто считать животных, а оценивать их плотность с учетом географического пространства. Это открывает новые горизонты для анализа популяций, особенно в сочетании с данными с фотоловушек или меток GPS.

#### Литература:

1. `secr`: Spatially Explicit Capture-Recapture Models [Электронный ресурс] — <https://cran.r-project.org/package=secr> (дата обращения: 05.06.2025)
2. Методы оценки размеров популяции [Электронный ресурс] URL: <https://studfile.net/preview/6877960/> (дата обращения 10.06.2025)

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Геотермальная энергия: потенциал, проблемы и перспективы развития

Ал Дакик Бахаа, аспирант;

Аль-Идриси Мохаммед Салех, аспирант

Научный руководитель: Андрейко Наталья Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент

Кубанский государственный технологический университет (г. Краснодар)

*В настоящей статье рассматривается геотермальная энергия как перспективный и устойчивый источник чистой энергии, играющий ключевую роль в глобальном энергетическом переходе. Анализируются уникальные геологические условия регионов, способствующие развитию данной технологии, и ее возможное влияние на энергетический баланс, экономику и экологию. Особое внимание уделяется текущему состоянию геотермальных ресурсов в России, основным технологиям производства электроэнергии, а также ключевым проблемам эксплуатации, таким как солеотложение и коррозия. В статье освещаются преимущества геотермальной энергетики, включая ее неисчерпаемость, экологичность и способность обеспечивать базовую нагрузку, а также присущие ей недостатки, в частности, высокая стоимость разработки и необходимость утилизации отходов. Делается вывод о критической необходимости дальнейших исследований, технологических инноваций и стратегических инвестиций для эффективного освоения геотермального потенциала и его полноценного вклада в достижение национальных энергетических и экологических целей.*

**Ключевые слова:** геотермальная энергия, возобновляемые источники энергии, геотермальные ресурсы, геотермальные электростанции, проблемы эксплуатации, перспективы развития, энергетический баланс.

### Geothermal energy: potential, challenges, and development prospects

Al Dakik Bahaa, graduate student;

Al-Idrisi Mohammed Saleh, graduate student

Scientific advisor: Andreyko Natalia Gennadievna, candidate of technical sciences, associate professor

Kuban State Technological University (Krasnodar)

*This article examines geothermal energy as a promising and sustainable source of clean energy, playing a pivotal role in the global energy transition. It analyzes the unique geological conditions of regions conducive to the development of this technology and its potential impact on the energy balance, economy, and environment. Particular attention is given to the current state of geothermal resources in Russia, the main technologies for electricity generation, and key operational challenges such as salt deposition and corrosion. The article highlights the advantages of geothermal energy, including its inexhaustible nature, environmental friendliness, and base-load capacity, as well as its inherent disadvantages, specifically the high development costs and the need for waste disposal. It concludes by emphasizing the critical need for further research, technological innovations, and strategic investments for the effective utilization of geothermal potential and its full contribution to achieving national energy and environmental goals.*

**Keywords:** geothermal energy, renewable energy sources, geothermal resources, geothermal power plants, operational challenges, development prospects, energy balance.

#### Введение

Современный мир стоит перед лицом беспрецедентных вызовов, связанных с изменением климата, истощением традиционных ископаемых видов топлива и необходимостью обеспечения энергетической безопас-

ности. Ключевой проблемой остается рост выбросов парниковых газов от энергетических установок, особенно в регионах с высокой зависимостью от угля и нефтепродуктов. Несмотря на технологический прогресс, многие энергосистемы демонстрируют увеличение углеродоемкости, усугубляя глобальное потепление и ускоряя дегра-

дацию экосистем. Наибольший вклад в загрязнение атмосферы вносят тепловые электростанции, работающие на органическом топливе.

В процессе сжигания угля, газа и мазута образуются оксиды углерода ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ), способствующие парниковому эффекту. При содержании  $\text{CO}_2$  в воздухе более 3 % у людей учащается дыхание, сердцебиение, повышается давление крови, замедляется пульс и т. д. Большие концентрации  $\text{CO}_2$  (свыше 10 %) вызывают бурную отдышку и паралич дыхательного центра. Увеличение количества сжигаемого природного топлива с развитием индустриализации многих стран, особенно в течение последних 100–200 лет, привело к заметному повышению содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере. Попавший в атмосферу  $\text{CO}_2$  находится в ней в среднем 2–4 года, и за это время он распространяется повсеместно по всей земной поверхности. Влияние  $\text{CO}_2$  проявляется прежде всего в его способности поглощать инфракрасные лучи, вызывать так называемый парниковый эффект, т. е. потепление климата на Земле.

При нынешних темпах использования органических топлив в ближайшие 50 лет прогнозируется повышение среднегодовой температуры на планете в пределах от 1,5°C (близ экватора) до 5°C (в высоких широтах). Эти факторы обуславливают глобальный энергетический переход, направленный на кардинальное изменение структуры энергопотребления в сторону возобновляемых источников. Данный переход является не просто экологической инициативой, но и стратегическим императивом, движимым стремлением к диверсификации энергетических портфелей для достижения геополитической стабильности и долгосрочной экономической устойчивости. Чрезмерная зависимость от ископаемого топлива создает значительные геополитические уязвимости, подвергает экономики колебаниям цен и может препятствовать национальному суверенитету. В этом контексте возобновляемые источники энергии (ВИЭ) приобретают первостепенное значение, предлагая решения для декарбонизации, повышения энергетической независимости и устойчивого развития [1].

Среди многообразия возобновляемых источников энергии геотермальная энергетика занимает уникальное положение благодаря своим отличительным характеристикам. В отличие от солнечной и ветровой энергетики, геотермальные станции обеспечивают базовую нагрузку энергосистемы с минимальными выбросами  $\text{CO}_2$ , что позволяет значительно сократить углеродный след энергетического сектора, особенно в регионах с высокой геотермальной активностью.

Выработка геотермальной энергии не зависит от погодных условий, климата и времени суток, обеспечивая стабильное базовое энергоснабжение. Эта независимость от внешних факторов делает геотермальную энергию критически важным элементом для обеспечения общей стабильности энергосистемы в условиях будущего энергетического ландшафта, который будет все более зависеть от переменных возобновляемых источников. Такая способ-

ность геотермальных станций поддерживать постоянную подачу энергии позволяет им выступать в качестве стабилизирующей силы, способствующей более глубокой интеграции солнечной и ветровой энергии за счет обеспечения надежной базовой нагрузки. Это, в свою очередь, открывает путь к более агрессивной и безопасной декарбонизации энергетического сектора, повышая стратегическую значимость геотермальной энергии далеко за рамки ее индивидуальной генерирующей мощности.

Геотермальная энергия, источником которой является внутреннее тепло Земли, представляет собой колоссальный, но в значительной степени неиспользованный ресурс. Огромные запасы геотермальных источников во много раз превосходят ежегодное мировое потребление энергии, однако лишь малая их доля используется человечеством. Это разительное несоответствие между обширными глобальными запасами и текущим уровнем использования указывает на существование значительных системных барьеров, выходящих за рамки простой технической осуществимости. Эти барьеры, вероятно, включают экономические, регуляторные и информационные проблемы, которые в совокупности препятствуют широкому внедрению геотермальной энергии, несмотря на ее очевидные преимущества.

Таким образом, раскрытие полного потенциала геотермальной энергии требует не только продолжения технологических достижений, но и внедрения комплексных политических инструментов и инновационных финансовых механизмов, призванных снизить риски первоначальных инвестиций и ускорить проникновение на рынок. Геотермальная энергия может использоваться как для производства электроэнергии, так и для прямого теплоснабжения, что подчеркивает ее многогранность и потенциал для широкого спектра применений.

### Теоретические основы геотермальной энергетики

Геотермальную энергию принято разделять на два основных вида в зависимости от ее геологического происхождения и методов извлечения. Гидротермальная энергия образуется за счет естественных выходов горячей воды и пара на поверхность (например, теплые источники, гейзеры) или их залегания на доступных для бурения глубинах. Эксплуатация таких систем обычно включает бурение скважин для извлечения уже нагретого флюида. Петротермальная энергия (тепло сухих горячих пород) представляет собой тепловую энергию горных пород, залегающих на глубине, где отсутствует естественный водоносный горизонт. Для ее извлечения необходимо бурение двух скважин: в одну нагнетается вода, которая, нагреваясь от контакта с горячими породами, в виде пара или горячей воды выводится на поверхность через другую скважину.

Фундаментальное различие между гидротермальными и петротермальными системами влечет за собой значительную дивергенцию как в технологических требова-



ниях, так и в экономической целесообразности их эксплуатации. Гидротермальные системы, как правило, проще и менее капиталоемки в освоении, поскольку они используют уже существующие природные резервуары. Петротермальные системы, напротив, требуют создания искусственных путей для флюидов в горячих сухих породах, что сопряжено с более сложным бурением и изощренным проектированием резервуаров. Эта повышенная сложность для петротермальных систем приводит к более высоким затратам на исследования и разработки, большим буровым рискам и необходимости применения передовых методов стимуляции резервуаров.

Однако петротермальные ресурсы гораздо более распространены по всему миру, чем естественные гидротермальные системы, поскольку горячие сухие породы существуют почти повсеместно на достаточных глубинах. Это означает, что, хотя гидротермальные системы в настоящее время доминируют на рынке, петротермальные технологии (часто связанные с усовершенствованными геотермальными системами, или EGS) представляют собой долгосрочное, масштабируемое решение для раскрытия истинного глобального потенциала геотермальной энергии, что требует существенных будущих инвестиций в передовые технологии бурения и создания резервуаров.

Геотермальный градиент — это показатель изменения температуры Земли с глубиной, являющийся ключевым индикатором жизнеспособности геотермальных ресурсов. Геотермальные районы классифицируются по температурному градиенту: геотермальный (более 80°C/км, как правило, вблизи границ континентальных плит), полутермальный (40–80°C/км) и нормальный (менее 40°C/км) [2].

Термальные воды, используемые в качестве источника энергии, также классифицируются по температуре:

- Эпитермальные (низкопотенциальные): температура от 40–50°C до 90–100°C.
- Мезотермальные (среднепотенциальные): температура от 100–120°C до 180–200°C.
- Гипотермальные (высокопотенциальные): температура более 200°C.

Температурная классификация термальных вод выявляет присущий компромисс: более высокие температуры обеспечивают большую эффективность для производства электроэнергии (гипотермальные), но более низкие температуры (эпитермальные/мезотермальные) более распространены и универсальны для прямого использования тепла. Это подразумевает стратегическую необходимость диверсифицированных стратегий развития, которые оптимизируют использование ресурсов на основе конкретных температурных профилей, а не единственного фокуса на высокотемпературной генерации электроэнергии. Практические последствия этих температурных различий заключаются в том, что высокотемпературные ресурсы идеально подходят для традиционных технологий производства электроэнергии, таких как сухой пар или флэш-пар.

В то же время низкотемпературные ресурсы, хотя и не всегда экономически выгодны для выработки электроэнергии, прекрасно подходят для прямого использования, включая отопление помещений, горячее водоснабжение, обогрев теплиц в сельском хозяйстве и бальнеологию. Это означает, что потенциал региона не должен определяться исключительно его способностью генерировать электроэнергию. Даже районы с «нормальными» температурными градиентами или «эпитермальными» водами могут обладать значительной экономической и социальной ценностью за счет прямого использования тепла. Таким образом, комплексная национальная геотермальная стратегия должна применять многогранный подход, оптимизируя использование ресурсов на основе конкретных температурных профилей доступных ресурсов, тем самым значительно расширяя географический охват жизнеспособных геотермальных проектов за пределы традиционных зон с высокой энтальпией [3].

### **Передовые технологии производства геотермальной электроэнергии**

В настоящее время существует три основные схемы производства электроэнергии с использованием гидротермальных источников:

1. Прямая схема (сухой пар): используется на месторождениях, где из скважин поступает сухой или перегретый пар. Этот пар напрямую направляется на лопатки турбины, вращающей электрогенератор. Данная схема является наиболее простой и эффективной, но требует наличия высокотемпературных паровых ресурсов.

2. Непрямая схема (водяной пар / парогидротермы): наиболее распространенный тип ГеоТЭС. Используют горячие подземные воды (обычно температурой до 180–200°C), которые закачиваются при высоком давлении в сепараторы на поверхности. При снижении давления часть воды мгновенно испаряется, образуя пар. Полученный пар приводит в действие турбину. Если в оставшейся жидкости достаточно тепла, ее можно направить в следующий испаритель для дополнительного получения пара при более низком давлении.

3. Бинарный цикл: Эта схема применяется для использования геотермальных вод с умеренной температурой (от 80–100°C до 150–180°C) или в случаях, когда геотермальная вода имеет высокую минерализацию, вызывающую коррозию и отложения. Геотермальная вода пропускается через теплообменник, где нагревает вторичный рабочий агент (жидкость с низкой температурой кипения, например, фреон или изобутан). Пары вторичного агента вращают турбину. Процесс происходит в замкнутой системе, что минимизирует выбросы в атмосферу и проблемы с отложениями в турбинном контуре. Эта технология считается наиболее экологичной и перспективной для широкого круга геотермальных ресурсов. На данный момент наиболее универсальным и широко применимым является бинарный цикл.

Утверждение о том, что «бинарный цикл является наиболее универсальным и широко применимым» и «наиболее экологичным и перспективным», указывает на то, что его технологическая зрелость и благоприятный экологический профиль имеют решающее значение для освоения обширных низкотемпературных геотермальных ресурсов по всему миру. Это фактически расширяет доступный рынок для геотермальной энергетики за пределы исторически высокоэнтальпийных регионов. Традиционные технологии прямого и непрямого циклов высокоэффективны, но требуют высокотемпературных геотермальных ресурсов, которые географически сконцентрированы в определенных зонах, таких как активные вулканические регионы. Способность бинарного цикла эффективно использовать умеренные температуры (от 80 до 180°C) означает, что значительно большая часть земного геотермального тепла становится экономически выгодной для производства электроэнергии. Это технологическое достижение напрямую смягчает проблему «локальности ресурсов», выявленную далее в тексте [4].

Делая низкотемпературные ресурсы пригодными для эксплуатации, бинарный цикл демократизирует производство геотермальной энергии, позволяя большему числу регионов развивать свои собственные энергетические ресурсы. Это расширяет глобальный рынок геотермальных технологий и значительно увеличивает общий потенциал геотермальной энергии для внесения существенного вклада в мировой энергетический баланс, превращая ее из нишевого решения в более распространенный вариант возобновляемой энергии. Потенциально, тепло магмы может обеспечить неиссякаемой энергией, однако разработка технологий для его эффективного и безопасного использования является задачей будущего.

### **Геотермальные ресурсы: мировой и российский контекст**

Мировой геотермальный ландшафт характеризуется огромным неиспользованным потенциалом. Огромные запасы геотермальных источников во много раз превосходят ежегодное мировое потребление энергии, однако лишь малая их доля используется человечеством. Активно ведутся исследования потенциальных месторождений и разработка более эффективных методов извлечения энергии. Ежегодно производственная мощность ГеоТЭС в мире растет. По экономическим показателям данная отрасль сопоставима с угольными ТЭС в ряде регионов.

Успешные примеры Исландии и Японии демонстрируют, что значительное проникновение геотермальной энергии вполне достижимо. Исландия практически полностью покрывает свои коммунально-бытовые нужды за счет геотермальных источников. Япония, расположенная в зоне высокой сейсмической и вулканической активности, имеет около 20 объектов по получению

геотермальной энергии с общей производительностью около 550 МВт. Эти достижения неразрывно связаны со специфическими, крайне благоприятными геологическими условиями, характеризующимися высокой сейсмической и вулканической активностью [5]. Это указывает на то, что, хотя глобальный геотермальный потенциал огромен, его экономически целесообразная эксплуатация часто локализована, что требует индивидуальных региональных стратегий развития, а не универсального подхода. Таким образом, глобальная тенденция увеличения геотермальных мощностей отражает двойной путь развития: максимизация эксплуатации высокоэнтальпийных ресурсов там, где они доступны естественным образом, и постепенное освоение низкоэнтальпийных ресурсов за счет непрерывных технологических инноваций и исследований. Потенциально, около 40 стран мира могут обеспечить значительную долю своих потребностей в электроэнергии за счет геотермальных ресурсов.

Россия обладает огромными запасами геотермальной энергии, сосредоточенными в Предкавказье, Западной и Восточной Сибири, на Камчатке, Курильских островах, Сахалине и Дальнем Востоке, с расчетным суммарным дебитом термальных вод около 218 м<sup>3</sup>/с. Исторические данные, полученные в результате обширных исследований, начатых в 1954 году, позволили составить геотермальные карты СССР и России. Результаты опробования пробуренных нефтяных, газовых и специализированных геотермальных скважин позволяют с достаточной степенью достоверности прогнозировать геотермальные ресурсы регионов [6].

Обширные исторические данные, накопленные в период СССР, и оценка общего дебита термальных вод примерно в 218 м<sup>3</sup>/с убедительно свидетельствуют о наличии в России хорошо документированной и существенной геотермальной ресурсной базы. Однако текущий уровень эксплуатации, при котором общий дебит эксплуатируемых скважин превышает лишь 50 тыс. м<sup>3</sup>/сут, что эквивалентно примерно 0,57 м<sup>3</sup>/с, выявляет значительный разрыв между доказанным потенциалом и фактическим использованием. Это несоответствие указывает на наличие глубинных экономических, инфраструктурных или политических барьеров, а не на недостаток геологического понимания или идентификации ресурсов. Если ресурсы действительно огромны и тщательно исследованы, то причина их ограниченной эксплуатации кроется не в отсутствии знаний, а в неспособности эффективно трансформировать выявленный потенциал в развернутые мощности. Это может быть связано с высокой стоимостью разработки и строительства геотермальных проектов, отсутствием конкурентных тарифов на геотермальную энергию, недостаточными инвестиционными стимулами или логистическими сложностями освоения удаленных, богатых ресурсами районов. Исторические инвестиции в размере более 4 миллиардов долларов (в ценах того времени) в период СССР дополнительно подчеркивают, что

значительная часть фундаментальных работ уже была выполнена, что означает, что текущее недоиспользование является преимущественно вопросом стратегической политики и экономического приоритета, а не дефицита знаний о ресурсах [6].

На данный момент в России разведано около 70 месторождений геотермальной энергии (некоторые источники указывают 66), на 20 из которых ведется эксплуатация термальных вод в промышленных целях. В 11 регионах России, включая Дагестан, Чечню, Краснодарский и Ставропольский края, Адыгею, Карачаево-Черкессию, Кабардино-Балкарию, Камчатку, Сахалин, Чукотку и Магаданскую область, разведано 66 геотермальных месторождений с температурами на устье скважин от 40 до 300°C и эксплуатационными запасами более 300 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Суммарный дебит эксплуатируемых скважин превышает 50 тыс. м<sup>3</sup>/сут. В настоящее время установленная мощность российских систем геотермального теплоснабжения составляет около 310 МВт (тепловых), с годовым отпуском тепловой энергии порядка 170 ГВт·ч/год. Только на Камчатке пробурено около 365 скважин глубиной от 225 до 2266 м [7].

Тот факт, что только 20 из 66–70 разведанных геотермальных месторождений в России в настоящее время эксплуатируются, и что большая часть использования геотермальной энергии в России приходится на тепловую

энергию (310 МВт тепловых, 170 ГВт·ч/год тепла), несмотря на наличие высокотемпературных ресурсов, таких как на Камчатке (70–300°C), указывает на преобладающий фокус на прямом использовании тепла, а не на производстве электроэнергии. Это может свидетельствовать либо о задержке в преобразовании высокотемпературного потенциала в электростанции, либо о приоритете более простых и немедленно жизнеспособных проектов прямого теплоснабжения.

Такое положение дел предполагает, что текущая геотермальная стратегия России, хотя и признает наличие ресурса, возможно, отдает приоритет менее капиталоемким и менее рискованным проектам прямого использования тепла по сравнению с более капиталоемкими проектами по производству электроэнергии. Существующая мощность в 310 МВт (тепловых) значительна для местных нужд отопления, но не в полной мере использует высокоэнтальпийные ресурсы для генерации электроэнергии в масштабах энергосистемы. Это указывает на острую необходимость в целенаправленных политических стимулах, специально направленных на содействие производству электроэнергии из высокотемпературных месторождений, или на дальнейшее ускоренное развитие и внедрение технологии бинарного цикла для обеспечения более широкого производства электроэнергии из низкотемпературных ресурсов.

Таблица 1. Разведанные геотемальные месторождения в Российской Федерации

Субъект РФ	Кол-во Месторождений	Температура, °C	Эксплуатационные запасы, тыс. м <sup>3</sup> /сут	Добыча, тыс. м <sup>3</sup> /сут	Объем замещаемого топлива, т.т/год
Республика Дагестан	17	40–104	86,2	10,4	71400
Чеченская Республика	14	60–108	64,68	н/д	н/д
Краснодарский край	13	72–117	35,574	4,39	49400
Ставропольский край	4	55–119	12,2	1,0	2800
Республика Адыгея	3	70–91	8,98	2,1	13300
Карачаево-Черкесская республика	1	50–75	6,8	0,4	2900
Кабардино-Балкарская республика	2	56–67	5,3	0,05	н/д
Камчатская область	12	70–300	83,8(32,5*)	34,3	151900
Сахалинская область	2	85–320	8,2*	н/д	н/д
Чукотский авт. окр. и магад об	3	60–87	3,5	н/д	н/д

Таблица 1 количественно определяет расхождение между «Эксплуатационными запасами» и «Добычей» для многих регионов, эмпирически подтверждая ранее сделанный вывод о недоиспользовании [8]. Например, Краснодарский край демонстрирует 35,574 тыс. м<sup>3</sup>/сут запасов, но лишь 4,39 тыс. м<sup>3</sup>/сут. текущей добычи, что указывает на значительный неиспользованный потенциал. Колонка «Объем замещаемого топлива» напрямую переводит ис-

пользование геотермальной энергии в ощутимые экономические и экологические выгоды, количественно определяя сокращение потребления ископаемого топлива. Это предоставляет четкий, измеримый показатель для политиков и потенциальных инвесторов относительно реального воздействия и ценностного предложения геотермального развития. В конечном итоге, эта таблица служит жизненно важной основой для планирования бу-

дущего развития и определения целевых показателей политики, позволяя систематически отслеживать прогресс в отношении выявленных ресурсных потенциалов. Без таких детализированных, эмпирических данных обсуждения геотермального потенциала России оставались бы в значительной степени теоретическими и лишенными прочной доказательной базы.

### **Основные проблемы использования геотермального тепла и эксплуатации ГеоТЭС**

#### *Геохимические проблемы*

Основные проблемы использования геотермального тепла и эксплуатации ГеоТЭС тесно связаны с агрессивным химическим составом геотермальных флюидов. Солеотложение: Геотермальные воды часто содержат большое количество растворенных минеральных солей, которые при изменении температуры и давления выпадают в осадок на стенках труб, теплообменников и другого оборудования. Это приводит к снижению их эффективности и необходимости частых очисток или замен. Коррозия материалов: Агрессивный химический состав термальных вод, включающий высокую минерализацию, наличие сероводорода, уголекислоты и других химически активных компонентов, вызывает интенсивную коррозию металлических частей оборудования [9].

Широкое распространение и значительное влияние солеотложения и коррозии указывают на то, что предполагаемая «относительно низкая себестоимость энергии (после амортизации капитальных затрат)» для геотермальных проектов существенно нивелируется повышенными эксплуатационными расходами и затратами на техническое обслуживание. Это напрямую влияет на долгосрочную экономическую жизнеспособность и общую конкурентоспособность геотермальной энергетики. Если эксплуатационные расходы постоянно высоки из-за этих геохимических проблем, это подрывает преимущество «низких эксплуатационных затрат», которым геотермальная энергия теоретически обладает после амортизации первоначальных капитальных вложений.

Это означает, что, хотя «топливо» (тепло Земли) бесплатно, стоимость поддержания целостности и эффективности системы, необходимой для доступа и преобразования этого топлива, может быть значительной. Таким образом, разработка эффективных решений этих геохимических проблем — посредством достижений в материаловедении, сложных методов химического ингибирования или внедрения замкнутых систем, таких как бинарные циклы, которые минимизируют контакт с коррозионными флюидами — является не просто техническим улучшением, но критически важным экономическим фактором для более широкого внедрения геотермальной энергии, напрямую влияющим на приведенную стоимость энергии (LCOE) геотермальной электроэнергии.

#### *Управление флюидами: стратегии утилизации и обратной закачки отработанной воды*

Управление отработанными геотермальными флюидами является критически важным аспектом эксплуатации. Отработанная термальная вода, изменившая свой химический состав и температуру, должна быть утилизирована. Наиболее экологически приемлемым и технологически правильным методом является ее обратная закачка в водоносный горизонт для поддержания пластового давления и восполнения запасов. Однако это требует дополнительных затрат и технологических решений [10].

Обязательное требование обратной закачки отработанных геотермальных флюидов подчеркивает, что геотермальная энергия, несмотря на свою «экологическую безопасность», не полностью лишена потребностей в управлении окружающей средой. Этот процесс добавляет значительный уровень инженерной сложности и стоимости к проектам, что может стать заметным барьером для новых разработок. Текст явно указывает, что это «требует дополнительных затрат и технологических решений». Это означает, что обратная закачка не является тривиальной задачей; она включает сложные соображения, выходящие за рамки простого бурения скважины. К ним относятся обеспечение долгосрочной приемистости, предотвращение нежелательной миграции флюидов или короткого замыкания, а также тщательное управление потенциальной наведенной сейсмичностью.

Это означает, что «экологическая безопасность» геотермальной энергии зависит от успешного и ответственного внедрения стратегий управления флюидами. Если обратная закачка выполняется неправильно или считается слишком дорогой, это может привести к неблагоприятным экологическим последствиям (например, сбросу на поверхность, загрязнению грунтовых вод) или истощению ресурсов (например, падению пластового давления), тем самым подрывая экологические преимущества геотермальной энергии. Таким образом, разработка эффективных и экономически выгодных технологий и стратегий обратной закачки имеет первостепенное значение для обеспечения долгосрочной экологической целостности и экономической жизнеспособности геотермальной энергетики, превращая потенциальную эксплуатационную проблему в хорошо управляемый аспект развития проекта [11].

#### *Экологические и эксплуатационные риски: выбросы неконденсирующихся газов и наведенная сейсмичность*

Хотя геотермальная энергия широко признана за свою «экологическую безопасность», существуют определенные экологические и эксплуатационные риски. Один из них — это риск выбросов вредных газов, например, сероводорода. Хотя современные технологии позволяют минимизировать эти выбросы, такой риск существует, особенно на старых или менее технологичных станциях.



Вопрос сжигания попутного газа на факелах в большей степени характерен для нефтегазовых месторождений, где попутно извлекаются термальные воды. Применительно к чисто геотермальным проектам, вопрос скорее в утилизации неконденсирующихся газов (включая сероводород), выделяющихся из геотермального флюида [11].

Другой, хотя и редкий, риск связан с провоцированием микросейсмической активности. При реинъекции больших объемов воды в некоторых геологических условиях теоретически возможно изменение напряженного состояния пород, что может привести к микроземлетрясениям. Несмотря на то, что геотермальная энергия считается экологически чистой, явное признание «риска выбросов вредных газов» и «риска провоцирования микросейсмической активности» указывает на то, что ее экологический профиль не является абсолютно безупречным. Это требует тщательного мониторинга, передовых технологий смягчения воздействия и прозрачной общественной коммуникации для поддержания ее «зеленых» преимуществ и обеспечения социальной лицензии на деятельность. Хотя риски присутствуют, современные технологии позволяют их минимизировать.

Наведенная сейсмичность, хотя и редко, остается серьезной проблемой для общественности. Эти потенциальные риски, даже если они редки или технологически управляемы, могут глубоко повлиять на общественное восприятие, процессы получения разрешений на проекты и общую социальную приемлемость. «Экологическая безопасность» геотермальных проектов, таким образом, зависит от эффективного внедрения надежных технологий смягчения воздействия (например, систем улавливания газов, сложного управления давлением закачки) и проактивной, прозрачной коммуникации с местными сообществами. Без таких комплексных мер эти потенциальные недостатки могут подорвать «зеленый» имидж геотермальной энергии и препятствовать ее социальной лицензии на деятельность, особенно в густонаселенных или сейсмически активных районах. Это подчеркивает критическую важность строгих оценок воздействия на окружающую среду и непрерывного операционного мониторинга [12].

### **Преимущества и недостатки геотермальной энергетики**

Геотермальная энергия обладает широким спектром экологически и экономически привлекательных качеств.

- Практическая неисчерпаемость ресурсов: Запасы геотермального тепла Земли огромны и во много раз превышают запасы всех видов ископаемого топлива.

- Широкое распространение: Концентрация геотермальной энергии, пригодной для использования, связана не только с зонами активной сейсмической деятельности (например, Калифорния, Новая Зеландия, Исландия, Япония, Камчатка, Северный Кавказ), но и с наличием термальных вод на умеренных глубинах во многих других регионах.

- Независимость от внешних условий: В отличие от солнечной и ветровой энергетики, выработка геотермальной энергии не зависит от погоды, климата и времени суток, обеспечивая стабильное базовое энергоснабжение.

- Многогранность применения: Геотермальная энергия может использоваться для производства электроэнергии, прямого теплоснабжения (отопление, горячее водоснабжение), в сельском хозяйстве (обогрев теплиц, рыбоводство), в промышленных процессах и бальнеологии. [13]

- Экологическая безопасность (при соблюдении технологий): Современные ГеоТЭС, особенно с бинарным циклом, имеют минимальные выбросы вредных веществ в атмосферу. Правильная утилизация отработанных вод также снижает экологические риски.

- Относительно низкая себестоимость энергии (после амортизации капитальных затрат): хотя первоначальные инвестиции высоки, эксплуатационные расходы могут быть ниже по сравнению с традиционными источниками энергии, так как «топливо» (земное тепло) бесплатно.

- Обеспечение энергонеуязвимости: Использование местных геотермальных ресурсов снижает зависимость регионов и стран от импорта энергоносителей.

- Компактность станций: ГеоТЭС занимают значительно меньшую площадь по сравнению, например, с угольными ТЭС (с учетом угледобычи и хранения отходов) или крупными ГЭС.

Несмотря на многочисленные преимущества, использование геотермальной энергии сопряжено с рядом проблем [14]:

- Высокая стоимость разработки и строительства станций: это основной сдерживающий фактор, особенно на начальных этапах освоения.

- Необходимость утилизации химически активных вод: требуется либо их обратная закачка в недра, либо специальная очистка перед сбросом, что удорожает проект.

- Риск выбросов вредных газов (например, сероводорода): хотя современные технологии позволяют минимизировать эти выбросы, такой риск существует, особенно на старых или менее технологичных станциях.

- Локальность ресурсов: экономически целесообразно использовать геотермальную энергию в непосредственной близости от месторождений, так как транспортировка тепла на большие расстояния связана со значительными потерями.

- Риск провоцирования микросейсмической активности (редко): при реинъекции больших объемов воды в некоторых геологических условиях теоретически возможно изменение напряженного состояния пород [15].

### **Перспективы развития геотермальной энергетики**

Будущее геотермальной энергетики неразрывно связано с технологическими инновациями, направленными на преодоление текущих ограничений. Особое значение приобретают усовершенствованные геотермальные си-



стемы (EGS), которые стремятся создавать или улучшать искусственные резервуары в горячих сухих породах, тем самым расширяя географический охват геотермальных ресурсов. Эти системы позволяют осваивать ресурсы, недоступные для традиционных гидротермальных методов.

Дополнительно, развитие замкнутых систем, таких как бинарный цикл, минимизирует прямой контакт флюида с породой, что эффективно смягчает геохимические проблемы, такие как солеотложение и коррозия. Эти инновации являются ключевыми для расширения глобального рынка и повышения экономической жизнеспособности геотермальной энергии. Упоминание тепла магмы как «задачи будущего» подразумевает, что текущие технологические достижения, особенно в таких областях, как EGS, представляют собой важные промежуточные шаги к раскрытию истинной «практической неисчерпаемости» геотермальной энергии. Эти инновации выводят отрасль за рамки исторической зависимости от естественных гидротермальных систем к более инженерному подходу.

Развитие и широкое внедрение EGS и других переносимых замкнутых систем напрямую решают проблемы «локальности ресурсов» и «высокой стоимости разработки», делая геотермальную энергию доступной в значительно более широком диапазоне геологических условий по всему миру [16]. Более того, замкнутые системы потенциально могут снизить эксплуатационные расходы и затраты на техническое обслуживание, связанные с химией флюидов. Этот фундаментальный сдвиг от пассивной эксплуатации природных гидротермальных систем к активному проектированию геотермальных резервуаров представляет собой изменение парадигмы, потенциально превращая геотермальную энергию из регионально значимого ресурса в глобально повсеместный источник базовой нагрузки, тем самым фундаментально изменяя ее долгосрочное стратегическое значение в мировом энергетическом балансе.

Существенный разрыв между выявленным геотермальным потенциалом России (например, общий дебит 218 м<sup>3</sup>/с) и ее текущей эксплуатируемой мощностью (например, 50 тыс. м<sup>3</sup>/сут и 310 МВт тепловых) убедительно указывает на то, что основные барьеры на пути развития заключаются не в геологических открытиях или технической осуществимости (учитывая обширные исследования времен СССР). Вместо этого, они кроются в отсутствии надежной политической поддержки, эффективных финансовых стимулов и упорядоченных регуляторных рамок, которые могли бы снизить риски проектов и привлечь достаточные инвестиции. Если ресурс известен, и технология (например, бинарный цикл) существует, то экономический барьер должен быть достаточно значительным, чтобы препятствовать широкому инвестированию.

Это означает, что существующие рыночные механизмы в настоящее время недостаточны для преодоления высоких первоначальных капитальных затрат и длительных сроков окупаемости, характерных для геотермальных проектов. Таким образом, проактивное государственное

вмешательство посредством поддерживающей политики, такой как благоприятные тарифы (например, «зеленые» тарифы), гарантированные соглашения о покупке электроэнергии, целевые налоговые льготы или специальные государственные программы финансирования, является не просто желательным, но и крайне важным. Без таких комплексных политических рамок обширный геотермальный потенциал России, вероятно, останется в значительной степени неиспользованным, что мешает этому чистому источнику энергии сыграть свою полноценную роль в национальном энергетическом переходе и достижении более широких климатических целей. Это переносит акцент с чисто геологической разведки на критическую потребность в экономических и политических инновациях [17].

Расширенное использование геотермальной энергии может внести значительный вклад в достижение национальной энергетической независимости, сокращение выбросов парниковых газов и поддержку более широких климатических целей. Присущая геотермальной энергии «независимость от внешних условий» и «компактность станций» делают ее исключительно подходящим кандидатом для децентрализованных энергетических решений. Это особенно ценно для удаленных или изолированных сообществ, тем самым значительно способствуя региональной энергетической безопасности и устойчивости, помимо простого повышения стабильности национальной энергосистемы. Компактность означает, что она требует минимальной площади земли, а независимость от внешних условий означает, что она не зависит от местных погодных условий. Эти характеристики делают ее очень подходящей для локализованных, автономных или микросетевых энергетических систем [18].

Многие удаленные регионы, особенно в России (например, Камчатка, Курильские острова, Чукотка, Магаданская область, как подробно описано в Таблице 1), часто сильно зависят от дорогостоящего и загрязняющего импортного дизельного топлива для производства электроэнергии. Геотермальная энергия, будучи местным, стабильным и компактным источником энергии, может обеспечить значительную энергетическую независимость и резко сократить логистические затраты для таких сообществ. Это способствует не только более широкой национальной энергетической безопасности, но и стимулирует региональное экономическое развитие и экологическую устойчивость за счет вытеснения высокоуглеродной, дорогостоящей местной генерации, демонстрируя глубокий и локализованный мультипликативный эффект от стратегического развертывания геотермальной энергии [19].

## Выводы

Геотермальная энергетика представляет собой колоссальный, но в значительной степени неиспользованный потенциал, особенно в контексте Российской Федерации. Обширные запасы, подтвержденные десятилетиями ис-

следований и разведанными месторождениями, указывают на значительные возможности для ее развития. Несмотря на очевидные преимущества, такие как практическая неисчерпаемость ресурсов, независимость от внешних условий, экологическая безопасность и потенциально низкая себестоимость энергии после амортизации капитальных затрат, отрасль сталкивается с рядом существенных вызовов. К ним относятся высокая стоимость разработки и строительства станций, необходимость утилизации химически активных вод, риск выбросов вредных газов и локальность ресурсов [20].

Однако эти проблемы, хотя и значительны, в значительной степени преодолимы. Развитие технологических инноваций, таких как усовершенствованные геотермальные системы (EGS) и замкнутые бинарные циклы, существенно расширяет географические границы применимости геотермальной энергии и снижает эксплуатационные риски. Эти технологии, делающие возможной эксплуатацию низкотемпературных и петротермальных ресурсов, являются ключевыми для перехода геотермальной энергии от нишевого к более универсальному источнику.

Основная проблема, препятствующая полномасштабному освоению геотермального потенциала, особенно в России, заключается не столько в отсутствии ресурсов или технологических решений, сколько в необходимости формирования благоприятной политической и инвестиционной среды [21]. Существующий разрыв между огромными разведанными запасами и текущим уровнем экс-

плуатации указывает на то, что рыночные механизмы сами по себе недостаточны для преодоления высоких первоначальных капитальных затрат и длительных сроков окупаемости геотермальных проектов.

В конечном итоге, геотермальная энергия, несмотря на свою капиталоемкость, предлагает относительно низкую себестоимость энергии после амортизации и практически неисчерпаемый ресурс. Это означает, что долгосрочные стратегические выгоды — включая повышение энергетической безопасности, значительное смягчение последствий изменения климата и обеспечение стабильной базовой нагрузки — существенно перевешивают первоначальные инвестиционные барьеры.

Таким образом, геотермальная энергия позиционируется как критически важный, хотя и капиталоемкий, компонент для достижения устойчивого энергетического будущего [22]. Для реализации этого потенциала необходима проактивная государственная поддержка в виде целевых политических мер, таких как благоприятные тарифы, гарантированные соглашения о покупке электроэнергии, налоговые льготы и государственные программы финансирования. Только комплексный подход, сочетающий технологические инновации с сильной политической волей и стратегическими инвестициями, позволит геотермальной энергетике занять достойное место в глобальном и национальном энергетическом балансе, способствуя устойчивому развитию и энергетической независимости.

#### Литература:

1. Альтернативная энергетика Отопление Геотермальная энергетика Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) Системы накопления энергии (СНЭ) // Энергетика. 2025. № 01–02 (501–502).
2. Геотермальная энергетика ГеоЭС: Энергия тепла Земли: нужны технологии и кадры // Энергетика. 2025. № 08 (508).
3. Kalair, A. [et al.]. Geothermal energy stands as a vital pillar in the global energy transition, offering a reliable and sustainable alternative to traditional fossil fuels. 2021.
4. Геотермальная энергетика Природный газ: Энергия от частного // Энергетика. 2025. № 03–04 (503–504).
5. REN21. Geothermal Power and Heat. 2023.
6. Бутузов, В. А. Геотермальное теплоснабжение: российские научные и инженерные школы // СОК. 2018. № 11. С. 52–61.
7. Teodoriu, C., Bello, O. Innovations in drilling technologies have played a pivotal role in enhancing the efficiency and economic viability of geothermal projects. 2021.
8. U. S. Department of Energy. Enhanced Geothermal Systems: A Promising Source of Round-the-Clock Energy. 2025.
9. Geothermal power in Russia // Wikipedia. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Geothermal\\_power\\_in\\_Russia](https://en.wikipedia.org/wiki/Geothermal_power_in_Russia) (accessed: 01.06.2025).
10. Zhu, J. The recently constructed geothermal power plant (16 MW) at Yangyi in Tibet adopted binary cycle technology (using isopentane as the working fluid), making it the first geothermal power plant in China that operates in closed-loop. 2018.
11. Алхасов, А. Б. Геотермальная энергетика: проблемы, ресурсы, технологии. Москва: Физматлит, 2008. 376 с.
12. Бутузов, В. А. История и проблемы развития геотермальной энергетике в России // Окружающая среда и энергетика. 2019.
13. Svalova, V. B. Development of Geothermal Energy in Russia. Moscow, Russia: Institute of Environmental Geoscience RAS, 2002.
14. Гарипов, М. Г. Ветроэнергетика // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16, № 2. С. 64–65.
15. IRENA. Global Geothermal Market and Technology Assessment. 2023.
16. Геотермальная энергетика Новые технологии: Горячая надежда немцев // Энергетика. 2025. № 08 (508).
17. Kumar, A. [et al.]. Geothermal energy holds immense promise as a sustainable and renewable resource, providing a reliable and continuous power source while emitting minimal greenhouse gases. 2022.

18. Дворов, И. М. Геотермальная энергетика. Москва: Наука, 1976. 192 с.
19. Мартынова, Т. И., Хамзина, З. А. Геотермальный потенциал ведущих стран мира в этой отрасли энергетики. Также рассмотрены перспективы развития России в данном направлении. Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2016.
20. Саликеева, С. Н., Галеева, Ф. Т. Обзор методов получения альтернативной энергии // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15, № 8. С. 57–59.
21. Ученые из Томского политеха создали геотермальную установку для энергоснабжения потребителей // Производства.рф. URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/164760/> (дата обращения: 01.06.2025).
22. Череменский, Г. А. Прикладная геотермия. Ленинград: Недра, 1977. 244 с.

## Функциональная схема устройства для проверки кабелей

Кондратьев Олег Сергеевич, студент

Научный руководитель: Смолин Владимир Алексеевич, кандидат технических наук, доцент  
Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске

Электрические кабели являются неотъемлемой частью жизни и используются практически во всех сферах жизни, от бытовой электроники до промышленного оборудования. Правильность и исправность кабельных соединений влияет на стабильную передачу данных, безопасность эксплуатации устройств и корректную работу оборудования [1].

Основными дефектами кабелей являются:

- короткое замыкание, которое возникает при контакте между двумя или более жилами, что может привести к выходу из строя подключённого оборудования или возгоранию;
- перепутанные жилы, являющиеся частой ошибкой при ручной распайке разъёмов, особенно в симметричных кабелях, где визуально жилы не различаются;
- обрыв жилы, который приводит к невозможности передачи сигнала или питания, что нарушает работоспособность всей системы.

Кабели требуют регулярной проверки, как при выпуске продукции, так и в процессе её эксплуатации. Существующие методы тестирования подразумевают либо использование узкоспециализированных приборов, либо трудоёмких ручных измерений с помощью мультиметров. Ручной подход не всегда эффективен, так как увеличивается затраченное время проверки и не исключается фактор человеческой ошибки, особенно это будет заметно в условиях массового производства.

Устройство для проверки кабелей — прибор, предназначенный для оперативной диагностики состояния кабелей. Такое устройство позволяет быстро и в автоматическом режиме проверять кабели на неисправность и уведомлять пользователя об этом при помощи дисплея.

Для реализации удобного и универсального инструмента диагностики кабелей была спроектирована функциональная схема устройства, учитывающая требования к автоматической проверке, простоте использования

и визуальной индикации неисправностей. Основные компоненты и их взаимодействие показаны на рис. 1.

Микроконтроллер (MCU) — это основной управляющий элемент, который отвечает за обработку данных и координацию работы компонентов схемы. При выборе микроконтроллера важно обратить внимание на наличие в нем шины SPI (Serial Peripheral Interface) и I2C, для подключения необходимой периферии [2].

Устройство для внешнего хранения данных, представленное в виде micro-SD карты, подключается по аппаратному интерфейсу SPI и служит для хранения конфигурационных файлов.

Дисплей, подключаемый по аппаратной шине SPI, служит для удобного и наглядного представления информации пользователю. С его помощью отображается графическое меню (рис. 2), включающее такие пункты, как «Check Display», отвечающий за переход к экрану с тестированием кабеля, «Settings», отвечающий за применение конфигурационных файлов для последующей проверки кабеля, и «Shutdown», отвечающий за выключение устройства.

Звукоизлучатель используется для звукового оповещения пользователя, что делает устройство более информативным. Звуковые сигналы могут информировать, например, об окончании тестирования кабеля.

Энкодер с кнопкой является основным элементом управления и предназначен для навигации по меню устройства. При помощи вращения энкодера осуществляется перемещение по меню, а при помощи нажатия кнопки подтверждение выбора.

Расширители портов, подключаемые по аппаратной шине I2C, используются для увеличения числа доступных портов вход/выход, без использования сложных микросхем.

Устройство может питаться либо от внешнего источника постоянного напряжения 5 В, либо от встроенного аккумулятора. Такая схема питания обеспечивает гибкость использования: при наличии стационарного питания устройство работает от сети, а при его отсутствии

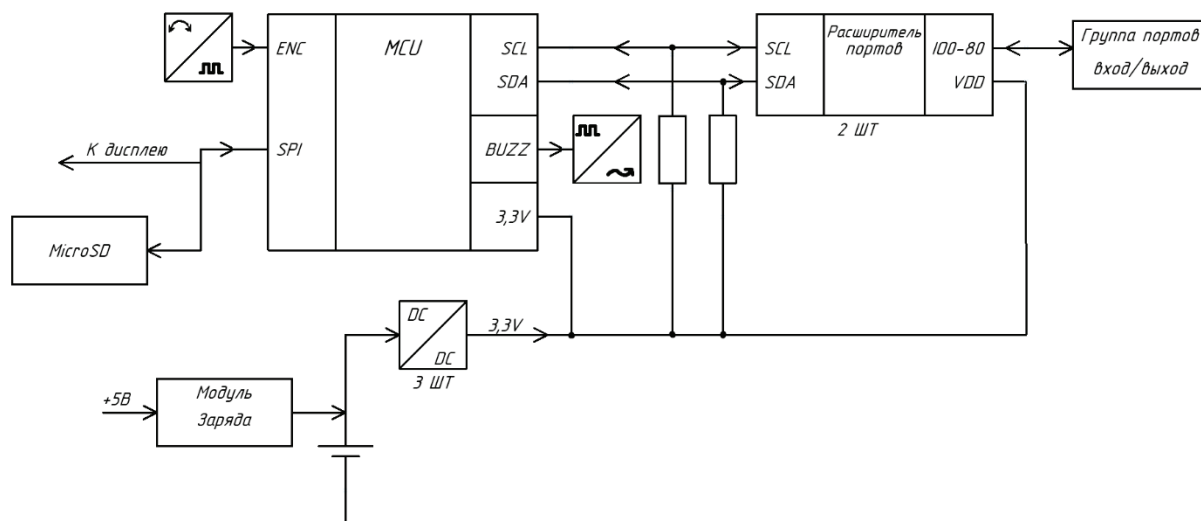


Рис. 1. Функциональная схема устройства

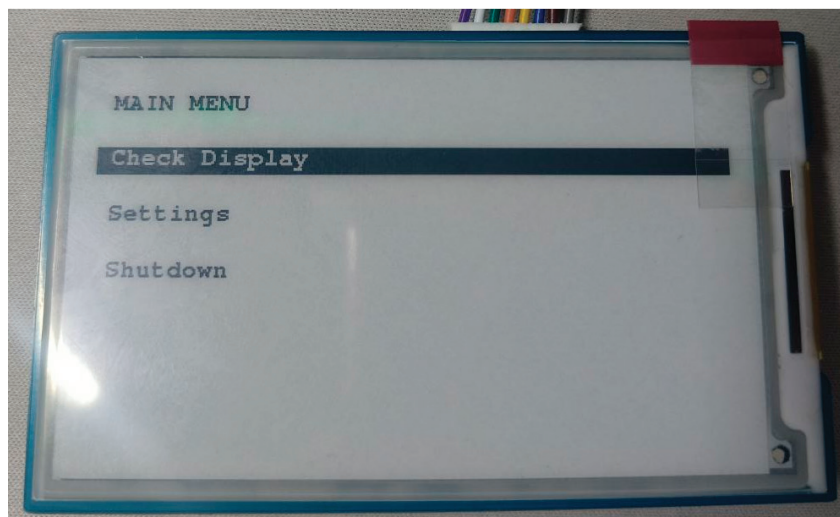


Рис. 2. Графическое меню устройства

автоматически переключается на питание от аккумулятора, что позволяет сохранять автономность и мобильность прибора.

Модуль заряда необходим для безопасного и эффективного заряда аккумулятора, а также защиты устройства во время работы от внешнего питания.

DC/DC преобразователи используются для понижения выходного с аккумулятора напряжения до 3,3 В, которое необходимо для осуществления питания микроконтроллера и периферийных устройств.

В заключение, предложенная схема устройства для проверки кабелей является эффективным и универ-

сальным решением для пользователей, которым важна диагностика различных типов кабельных соединений. Оно обеспечивает быструю и точную проверку целостности и правильности проводки, позволяя своевременно выявлять такие дефекты, как короткое замыкание, обрыв и перепутанные жилы. Интуитивно понятный интерфейс с графическим меню и удобным управлением через энкодер облегчает работу с прибором, а автономная система питания повышает мобильность и универсальность применения. Таким образом, данное устройство способствует повышению качества технического обслуживания и снижению времени простоев оборудования.

#### Литература:

1. Ремонт и монтаж кабельных линий [Текст]: практ.пособие: В 2-х ч. Ч.1 / А. С. Филиппов, В. А. Филиппов. — Минск: [б. и.], 2005. — 375 с.
2. Цифровые устройства и микропроцессоры: учеб. пособие / А. В. Микушин, А. М. Сажнев, В. И. Сединин. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 832 с.: ил. — (Учебная литература для вузов)



## Theoretical and analytical approaches to assessing the service life of rolling stock

Ostanayev Hasan Ehtibor ogli, tutor;  
Rakhmatov Hamza Abdulhakimovich, doctoral student  
Tashkent State Transport University (Uzbekistan)

*This article provides an in-depth analysis of the service life of rolling stock in the railway system of Uzbekistan — in particular, the service life of freight and passenger cars, their technical condition, and the degree of wear and tear. Based on the analysis, it was established that a large part of the existing wagon fleet has exceeded the standard service life and is becoming unusable. The article also substantiates the need to apply deterministic and probabilistic approaches to the modernization of the wagon fleet and the assessment of service life. Based on global experience and practical research, strategic proposals have been developed for the development of wagon repair infrastructure, the introduction of technological innovations, and the renewal of service-expired rolling stock.*

**Keywords:** rolling stock, service life, technical condition, wagon fleet, depreciation rate, railway transport, forecasting, modernization, operational indicators, repair infrastructure, deterministic approach, probability model, freight transportation.

Freight transportation volume growth and ensuring train traffic safety are strategic priorities. Achieving these goals requires the use of modern, reliable, and technically advanced rolling stock. However, the aging wagon fleet and increasing technical failures present serious challenges. Therefore, developing a scientifically grounded forecast of the operational fleet is essential for effective modernization and renewal of the rolling stock.

In recent years, negative incidents in rail transport have led to a decrease in the volume of freight transported by rolling stock. As a result, a large portion of the wagon fleet became redundant, the purchase of rolling stock was virtually halted, and simultaneously, the freight wagon fleet shrank due to the expiration of service life. In the context of steady growth dynamics in transportation volume, a shortage of certain types of rolling stock has become apparent. This has forced specialists to pay serious attention to the active part of production assets — freight wagons, which currently have an average service life of 15–20 years. The technically aging wagon fleet will not be able to meet future demand for cargo transportation. This may lead to customers abandoning railway transport services, switching to other modes of transport, and consequently, resulting in a loss of revenue for the country's railway system.

In 1992, at the 5th meeting on railway transport, the freight car fleet of the Ministry of Railways of the former USSR was distributed among the railway administrations. Since the distribution, the freight car fleet has decreased by more than 40 % [6–10]. This decrease was mainly due to the removal from inventory due to technical conditions. At the time of the

distribution of the wagon fleet, the average age of the inventory fleet was 15.3 years, and now this figure has reached 24 years.

According to Table 1, as of January 1, 2024, 41.36 % of the inventory fleet of wagons have exceeded their standard service life. The average service life across all wagon types is 25 years, while the average standard service life is 28.8 years. The overall depreciation amount of the wagon fleet is 81.2 %. Among the types, passenger cars have the highest share of expired service life wagons at 49 %, and gondola cars and tankers also show significant aging with 41.3 % and 41.4 %, respectively. This indicates an urgent need for fleet renewal, especially for wagons carrying aggressive cargo, as their technical condition poses higher risks [1–3].

This part of the wagon freight fleet is the rarest, since more than 80 % of the total volume of transportation is carried out by wagons of this type. Obsolete and worn-out rolling stock does not allow for the transition to modern transportation technologies, increasing inter-repair intervals, the warranty mileage of trains, increasing their weight, reducing emissions into the atmosphere, and solving many other problems related to time and traffic safety requirements.

Analysis of world experience and author's research have shown that the problem of maintaining the wagon fleet and improving its technical condition should be solved, first of all, by improving the quality of capital and depot repairs of wagons by introducing new materials and technologies for their processing, as well as by mastering capital restoration repairs with an increase in the service life of parts. In this regard, the application of a scientifically based approach to the creation of an effective strategy for the development of the railway wagon

Table 1. Analysis of the inventory fleet of wagons as of 01.01.2024

Wagon type	Average service life, years	Service life, years	Depreciation amount	Number of wagons with an expired service life
Closed cars	28	32	82,4	34,2
Platforms	29	32	80,2	39,9
Gondola cars	17	22	75,2	41,3
Tankers	26	32	80,8	41,4
Passenger cars	25	26	86,5	49
<b>Total</b>	25	28.8	81,2	41,36



fleet, its own repair base, and the production of rolling stock elements is of great importance.

Within the scope of the conducted research, the study of production capabilities revealed that a deterministic approach is primarily employed in calculations. This approach is based on processing data from previous years' cargo loading volumes, as well as specific indicators of wagon utilization:

$$N_p = U\Theta \quad (1)$$

Here:  $U$  — working time, wagons/day;

$\Theta$  — wagon turnover, days.

Modern research approaches are characterized by the probabilistic and correlational nature of operational processes, rather than their unambiguous determination. Methods developed based on this approach serve to increase the effectiveness of decision-making, especially in developing strategic programs for modernizing railway car fleets and improving wagon repair infrastructure in rail transport. Conducted studies have shown that to obtain the most accurate forecast for the working fleet, it is necessary to consider the influence of numerous external and internal factors that determine its quantitative state. In this formulation of the problem, it is essential to account for the impact of indicators such as freight turnover, section speed, train weight, turnaround time, static load, average daily productivity, and idle time during freight operations and at technical stations.

In this regard, the implementation of the following strategic measures is relevant:

- Wide implementation of models based on probabilistic and statistical methods in assessing the technical condition and service life of rolling stock;

- Development of investment programs and mobilization of financial resources for the phased replacement of wagons with expired service life with new ones;

- Development of technologies for the modernization of repair infrastructure, especially for major repairs and extending the service life of parts;

- Increasing the level of localization of wagon production and developing innovative solutions using new, modern materials;

- Continuously conducting scientific and practical research in collaboration with JSC «Uzbekistan Railways» and implementing the findings into practice.

Furthermore, the overall efficiency of the railway system can be significantly enhanced through the scientific forecasting of wagon service life, comprehensive assessment of component conditions, and analysis of operational indicators. Such an approach not only yields economic benefits but also contributes to improved safety, environmental sustainability, and the international competitiveness of railway transport.

The results of an in-depth study of the service life and technical condition of rolling stock in the railway system reveal that a substantial portion of existing freight and passenger cars have reached a critical level of depreciation and exceeded their standard service life. This situation adversely affects not only the quality and safety of transportation but also the overall economic efficiency of the railway system. Therefore, it is essential to determine the service life and forecast the condition of the operational fleet through the application of modern scientific methods, particularly probabilistic and analytical modeling techniques.

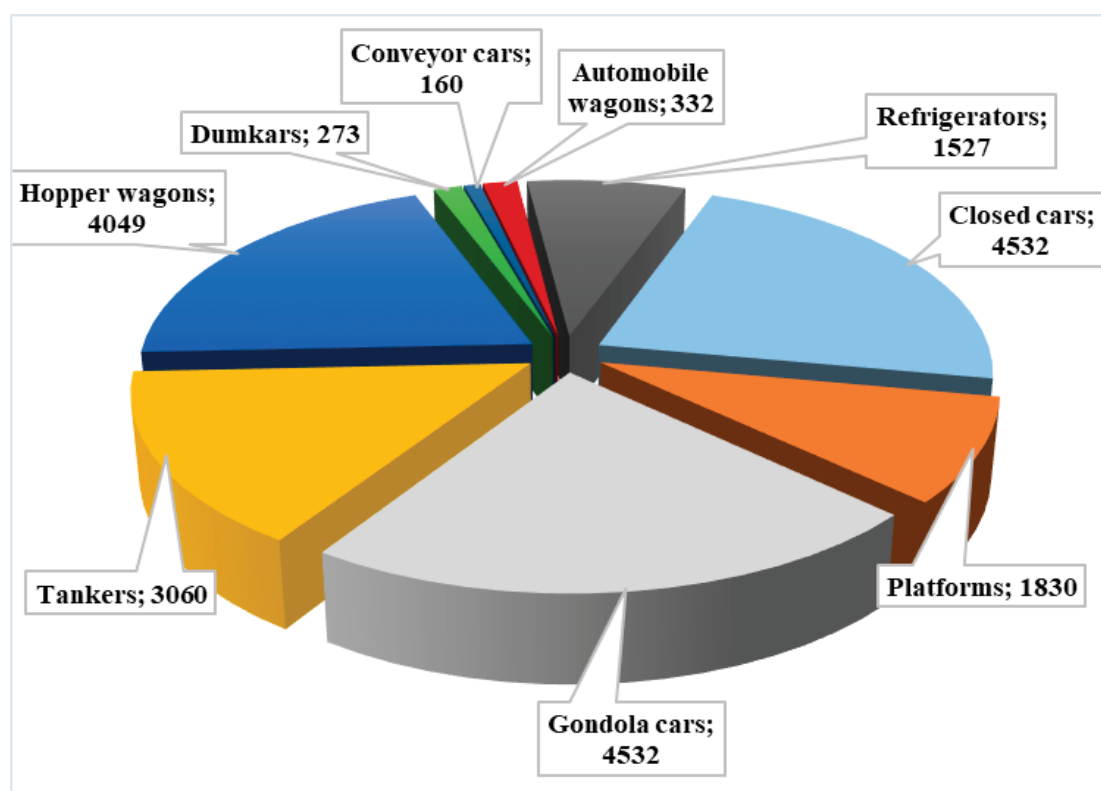


Fig. 1. Number of wagons operated by JSC «Uzbekistan Railways» (data as of 2024)

In this regard, modernizing the rolling stock, replacing outdated wagons, strengthening repair infrastructure, and implementing technologies that extend service life are among

the most pressing issues in the sector. It is impossible to envision sustainable development of railway transport without long-term and scientifically grounded approaches.

#### References:

1. Akhmedov M., Tuxtamuradov A. Fundamentals of the Development of Logistics Systems in Railway Transport. — Tashkent: TDTU Publishing House, 2021. — 180 p.
2. Qayumov N. H. Methods of Ensuring Traffic Safety in Railway Transport. — Tashkent: Ilm ziyo, 2020. — 154 p.
3. Khasanbaev H. Analysis of the technical condition and service life of freight wagons. — Scientific article, «Transport Journal» 2023, № 2. — pp. 33–41.
4. Ministry of Transport of the Republic of Uzbekistan. Statistical reports on railway transport. — Tashkent, 2023.

## Оптимизация выпуска задания заводу-изготовителю на низковольтные комплектные устройства

Пономарёва Екатерина Александровна, студент;  
Калюжнов Евгений Ярославович, студент;  
Медведев Дмитрий Алексеевич, студент  
Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

*В работе построена автоматизированная модель, позволяющая упростить работу по выпуску кабельных журналов на низковольтные комплектные устройства. При помощи языка программного пакета Microsoft Access были разработаны запросы для автоматического заполнения многих данных.*

**Ключевые слова:** кабельный журнал, низковольтное комплектное устройство, запрос в Microsoft Access, Microsoft Access.

## Optimization of the release of the assignment to the manufacturer for low-voltage complete devices

Ponomaryova Yekaterina Aleksandrovna, student;  
Kalyuzhnov Yevgeny Yaroslavovich, student;  
Medvedev Dmitry Alekseevich, student  
Nizhny Novgorod State Technical University named after RE Alekseev

*The paper builds an automated model that makes it easier to produce cable magazines for low-voltage complete devices. Using the language of the Microsoft Access software package, queries were developed to automatically fill in many data.*

**Keywords:** cable log, low-voltage complete device, Microsoft Access request, Microsoft Access.

Автоматизация выпуска задания завода-изготовителя на низковольтные комплектные устройства представляет собой важный шаг в оптимизации процессов управления и учета кабельной продукции с учетом роста объемов проектирования и строительства атомных станций, а также необходимости обеспечить высокую степень точности и оперативности в работе с кабелями.

ЗЗИ на сборки могут содержать следующие разделы:

— **Технические данные аппаратов.** В табличной форме указываются панели щита, марки, характеристики и количество аппаратов, входящих в состав НКУ (автоматические выключатели, клеммы, провод и пр.).

— **Чертеж общего вида.** На чертеже указываются вид на внутренние полости щита и при необходимости

вид спереди на фасад, если на нём установлено оборудование (лампы, кнопки, переключатели). Также на чертеже должно быть схематическое изображение аппаратов с указанием их габаритов и зон установки, установочные размеры, а также привязка аппаратов к габаритам шкафа.

— **Схема соединений и при необходимости схема подключений.** Монтажная схема, по которой будут «вязать» щит. Может быть выполнена в виде схемы или таблицы.

— **Таблица межпанельных соединений** (при необходимости). Таблица составляется в случае, если щит состоит из нескольких панелей, в которых имеется связь цепей управления.

— **Перечень надписей.** Выполняется в виде таблицы и содержит список табличек, которые будут установлены

возле аппаратов, органов управления щита. Таблички несут в себе информацию о назначении каждого элемента и всего НКУ.

Была реализована программа по автоматизации выпуска схем соединений и подключений для задания завода-изготовителя низковольтного комплектного устройства 0.4 кВ в программном комплексе Microsoft Access.

Алгоритм работы программы:

- 1) Импортирование внутреннего технического задания (далее ВТЗ) из формата *xlsx* в программу Microsoft Access.
- 2) Происходит преобразование исходных данных.
- 3) Происходит добавление новых столбцов.
- 4) Столбцы из исходных данных и добавленные в пункте 3 выстраиваются в правильном порядке.
- 5) По типу привода полученного в ВТЗ, происходит автоматическое заполнение номинального и пускового тока.
- 6) По номинальному току происходит выбор контакторов и автоматов.
- 7) Преобразуем значение номинального тока в ближайшее большее для контакторов и автоматов.
- 8) По номинальному току выбираем тепловые и магнитные уставки.
- 9) Заполняем тип блока и размер блока по приводу из ВТЗ.
- 10) Проставляем тип автоматов
- 11) Выгружаем полученную базу данных.

Основная часть программы разработана через запросы Microsoft Access.

**Это инструмент для представления и обработки информации, накопленной в таблицах, в соответствии с заданными требованиями и критериями.** Запросы упрощают просмотр, добавление, удаление или изменение данных в базе данных Access. Среди других целей использования запросов можно отметить: быстрый поиск определенных данных путем фильтрации с применением определенных критериев (условий); вычисление или сведение данных; автоматизированное управление данными, например регулярный просмотр актуальных данных.

Запросы могут выполнять множество функций в базе данных. Одна из основных функций — находить информацию в таблицах. Нужная информация обычно содержится в нескольких таблицах, но, если использовать запросы, ее можно просматривать в одной. Кроме того, запросы дают возможность фильтровать данные (для этого задаются критерии поиска), чтобы отображались только нужные записи.

Запрос позволяет пользователю создать связь между разными таблицами, имея лишь ключевые поля. Ключевые поля не должны часто меняться и не могут быть пустыми. В данном алгоритме ключевыми полями являются наименование привода, наименование автоматического выключателя и тип контактора. Каждая таблица может содержать только один первичный ключ. Access может автоматически создавать поле первичного ключа при создании таблицы, но в большинстве случаев ключи должен определять сам разработчик базы данных. (Рис. 1)

Также для создания базы данных использую привязку между таблицами. Привязка таблиц в Microsoft Access позволяет подключаться к данным в другой базе данных, не импортируя их. Это даёт возможность просматривать и изменять актуальные данные в исходной и конечной базах данных без создания и обслуживания двух копий одних и тех же данных. Любые изменения, внесённые в данные в исходной базе данных, отражаются в связанной таблице в конечной базе данных, и наоборот.

**Связи между таблицами в Access** устанавливают отношения между значениями в ключевых полях — часто между полями, имеющими одинаковые имена в обеих таблицах. В большинстве случаев с первичным ключом одной таблицы, являющимся уникальным идентификатором каждой записи, связывается внешний ключ другой таблицы.

**В Access есть три типа связей между таблицами:**

**Связь «один-ко-многим».** В такого рода связях строка в таблице А может иметь много строк в таблице В, но строка в таблице В может иметь только одну строку в таблице А. Например, таблицы «Привода» и «Типы автоматических выключателей» имеют связь «один ко многим».

**Связь «один к одному».** Это связь между информацией из двух таблиц, при которой каждой записи в одной таблице соответствует не более одной записи в другой. Например, такая связь используется для согласования таблицы с исходными данными и финальной таблицей.

**Связь «многие ко многим».** Чтобы создать её, нужно создать две таблицы, которые необходимо связать отношением «многие ко многим», создать третью таблицу, называемую соединительной, и добавить в неё поля с теми же определениями, что и поля первичных ключей в каждой из двух других таблиц. Поля первичных ключей соединительной таблицы служат внешними ключами. Затем задать первичный ключ этой таблицы таким образом, чтобы он включал в себя поля первичных ключей обеих основных таблиц.

Имя поля		Тип данных
Код	Cell_model / Тип блока	Счетчик
	Тип контактора	Короткий текст
		Короткий текст

Рис. 1. Ключевое поле

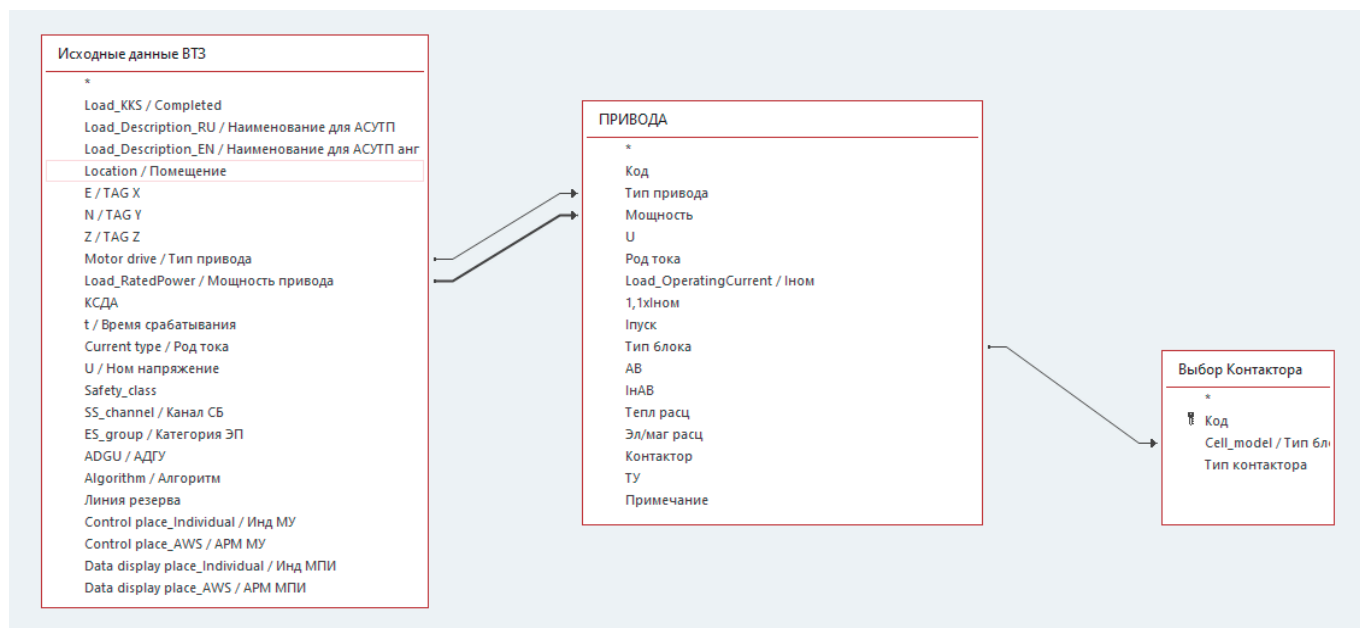


Рис. 2. Связи между таблицами

В представленном алгоритме используются все 3 типа связи, для обеспечения корректности согласования между таблицами.

Наличие связей между таблицами (Рис. 2) обеспечивает автоматическое обновление данных в таблице: достаточно изменить данные в одной таблице, и они изменятся во всех других таблицах, которые связаны с исходной.

Внедрение предложенных решений по работе с базой данных позволяет оптимизировать работу пользователя, в определённой мере сократив время и лишний объём работ и уменьшить количество ошибок.

Главной целью данной работы была оптимизация выпуска задания завода изготовителя на низковольтные комплектные устройства. В процессе достижения данной цели был выполнен следующий перечень сопутствующих задач:

— Анализ возможностей Access для автоматического заполнения или создания различных алгоритмов.

— Внедрение запросов и встроенных макросов для оптимизации работы.

— Разработка алгоритма на языке VBA для написания макросов системы.

— Обзор популярных шаблонов для визуализации и работы алгоритма.

— Разработка единой системы базы данных в ПО Access.

Внедрение предложенных решений по работе с базой данных позволяет оптимизировать работу пользователя, в определённой мере сократив время и лишний объём работ. Также уменьшает количество ошибок, благодаря написанному макросу на VBA, тем самым уменьшив лишний объём затраченной работы.

#### Литература:

1. Автоматизация Microsoft Access с помощью VBA.: Пер. с англ. — М. Издательский дом «Вильямс», 2006. — 416 с.
2. Самоучитель Access 2010 / Ю. Б. Бекаревич, Н. В. Пушкина. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011—432 с.:
3. Тарасов В. Л. Работа с базами данных в Access 2010. ЧАСТЬ 1: Учебно-методическое пособие. — [электронный ресурс]. — Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014. — 126 с.
4. Ковалева, М. А. Создание баз данных в Microsoft Access. Учебно-методическое пособие — М.: Мир науки, 2019. — Сетевое издание
5. Ахметталиева. В. Р., Галятдинова Л. Р. Базы данных Microsoft Access 2013: Учебно-методические пособие. -М.: РГУП, 2017. — с. 94.
6. ГОСТ Р 51321.1

## Применение роя бионических роботов для инспекции и классификации дефектов с использованием байесовского подхода

Радван Ахмед, студент магистратуры

Научный руководитель: Рипольский Павел Эдуардович, кандидат технических наук, доцент  
МИРЭА — Российский технологический университет (г. Москва)

*В статье представлена децентрализованная система контроля качества на базе роя мобильных роботов, моделирующая инспекцию изделий по нескольким параметрам. Описан подход с тремя агентами, каждый из которых отвечает за определённую категорию характеристик. Для повышения интеллектуальности системы реализован байесовский классификатор, позволяющий прогнозировать причины дефектов на основе накопленных логов.*

**Ключевые слова:** роевая робототехника, контроль качества, байесовский классификатор, дефекты, классификация изделий.

Современное производство предъявляет всё более высокие требования к автоматизации и надёжности процессов контроля качества. Особенно актуальной становится задача выявления дефектов в условиях гибких производственных линий, где стандартные централизованные системы диагностики теряют эффективность. Необходимы новые архитектуры, способные обеспечить непрерывный мониторинг, адаптивность к изменениям в производстве и устойчивость к сбоям.

Одним из перспективных направлений является применение роя бионических роботов — автономных мобильных агентов, действующих согласованно и без централизованного управления. Такие системы, вдохновлённые биологическими принципами поведения, позволяют децентрализовать задачи инспекции и анализа данных. Каждому роботу может быть назначена отдельная станция или группа параметров, что делает систему гибкой и масштабируемой.

В данной работе рассматривается симуляционная модель с тремя роботами-инспекторами, каждый из которых осуществляет проверку по своей категории параметров: геометрические характеристики, свойства поверхности и механические параметры. После локальной классификации каждый агент присваивает изделию статус (годное, на доработку, брак), а затем результаты объединяются с использованием пороговой логики. В завершение применяется байесовский классификатор, позволяющий выявить наиболее вероятные причины брака на основе накопленных логов.

### Архитектура системы и логика классификации

Разработанная симуляционная система моделирует цикл инспекции, в котором три робота последовательно проверяют изделия по разным критериям. Каждый агент действует автономно, перемещаясь к целевой точке, собирая данные и принимая решение о статусе изделия. Вся система реализована в виде 2D-визуализации с использованием алгоритма A\* для построения маршрутов и избегания препятствий. Проиллюстрируем это на рис. 1

Каждому роботу сопоставлена отдельная «виртуальная станция» с набором параметров: Робот 1 — Резка (Cutting): измеряет длину, ширину, толщину и точность края. Робот 2 — Отделка (Finishing): проверяет гладкость поверхности, плоскостность, наличие заусенцев и толщину покрытия. Робот 3 — Механическая проверка (Mechanical): анализирует твёрдость, вес, плотность и предел прочности на разрыв. Каждый из роботов использует простую пороговую логику для классификации: если параметры выходят за критические пределы — изделие помечается как «брак», при умеренных отклонениях — «на доработку», иначе — «годное».

После прохождения всех этапов инспекции статусы агрегируются в модуле объединения логов. Итоговая логика имеет следующий приоритет:

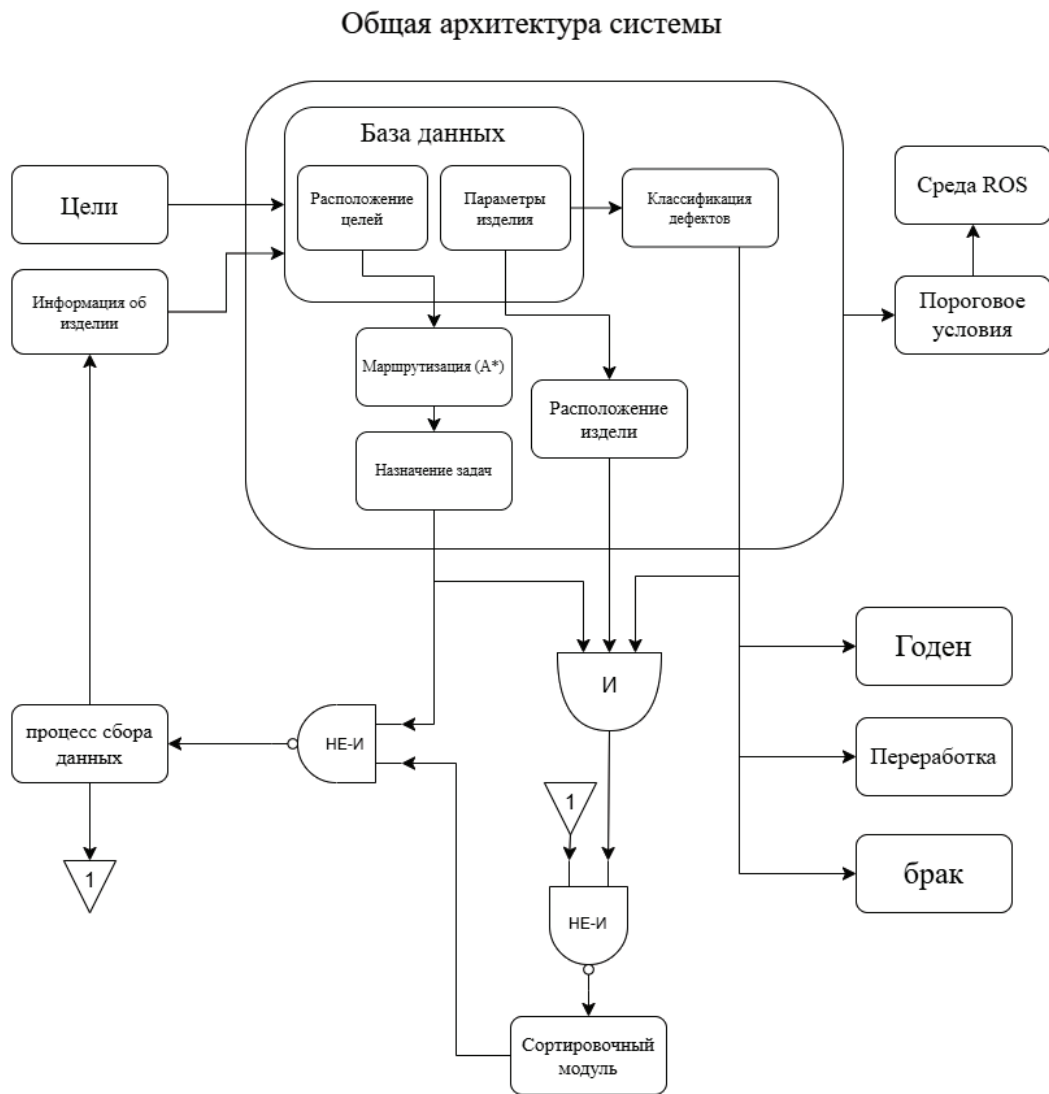
Если хотя бы один статус = Scrap → итог = Scrap  
Иначе, если есть хотя бы один Rework → итог = Rework  
Иначе → итог = Qualified  
Такой подход обеспечивает консервативную оценку, ориентированную на надёжность конечного продукта.

**Финальный статус изделия**

$$= \begin{cases} \text{Scrap,} & \text{если хотя бы один робот выдал статус Scrap} \\ \text{Rework,} & \text{если нет Scrap, но есть хотя бы один Rework} \\ \text{Qualified} & \text{если все статусы — Qualified} \end{cases}$$

На рисунках 2, 3, 4 мы видим журналы, сгенерированные каждым роботом, а на рисунке 5 мы видим окончательный объединённый журнал с окончательным статусом для каждой детали.





«1» — логическая единица (сигнал активации / высокое логическое состояние)

Рис. 1. Блок-схема Общая архитектура системы

Таблица 1. Параметры инспекции и пороговые значения для каждого робота.

Станция	Параметр	Допустимый диапазон	Критический выход за пределы	Влияние на статус
Резка (Cutting)	Длина	35–37 мм	< 35 мм	Scrap / Rework
	Ширина	25–27 мм	< 25 мм	Scrap / Rework
	Толщина	8.0–9.0 мм	< 8.0 мм	Scrap / Rework
	Точность края	≥ 0.85	< 0.85	Scrap
Отделка (Finishing)	Гладкость поверхности	≥ 0.88	–	Rework
	Плоскостность	≥ 0.90	–	Rework
	Толщина покрытия	0.015 – 0.035 мм	Вне диапазона	Rework
	Наличие заусенцев	0	1	Rework
Механика (Mechanical)	Твёрдость	59–64 HRC	< 59 → Scrap / > 64 → Rework	Scrap / Rework
	Вес	300–325 г	< 300 → Scrap / > 325 → Rework	Scrap / Rework
	Плотность	7.9–8.1 г/см³	Вне диапазона	Scrap
	Предел прочности	360–495 МПа	Вне диапазона	Scrap

	A	B	C	D	E	F	G
1	Piece ID	Timestamp	Length	Width	Thickness	Edge Prec	Final Status
2	P0001	#####	36.95	25.41	8.41	0.9	Qualified
3	P0002	#####	35.73	25.4	8.63	0.85	Qualified
4	P0003	#####	36.79	26.45	8.7	0.87	Qualified
5	P0004	#####	35.74	26.05	8.06	0.88	Qualified
6	P0005	#####	35.15	25.56	8.17	0.88	Qualified
7	P0006	#####	35.6	26.45	8.91	0.85	Qualified
8	P0007	#####	35.13	26.8	8.94	0.87	Qualified
9	P0008	#####	35.56	26.07	8.86	0.88	Qualified
10	P0009	#####	36.45	26.71	8.26	0.85	Qualified
11	P0010	#####	36.74	25.95	8.4	0.89	Qualified
12	P0011	#####	36.18	26.43	8.9	0.89	Qualified
13	P0012	#####	36.37	26.43	8.31	0.85	Qualified
14	P0013	#####	36.64	26.9	8.68	0.88	Qualified
15	P0014	#####	36.27	25.59	8.22	0.89	Qualified

Рис 2. Журнал работа 1

	A	B	C	D	E	F	G
1	Piece ID	Timestamp	Surface Sm	Surface Fla	Burr Preser	Coating Thi	Final Status
2	P0001	#####	1.03	0.93	1	0.03	Rework
3	P0002	#####	1.02	1.17	0	0.024	Qualified
4	P0003	#####	1.04	1	0	0.025	Qualified
5	P0004	#####	1.03	0.95	0	0.025	Qualified
6	P0005	#####	1.09	1.04	0	0.025	Qualified
7	P0006	#####	0.99	0.89	0	0.03	Rework
8	P0007	#####	0.92	1.13	0	0.021	Qualified
9	P0008	#####	1.07	1.15	1	0.029	Rework
10	P0009	#####	0.95	0.99	0	0.022	Qualified
11	P0010	#####	1.06	1.16	0	0.024	Qualified
12	P0011	#####	0.95	0.85	1	0.026	Rework
13	P0012	#####	1.01	0.94	1	0.026	Rework
14	P0013	#####	0.97	1.19	0	0.026	Qualified
15	P0014	#####	1.05	1.17	0	0.024	Qualified
16	P0015	#####	0.89	0.94	0	0.03	Qualified

Рис. 3. Журнал работа 2

	A	B	C	D	E	F	G
1	Piece ID	Timestamp	Hardness	Weight	Density	Tensile Str	Final Status
2	P0001	#####	62.7	322.17	7.98	370.2	Qualified
3	P0002	#####	61.9	323.68	8.06	457.4	Qualified
4	P0003	#####	59.2	303.84	7.95	386.3	Qualified
5	P0004	#####	63.9	320.16	8.05	432.8	Qualified
6	P0005	#####	60.5	303.3	8.09	427.7	Qualified
7	P0006	#####	62.6	307.26	7.96	441.5	Qualified
8	P0007	#####	62	322.88	8.06	386.6	Qualified
9	P0008	#####	62	322.01	7.95	477.7	Qualified
10	P0009	#####	62.4	322.05	7.99	445.6	Qualified
11	P0010	#####	61	316.93	8.1	492.4	Qualified

Рис. 4. Журнал работа 3

Home

merged\_log.csv

Menu

Format Painter

Paste

Calibri

11

Home

Insert

Page Layout

Formulas

Data

Review

View

Tools

A1

fx

Piece ID

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Piece ID	Length	Width	Thickness	Edge Preci	Final Status	Surface Sm	Surface Fla	Burr Preser	Coating Thi	Final Status	Hardness	Weight	Density	Tensile Str	Final Status
2	P0001	36.95	25.41	8.41	0.9	Qualified	1.03	0.93	1	0.03	Rework	62.7	322.17	7.98	370.2	Rework
3	P0002	35.73	25.4	8.63	0.85	Qualified	1.02	1.17	0	0.024	Qualified	61.9	323.68	8.06	457.4	Qualified
4	P0003	36.79	26.45	8.7	0.87	Qualified	1.04	1	0	0.025	Qualified	59.2	303.84	7.95	386.3	Qualified
5	P0004	35.74	26.05	8.06	0.88	Qualified	1.03	0.95	0	0.025	Qualified	63.9	320.16	8.05	432.8	Qualified
6	P0005	35.15	25.56	8.17	0.88	Qualified	1.09	1.04	0	0.025	Qualified	60.5	303.3	8.09	427.7	Qualified
7	P0006	35.6	26.45	8.91	0.85	Qualified	0.99	0.89	0	0.03	Rework	62.6	307.26	7.96	441.5	Rework
8	P0007	35.13	26.8	8.94	0.87	Qualified	0.92	1.13	0	0.021	Qualified	62	322.88	8.06	386.6	Qualified
9	P0008	35.56	26.07	8.86	0.88	Qualified	1.07	1.15	1	0.029	Rework	62	322.01	7.95	477.7	Rework
10	P0009	36.45	26.71	8.26	0.85	Qualified	0.95	0.99	0	0.022	Qualified	62.4	322.05	7.99	445.6	Qualified
11	P0010	36.74	25.95	8.4	0.89	Qualified	1.06	1.16	0	0.024	Qualified	61	316.93	8.1	492.4	Qualified
12	P0011	36.18	26.43	8.9	0.89	Qualified	0.95	0.85	1	0.026	Rework	62.2	303.04	7.92	407.6	Rework
13	P0012	36.37	26.43	8.31	0.85	Qualified	1.01	0.94	1	0.026	Rework	59.7	301.34	7.93	459.1	Rework
14	P0013	36.64	26.9	8.68	0.88	Qualified	0.97	1.19	0	0.026	Qualified	62.9	322.12	7.92	365	Qualified
15	P0014	36.27	25.59	8.22	0.89	Qualified	1.05	1.17	0	0.024	Qualified	61.8	303.14	8.05	365.9	Qualified
16	P0015	35.93	25.42	8.8	0.89	Qualified	0.89	0.94	0	0.03	Qualified	63.4	314.19	7.97	421.1	Qualified

Рис. 5. Окончательный журнал

На рисунке 4 представлена симуляция системы с тремя роботами, тремя целями (машинами), препятствиями, представленными черными квадратами с безопасными границами вокруг них, и сотней деталей, представленных маленькими черными точками, которые впоследствии окрашиваются в зависимости от конечного статуса детали.

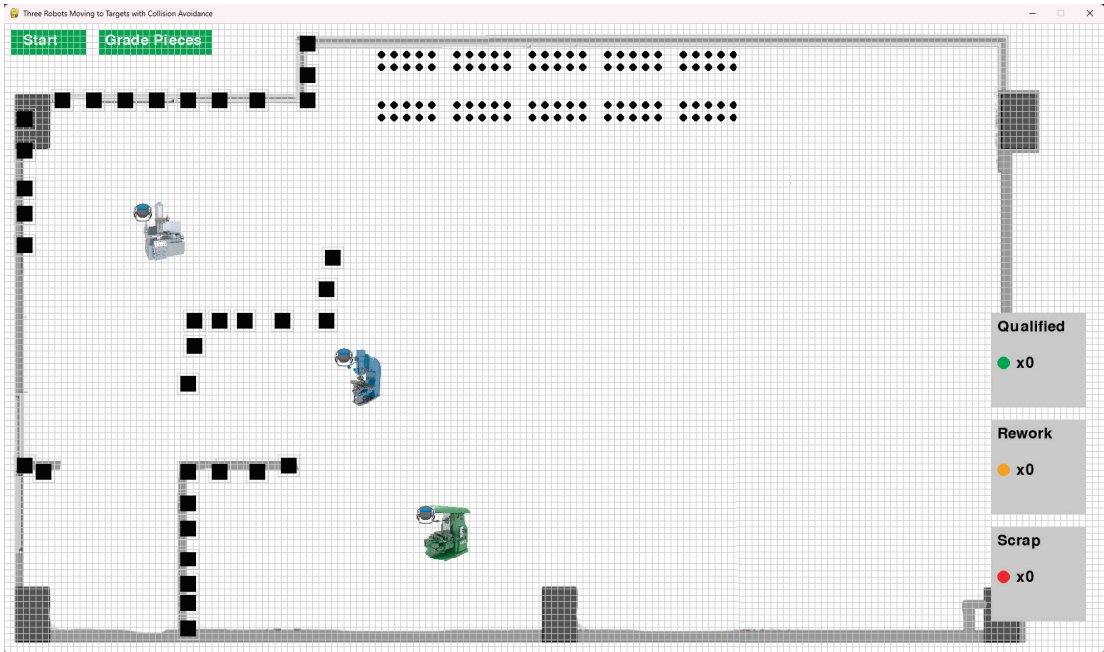


Рис. 6. Начало симуляции

После нажатия на кнопку «Оценить детали» запускается процесс классификации, определяющий окончательный статус каждой детали и окрашивающий ее в соответствующий цвет, после чего роботы начинают двигаться к деталям и перемещать их в назначенные им зоны сброса (Рис. 5).

Хотя пороговая логика обеспечивает высокую объяснимость и простоту реализации, она не всегда позволяет выявить закономерности в дефектах, особенно при близких к границе значениях параметров. Для повышения интеллектуальности системы в данной работе реализован байесовский классификатор, анализирующий накопленные данные и формирующий вероятностную модель причин дефектов. Классификатор использует наивную байесовскую модель, основанную на следующем выражении:

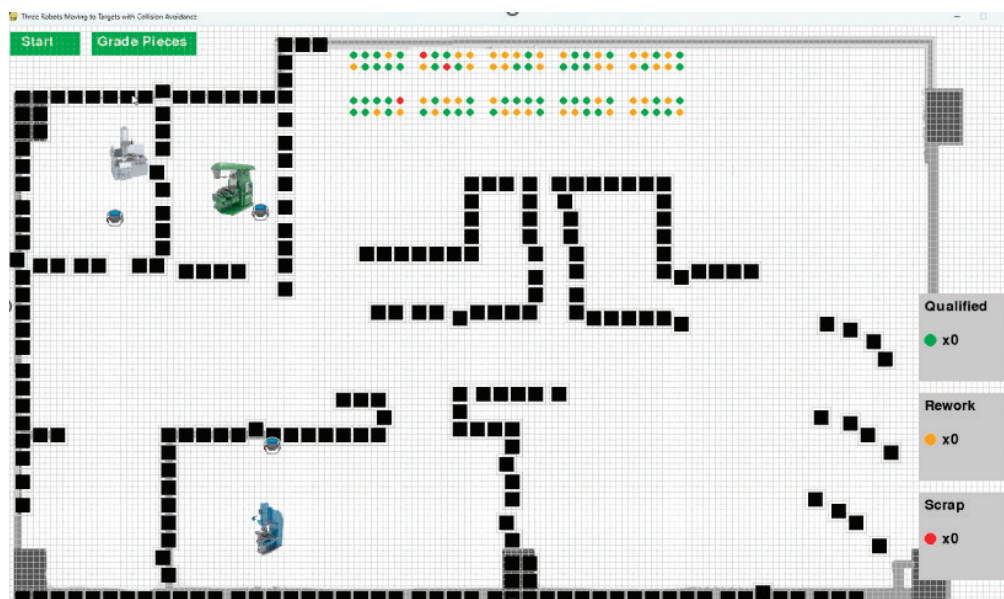


Рис. 7. Сортировка деталей

$$P(C_i|X) = \frac{P(X|C_i) \cdot P(C_i)}{P(X)}$$

где:  $C_i$  — возможный класс дефекта (например, «Толщина превышена», «Низкий вес» и др.),  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  — вектор наблюдаемых параметров изделия,  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  — апостериорная вероятность дефекта при известных параметрах,  $P(X|C_i)$  — правдоподобие,  $P(C_i)$  — априорная вероятность класса,  $P(X)$  — нормализующая константа.

Для каждого изделия классификатор анализирует отклонения по параметрам и соотносит их с известными шаблонами дефектов, зафиксированными в логах. Если изделие помечено как «Scrap» из-за заниженной плотности, и подобные случаи уже встречались — вероятность этой причины возрастает. Таким образом, система: Повышает надёжность анализа в условиях неустойчивых данных; Позволяет автоматически интерпретировать сложные дефекты; Генерирует рекомендации по устранению проблем, основанные на повторяемости причин. Применение байесовского классификатора позволяет перейти от жёсткой логики к гибкому, вероятностному подходу, дополняющему систему и пригодному для обучения в будущем.

### Экспериментальные результаты и производительность системы

Для оценки эффективности предложенной системы был проведён цикл симуляционных экспериментов с обработкой 100 изделий, проходящих через все три стадии инспекции. Каждый робот генерировал лог-файл со значениями параметров, затем происходила автоматическая классификация, агрегация статусов и финальный анализ с помощью байесовского классификатора.

На рисунках 8, 9, 10 показана сводка результатов классификации по статусу продукта.

Общее количество изделий: 100 (6а). Точность классификации (соответствие целевым порогам): 93.5 % (Рис 6а). Время обработки одного изделия (в среднем): 4.2 секунды (Рис 6б). Общее время одного полного цикла (100 изделий): 7 минут 10 секунд (6б). Среднее время доставки изделия от цели до зоны сортировки: 2.8 секунды (6б). Погрешность в навигации (до цели):  $\pm 8.6$  см (6в). Частота конфликтов между роботами (выявленные попытки пересечения маршрутов): 0.9 % (6в)

Дополнительно система автоматически сформировала отчёт с рекомендациями, где для каждой повторяющейся причины дефекта (например, «низкая плотность», «толщина покрытия вне диапазона») был предложен набор действий по устранению. Это позволяет не только фиксировать проблему, но и предложить её решение на уровне производственного процесса. Разработанная система инспекции на основе роя бионических роботов демонстрирует высокую эффективность при решении задач автоматического контроля качества в условиях гибкого производства. Применение трёх автономных агентов, каждый из которых отвечает за отдельный класс параметров, позволяет распределить нагрузку, повысить отказоустойчивость и обеспечить масштабируемость.

Пороговая логика классификации обеспечивает понятность и предсказуемость поведения системы, а интеграция байесовского классификатора дополняет её интеллектуальными возможностями, позволяя выявлять скрытые законо-

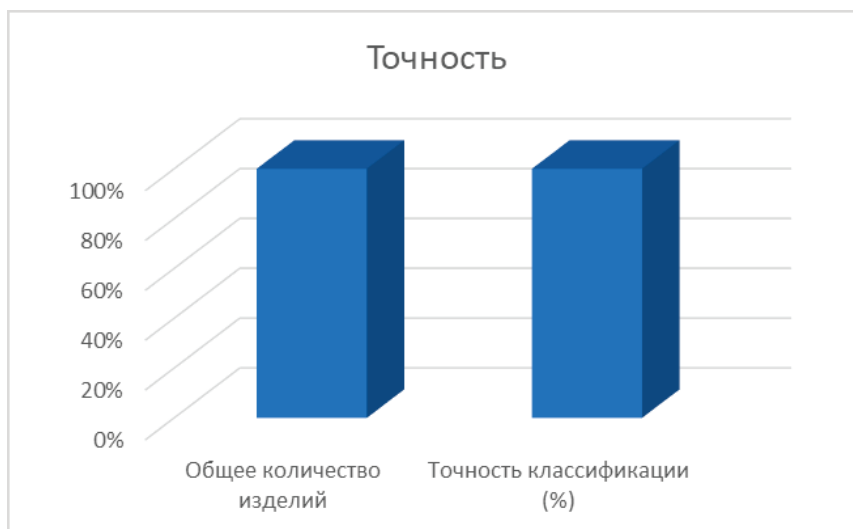


Рис. 8. Точность

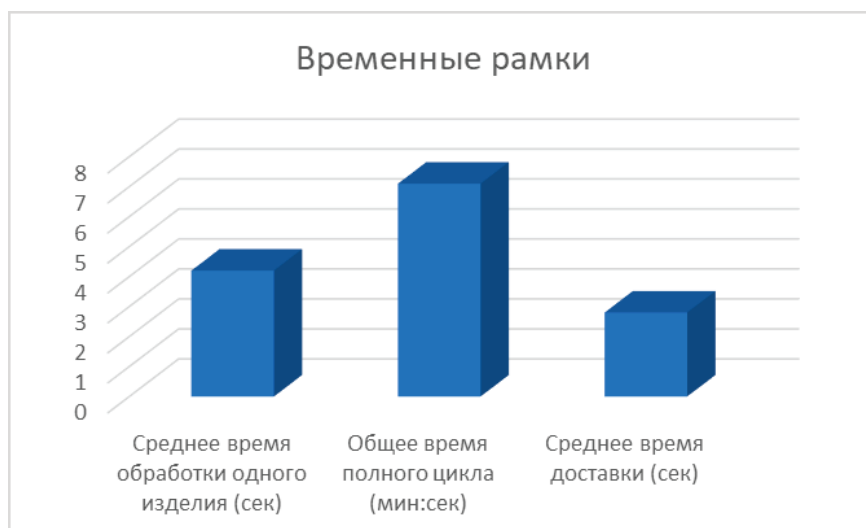


Рис. 9. Временные рамки

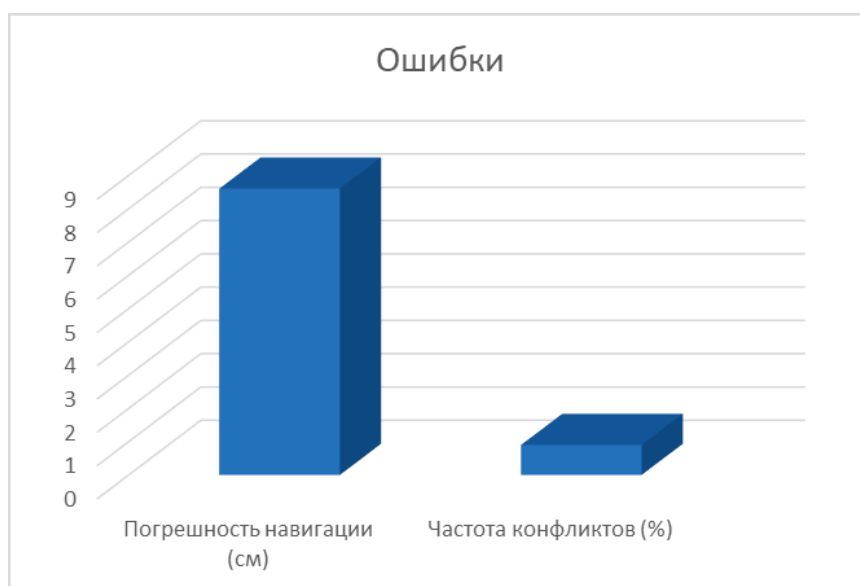


Рис. 10. Ошибки



мерности в дефектах и формировать рекомендации. Визуализация в симуляционной среде позволяет наблюдать все этапы инспекции — от перемещения роботов к целям до сортировки изделий по зонам качества. Алгоритм A\* обеспечивает надёжную навигацию с учётом препятствий, а система отчётности предоставляет подробную статистику и причины отказов. Перспективы дальнейшего развития системы включают: масштабирование модели на большее число агентов (как реализовано в расширенной версии на 12 роботов), интеграцию с платформами ROS и физическими мобильными роботами, адаптацию порогов на основе накопленных данных и подключение обучаемых моделей. Таким образом, предложенный подход сочетает простоту реализации, высокую объяснимость и потенциал для интеллектуального роста, что делает его перспективным для применения в производственных задачах Индустрии 4.0.

#### Литература:

1. Hart P. E., Nilsson N. J., Raphael B. A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths // IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics. — 1968. — Vol. 4(2). — С. 100–107. <https://ieeexplore.ieee.org/document/4082128>
2. Thrun S., Burgard W., Fox D. Probabilistic Robotics. — MIT Press, 2005. <https://docs.ufpr.br/~danielsantos/ProbabilisticRobotics.pdf>
3. Siegwart R., Nourbakhsh I. R., Scaramuzza D. Introduction to Autonomous Mobile Robots. — MIT Press, 2011. <https://mitpress.mit.edu/9780262015356/introduction-to-autonomous-mobile-robots/>
4. Breiman L. Random Forests // Machine Learning. — 2001. — Vol. 45(1). — С. 5–32. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1010933404324>
5. Vapnik V. Statistical Learning Theory. — Wiley, 1998. <https://www.wiley.com/en-ae/Statistical+Learning+Theory-p-9780471030034>

## Production and application of aluminum alloys in the field of transport

Rakhmatov Hamza Abdulhakimovich, doctoral student;  
Ostanayev Hasan Ehtibor ogli, tutor  
Tashkent State Transport University (Uzbekistan)

*This article presents information on global trends in aluminum production and application. Analysis of the use of light alloys based on aluminum in the transport sector has been conducted.*

**Keywords:** Aluminum alloys, transport industry, lightweight materials, automotive applications, railway vehicles, aerospace structures, alloy production, mechanical properties, corrosion resistance, energy efficiency.

Although less than 200 years have passed since aluminum began to be developed on an industrial scale, it and its alloys have already firmly established themselves as the leading structural material after iron-based alloys. In the transport sector, the rates of production and development of steel and cast iron-based alloys are striking, while the use of aluminum alloys remains unsatisfactory: in 1857–0.007 tons; 18 tons in 1890; In 1913–8120 tons; In 1922–129,100 tons; in 1953–71,300 tons; 2004–31,100 million tons of primary aluminum; In 2016–43,200 million tons. The main method of aluminum production to date is the Bayer method.

The research results and their discussion show that the region with the largest aluminum production is North America, which accounts for 20 % of all aluminum produced in the world. In the following places: China — 19 %, Western Europe — 16 %; Asia, Oceania, and South America 8 % for each region; Africa — 5 %; Eastern Europe — 2 %; for all the rest — 14 %. The largest primary aluminum producers are: «Alcoa» with a share of 14 % of the total volume of production in the world;

«Alkane» and «RusAl» with a 9 % share each; «Hydro» — 5 % and «Bilton» — 4 %. The most active consumers of aluminum in Europe are Germany, Russia, and France (Fig. 1).

Today, the amount of aluminum used in the industry of European countries averages 24.7 kilograms per person (Table 1).

The structure of the use of aluminum and its alloys in Europe is as follows: transport engineering — 26 %, construction industry — 20 %, packaging materials — 20 %, electrical engineering — 9 %, other industries — 25 %. These indicators are especially important in the production of passenger cars [1–2]. Therefore, the use of aluminum alloy products in passenger cars has a steady growth trend (Fig. 2).

In the modern automotive industry, the share of aluminum alloys is increasing. This process serves to reduce the total mass of vehicles, optimize fuel consumption, reduce the amount of harmful gases released into the atmosphere, and reduce the dynamic load on road surfaces (see Table 2).

In particular, the technology for producing structural elements based on foam materials based on aluminum is

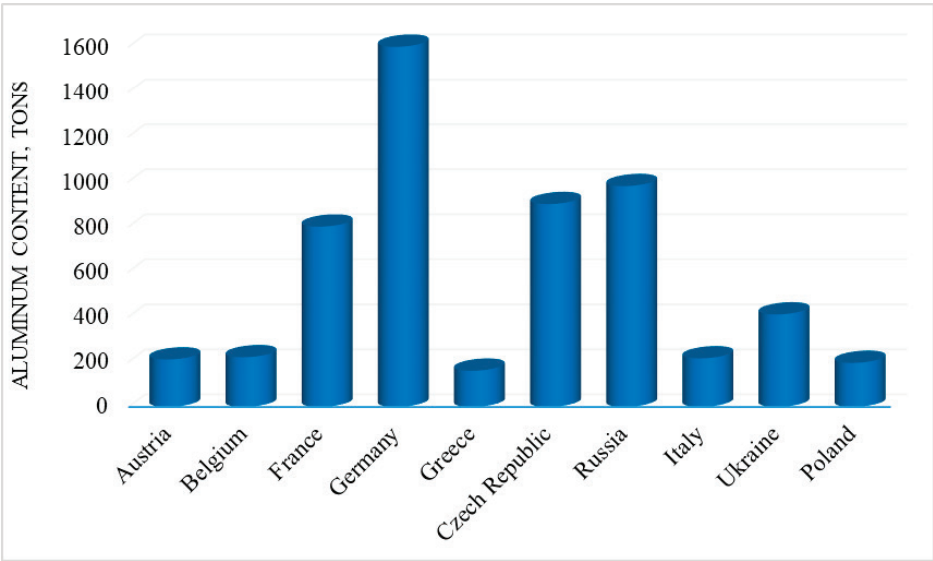


Fig. 1. The largest aluminum consumers in Europe

Table 1. Average annual aluminum consumption per capita in Europe

Country of Consumption	Quantity, kg	Country of Consumption	Quantity, kg
Netherlands	40,1	France	24,6
Italy	32,3	Belgium	24,2
Sweden	31,6	Greece	16,8
Norway	29,3	United Kingdom	17,2
Austria	31,6	Spain	13,9
Germany	26,1	Portugal	9,4
Switzerland	26,4	Poland	8,2
Denmark	23,7	Ukraine	8,4

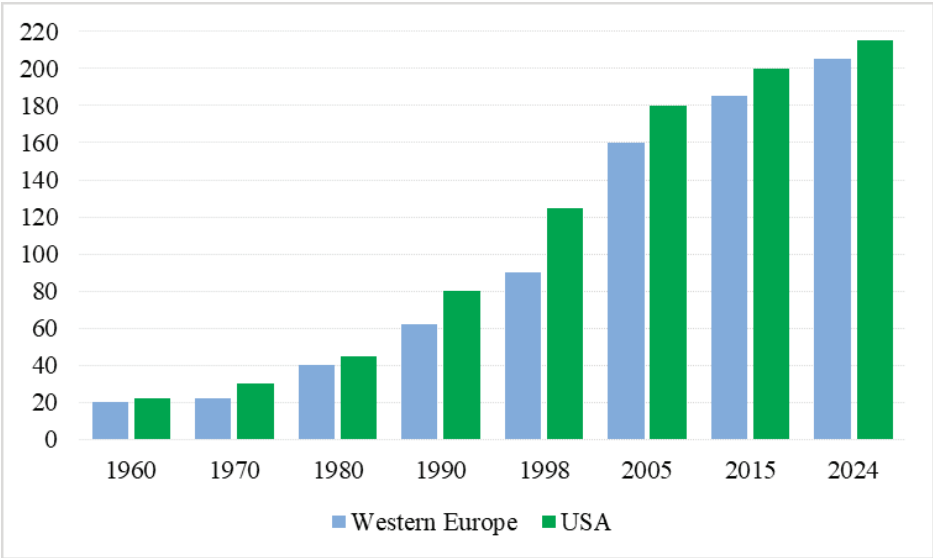


Fig. 2. Trends in the use of aluminum alloys in passenger car manufacturing

developing rapidly. At the same time, according to experts and industry experts, the maximum permissible norm for the use of aluminum alloys in passenger cars is limited to about 200 kg.

According to leading heavy truck manufacturers Volvo, Scania, MAN, and Mercedes-Benz, the construction of modern trucks can use an average of up to 2380 kg of aluminum and its alloys. The high strength of the aluminum material, its relatively

Table 2. **Technical and economic indicators of using aluminum and its alloys in a European passenger car.**

Year	Average car weight, kg	Average Aluminum and Alloy Usage per Vehicle, kg	Fuel savings per 100 km of vehicle travel, in liters
1995	1085	71	0,85
200	1026	100	1,20
2003	966	130	1,56
2005	926	150	1,80
2015	826	200	2,4
2024	800	220	2,8

light weight, and corrosion resistance are the reasons for the widespread use of these metals in the automotive industry.

Thus, heavy trucks using aluminum and its alloys are a resource-saving, environmentally safe, and cost-effective solution. This approach will serve as an important factor for the sustainable development of industry and the practical implementation of the principles of a «green economy». In order to reduce the weight, increase energy efficiency, and ensure compliance with environmental requirements in the design and production of modern railway vehicles, the use of aluminum-based structural materials is expanding. Today, about 80 % of wagons operated in European countries have structures made of aluminum or its alloys. Such lightweight, corrosion-resistant, and mechanically durable materials reduce not only fuel consumption but also the degree of wear and tear by reducing load on the wagon.

The use of aluminum alloys in subway trains and trams allows for a twofold reduction in electricity consumption during acceleration and braking processes. This, in turn, contributes to the formation of an environmentally friendly transport system, along with reducing operating costs and increasing operational efficiency.

At the same time, the high processing and recyclability of materials based on aluminum makes them one of the most optimal solutions in accordance with the principles of sustainable development. These factors contribute to the widespread introduction of innovative technologies in the development of rolling stock.

Aluminum and its various alloys are especially widely used in the aviation and aerospace industries. In modern lightweight and medium-range aircraft, the share of aluminum alloys can account for up to 80 % of the total structural weight. This is due to aluminum's advantageous properties, such as high mechanical strength, low density, excellent machinability, and resistance to corrosion. In aerospace applications, even a minor reduction in weight can have a profound impact on fuel efficiency, range, and payload capacity, positioning aluminum alloys as strategically essential materials [2–4].

In recent years, continuous research efforts have been directed toward improving the quality of aluminum alloys used in aerospace and aviation technologies. These include molecular-level structural modifications, the development of next-generation microalloys, and the implementation of advanced quality control techniques such as ultrasonic and laser-based inspection methods. These innovative approaches aim to enhance the operational performance, reliability, and global competitiveness of aluminum-based materials, ensuring their compliance with the ever-increasing demands of the aerospace market.

These issues are of paramount importance due to the strategic role of aluminum in modern industries such as transportation, aerospace, construction, and electrical engineering. Addressing them requires a multidisciplinary approach involving materials science, process engineering, environmental sustainability, and industrial innovation.

## Conclusions

The comprehensive set of measures aimed at improving the quality of secondary alloys includes the following key components:

- Rigorous sorting and classification of metal scrap and industrial waste, followed by the preparation of a high-quality charge mixture. This process ensures the production of alloys with precisely controlled chemical composition and a minimal content of detrimental impurities, which is essential for maintaining material performance standards;
- Implementation of high-efficiency refining and modification treatments of the molten metal, both during the ingot casting stage and throughout the subsequent production of finished castings. These metallurgical treatments contribute to enhanced structural homogeneity, improved mechanical properties, and the reduction of gas and non-metallic inclusions, thereby elevating the overall quality and reliability of the final products.

## References:

1. Davis, J.R. (1993). Aluminum and Aluminum Alloys. ASM International.
2. Polmear, I.J. (2006). Light Alloys: Metallurgy of the Light Metals. 4th Edition, Butterworth-Heinemann.
3. Hatch, J.E. (1984). Aluminum: Properties and Physical Metallurgy. ASM International.
4. Kaufman, J.G. (2000). Introduction to Aluminum Alloys and Tempers. ASM International.

## Наноимпринтная литография как дешевая альтернатива для массового производства наноустройств

Солдатов Александр Юрьевич, аспирант;

Лебедев Сергей Михайлович, аспирант

Научный руководитель: Пронин Игорь Александрович, доктор технических наук, профессор  
Пензенский государственный университет

### Введение

В последние десятилетия быстрый рост нанотехнологий привел к необходимости разработки новых, более дешевых и эффективных технологий литографии. Среди множества подходов особое внимание исследователей привлекла наноимпринтная литография (НИЛ) — метод, основанный на механическом прессовании штампа с наноструктурами в тонкий слой полимера. НИЛ обещает радикальное удешевление процесса производства наноустройств при сохранении высокой точности и разрешения.

### Основные принципы наноимпринтной литографии

Наноимпринтная литография основана на создании физических форм (штампов), которые затем переносятся на подложку посредством давления. В отличие от фотолитографии, использующей сложную оптику и дорогостоящие маски, НИЛ опирается на контактный метод, что делает её менее затратной. Штампы могут быть выполнены из различных материалов, включая кремний, кварц и металлы, и использоваться многократно.

Процесс НИЛ включает несколько стадий: нанесение полимерного слоя на подложку, прижатие штампа с нанорельефом к полимеру, затвердевание структуры и последующее удаление штампа. Различают термическую и УФ-НИЛ, отличающиеся методом затвердевания полимера — нагреванием или облучением ультрафиолетом.

### Преимущества метода

Главным преимуществом наноимпринтной литографии является её низкая стоимость по сравнению с традиционными литографическими методами. Отсутствие сложной оптики и необходимость использовать дорогостоящие маски делает НИЛ особенно привлекательной для массового производства. Кроме того, НИЛ позволяет получать структуры с разрешением менее 10 нм, что сравнимо или превосходит возможности современной фотолитографии.

НИЛ также хорошо масштабируется и подходит для обработки больших площадей. Возможность создания трёхмерных наноструктур и элементов с различными функциональными свойствами (например, оптическими или магнитными) открывает широкие перспективы её применения в электронике, фотонике, биомедицине и других сферах.

### Проблемы и вызовы для применения НИЛ

Несмотря на многочисленные преимущества, НИЛ сталкивается с рядом проблем, тормозящих её широкое промышленное применение. Основными из них являются износ штампов, дефекты переноса рисунка, проблемы с точным совмещением слоёв и необходимостью высокой чистоты поверхности. Также важно обеспечить высокую стабильность и однородность процесса на больших площадях, что требует точной настройки параметров.

Текущие исследования направлены на улучшение материалов для штампов, разработку самовосстанавливающихся поверхностей и внедрение автоматизированных систем контроля качества. Современные подходы также включают комбинирование НИЛ с другими методами литографии для повышения точности и производительности.

### Примеры применения

НИЛ находит активное применение в производстве микролинз, метаповерхностей, оптических фильтров, сенсоров, ДНК-чипов и даже элементов памяти. Так, компании Toshiba и Canon активно исследуют использование НИЛ в производстве микросхем памяти нового поколения, в то время как исследовательские центры Европы и Азии развивают технологии наноимпринта для гибкой электроники и носимых устройств.

Одной из наиболее перспективных сфер применения НИЛ является производство элементов солнечных батарей. С помощью технологии наноимпринта можно формировать текстурированные поверхности, способствующие увеличению светопоглощения. Это особенно актуально для тонкопленочных солнечных элементов, где эффективность напрямую зависит от способности улавливать свет.

В области сенсорных технологий НИЛ активно используется для создания поверхностей с высокой чувствительностью к изменениям окружающей среды. Например, наноимпринт позволяет изготавливать сенсоры газа и биосенсоры с высокой селективностью. Поверхности, структурированные на наномасштабе, обеспечивают более высокое соотношение сигнал/шум и улучшают отклик устройства.

В микрооптике НИЛ применяется для производства микролинзовых массивов, дифракционных оптических элементов и голографических структур. Такие элементы находят применение в камерах мобильных телефонов,

проекционных системах и устройствах дополненной реальности. Благодаря высокой точности воспроизведения рельефа, обеспечивается стабильность оптических характеристик и высокая степень повторяемости.

В России технология НИЛ получила распространение в разработке наноструктурированных антибактериальных покрытий, применяемых в медицине и пищевой промышленности. Например, в МИСиС и ИТМО проводятся исследования по созданию поверхностей, имитирующих структуру кожи акулы, предотвращающих образование биоплёнок.

Также в рамках национальных программ НОЦ в Татарстане и на Урале реализуются проекты по интеграции НИЛ в производство сенсоров давления и деформации для промышленной робототехники и аэрокосмической отрасли.

### Перспективы развития

Развитие НИЛ в ближайшие годы будет во многом зависеть от способности технологии выйти за рамки лабораторных условий и предложить устойчивые решения для массового производства. Оптимизация материалов, автоматизация процессов, улучшение метрологии и стандартизация — ключевые направления, которые могут сделать НИЛ важным элементом в будущем нанопроизводства.

### Расширение области применения

Одним из значительных направлений, где наноимпринтная литография проявляет высокий потенциал, является создание структур для метаматериалов и фотонных кристаллов. Благодаря способности точно воспроизводить нанорельеф, НИЛ позволяет формировать сверхтонкие пленки и элементы, управляющие распространением света на наномасштабе. Это открывает путь к созданию инновационных оптических устройств, включая «невидимые мантии», сверхчувствительные биосенсоры и компактные спектроскопические системы.

В биомедицинской инженерии НИЛ используется для производства поверхностей, способствующих избирательному прикреплению клеток или белков. Такие поверхности находят применение в диагностике, разработке имплантатов, а также в системах адресной доставки лекарств. Эксперименты показали, что нанорельеф поверхности может оказывать влияние на поведение клеток, стимулируя их рост или, наоборот, препятствуя прикреплению нежелательных видов микроорганизмов.

### Литература:

1. Нанопечатная литография. — Текст: электронный // Wikipedia: [сайт]. — URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Нанопечатная\\_литография](https://ru.wikipedia.org/wiki/Нанопечатная_литография) (дата обращения: 20.06.2025).
2. Наноимпринтная литография: материалы и технологии. — Текст: электронный // Остек-Групп: [сайт]. — URL: <https://ostec-group.ru/.../nanoimprintnaya-litografiya-materialy-i-tehnologii> (дата обращения: 20.06.2025).
3. Наноимпринтная литография: материалы и технологии. — Текст: электронный // Electronics.ru: [сайт]. — URL: [https://www.electronics.ru/journal/article/6063?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.electronics.ru/journal/article/6063?utm_source=chatgpt.com) (дата обращения: 20.06.2025)

### Интеграция с другими технологиями

Современные тенденции в микро- и нанофабрикации всё чаще предполагают гибридные подходы, объединяющие различные методы. В этом контексте НИЛ может быть интегрирована с методами самосборки, фотолитографии, лазерной обработки и аддитивного производства. Такая синергия позволяет использовать сильные стороны каждого подхода и компенсировать их ограничения. Например, самосборка может использоваться для подготовки шаблонов, которые затем тиражируются с высокой точностью с помощью НИЛ.

Также исследуется возможность использования многоразовых гибких штампов, которые позволяют обрабатывать неровные или изогнутые поверхности. Это открывает путь к применению НИЛ в гибкой электронике, органических светодиодах (OLED) и носимых сенсорах.

### Экономические аспекты

Важным аргументом в пользу внедрения НИЛ в промышленное производство остаются её экономические преимущества. Стоимость оборудования для НИЛ значительно ниже, чем у фотолитографических установок с глубоким ультрафиолетом (DUV) или экстремальным ультрафиолетом (EUV). Это делает технологию особенно привлекательной для стартапов и малых предприятий, работающих в сфере нанотехнологий.

Кроме того, технология НИЛ легко масштабируется за счет параллельной обработки больших площадей. Использование рулонной (roll-to-roll) технологии позволяет выпускать наноструктурированные материалы в непрерывном режиме, что особенно ценно для упаковки, солнечных элементов и дисплейных технологий.

### Заключение

Наноимпринтная литография представляет собой перспективную и экономичную альтернативу традиционным методам нанофабрикации. Благодаря высокой точности, простоте процесса и низкой стоимости, она имеет потенциал стать основным инструментом в производстве наноустройств. Однако для этого необходимо преодолеть существующие технические ограничения и развивать инфраструктуру, поддерживающую массовое применение НИЛ.



4. Каковы новые тенденции и будущие перспективы наноимпринтной литографии. — Текст: электронный // Moluch.ru.: [сайт]. — URL: <https://ru.science44.com/question/...future-prospects-of-nanoimprint-lithography> (дата обращения: 20.06.2025).
5. УФ-наноимпринтная литография. — Текст: электронный // Наноиндустрия: [сайт]. — URL: [https://www.nanoindustry.su/files/article\\_pdf/1/article\\_1766\\_558.pdf](https://www.nanoindustry.su/files/article_pdf/1/article_1766_558.pdf) (дата обращения: 20.06.2025).
6. Денисюк, И. Ю. Применение наноимпринт-литографии для получения нано- и микроэлементов фотоники / И. Ю. Денисюк. — Текст: электронный // Наноиндустрия: [сайт]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-nanoimprint-litografii-dlya-polucheniya-nano-i-mikroelementov-fotoniki> (дата обращения: 20.06.2025).

## Функциональное моделирование процесса «Выполнить калибровку средств измерений в лаборатории»

Яубасаров Фидан Галимович, студент магистратуры  
Оренбургский государственный педагогический университет

*В данной статье рассматривается применение функционального моделирования для оптимизации процесса калибровки средств измерений в лабораторных условиях. Представлена модель процесса, позволяющая выявить узкие места, повысить эффективность выполнения операций и улучшить качество калибровки. Анализ модели позволяет определить возможности для автоматизации и внедрения новых технологий, что в конечном итоге ведет к снижению затрат и повышению конкурентоспособности лаборатории.*

**Ключевые слова:** функциональное моделирование, калибровка, средства измерения, процесс, метрологические услуги.

В современных условиях развития метрологических услуг особую актуальность приобретает вопрос оптимизации процессов калибровки средств измерений (СИ). Постоянное совершенствование технологий и повышение требований к точности измерений требует от лабораторий внедрения новых методов управления процессами. Одним из эффективных инструментов оптимизации является функциональное моделирование, позволяющее детально проанализировать и усовершенствовать существующие процессы [1].

Функциональное моделирование представляет собой метод структурированного описания процессов, основанный на декомпозиции функций и их взаимосвязей. В контексте метрологических услуг данный метод позволяет:

- выявить и проанализировать все этапы процесса калибровки СИ;
- определить критические точки и узкие места;
- выявить возможности для автоматизации;
- прогнозировать результаты оптимизации.

На рисунке 1 представлена контекстная диаграмма процесса «Выполнить калибровку средств измерений в лаборатории» с использованием методологии функционального моделирования IDEF0. На диаграмме указаны «входы», «ресурсы», «управляющие воздействия» и «выходы» исследуемого процесса [2].

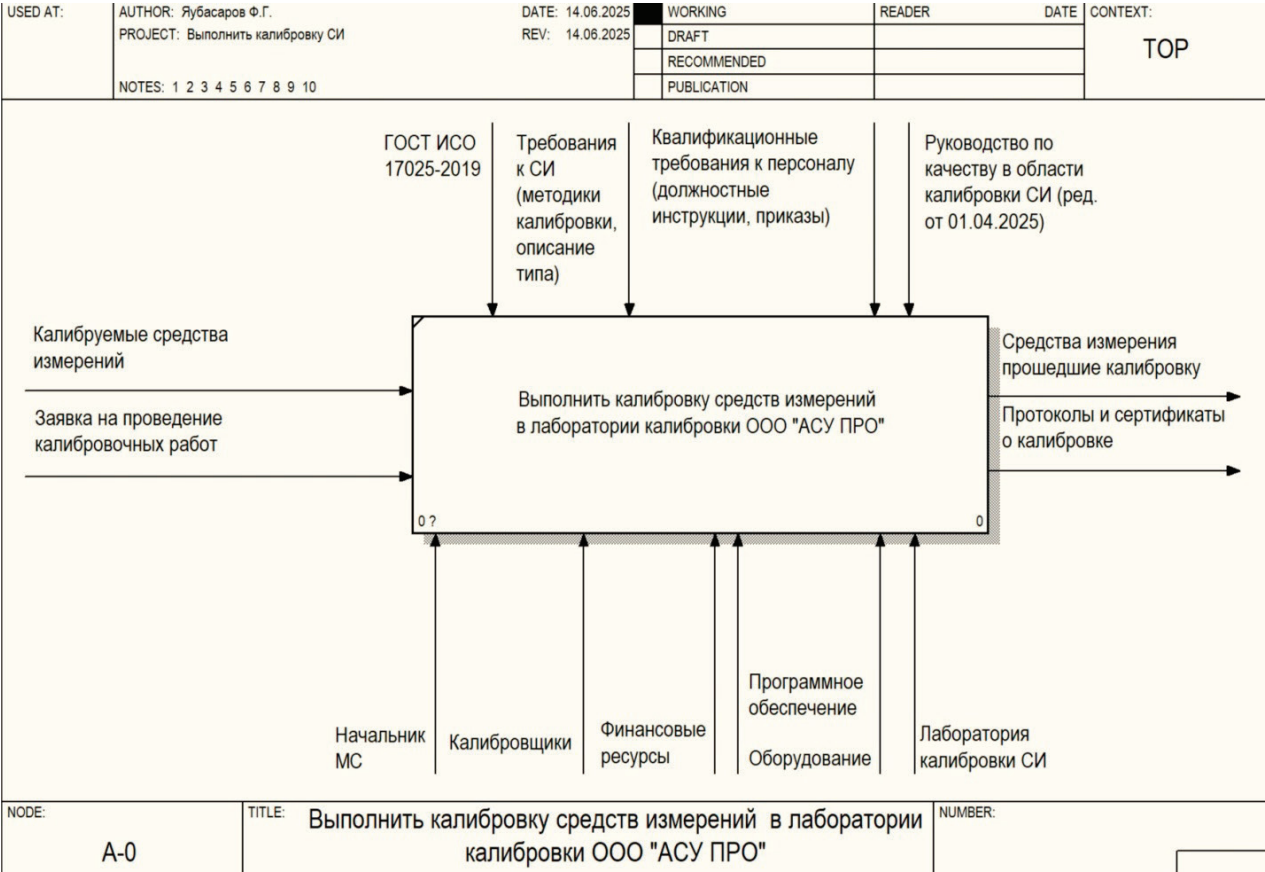
Из рисунка 1 видно, что:

- «входами» процесса являются «калибруемые средства измерений» — устройства, точность которых должна быть периодически проверена и, при необходимости,

скорректирована для обеспечения достоверности результатов измерений, а также «заявка на проведение калибровочных работ», что является официальным документированным запросом на выполнение калибровочных работ;

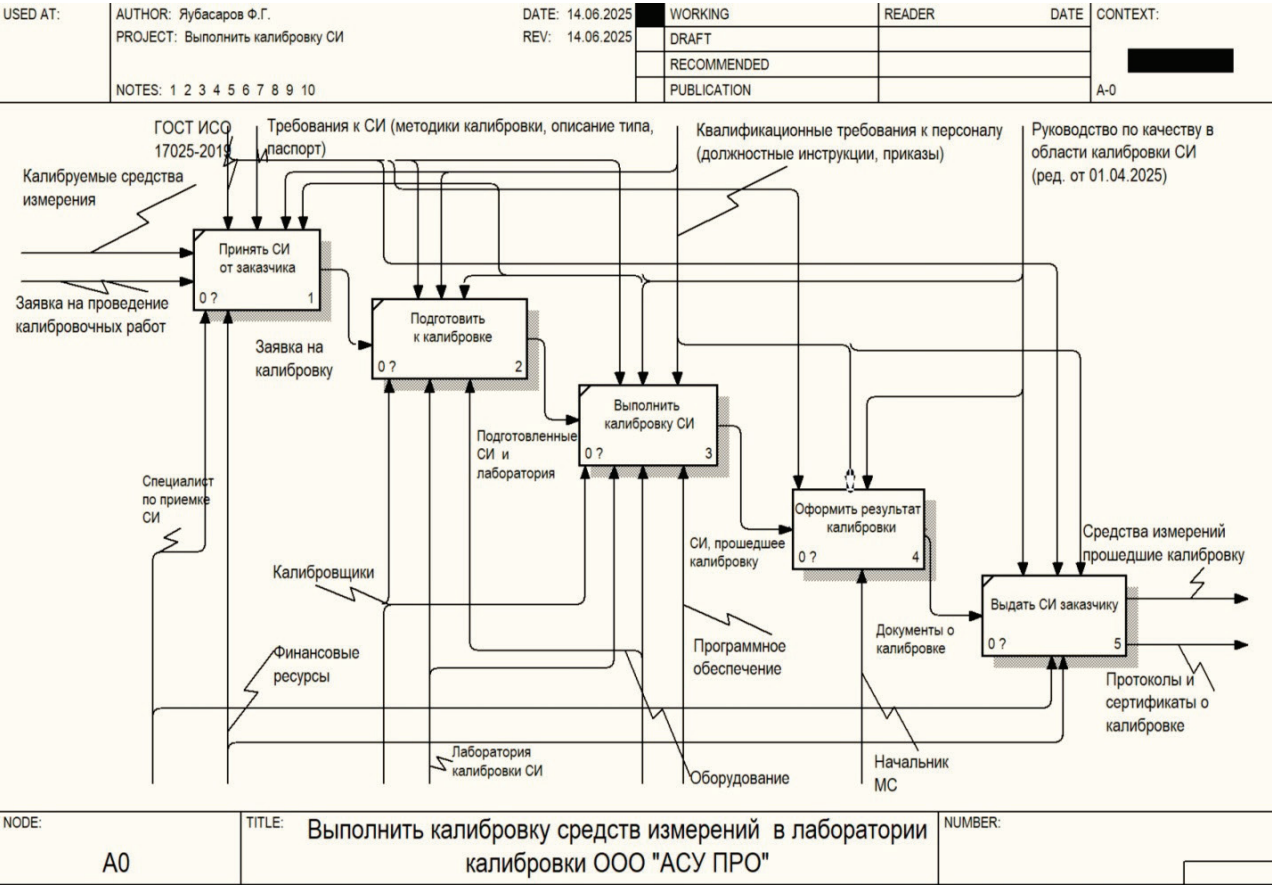
— к основным «управляющим воздействиям» процесса относятся: «ГОСТ ИСО ГОСТ ISO/IEC 17025–2019» описывающий общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий [3], «требования к СИ», которые указываются в паспортах на СИ, их описания типа и методики калибровки. Также это внутренние документы калибровочной лаборатории такие как «Квалификационные требования к персоналу», описывающие в должностных инструкциях для калибровщиков, специалистов приемки и начальника метрологической службы (МС), а также «Руководство по качеству в области калибровки СИ»;

— «ресурсы» процесса: «Начальник МС», который отвечает за принятие ключевых решений и обеспечение соответствия стратегическим целям; «Лаборатории калибровки СИ» — помещения для проведения калибровочных работ, исследований и измерений; «Калибровщики» — это специалисты, обладающие необходимой квалификацией и компетенцией для выполнения работ по калибровке СИ. «Финансовые ресурсы» обеспечивают возможность лаборатории калибровки предоставлять качественные и надежные услуги калибровки, соответствующие международным стандартам и требованиям заказчиков, «Программное обеспечение» необходимо для решения широкого круга задач, связанных с управлением, выполнением и документированием процесса калибровки;



NODE: A-0	TITLE: Выполнить калибровку средств измерений в лаборатории калибровки ООО "АСУ ПРО"	NUMBER:
-----------	--	---------

Рис. 1. Контекстная диаграмма процесса «Выполнить калибровку средств измерений в лаборатории» в нотации IDEF0



NODE: A0	TITLE: Выполнить калибровку средств измерений в лаборатории калибровки ООО "АСУ ПРО"	NUMBER:
----------	--	---------

Рис. 2 Декомпозиция процесса «Выполнить калибровку средств измерений в лаборатории» в нотации IDEF0

— «выходами» процесса являются «средства измерений, прошедшие калибровку», а также сопроводительные документы «протоколы и сертификат о калибровке».

На рисунке 2 представлена декомпозиция процесса «Выполнить калибровку средств измерений в лаборатории», включающая следующие подпроцессы: «Принять СИ от заказчика»; «Подготовить к калибровке»; «Выполнить калибровку СИ»; «Оформить результат калибровки», а также «Выдать СИ заказчику». Выполнение первого этапа позволит получить заявку на проведение калибровочных работ от заказчика. Результатом второго этапа будет подготовленное (выдержанное в нормальных условиях) СИ и подходящие условия калибровки в лаборатории согласно методике калибровки на каждое СИ. Подготовив лабораторию и СИ, выполняют калибровку СИ. На заключительном этапе калибровщик подготавли-

вает протокол и сертификат калибровки, который утверждает начальник МС. В результате проведения калибровочных работ СИ отдают заказчику с сопроводительными документами.

Для оптимизации процесса калибровки необходимо выявить узкие места, такие как длительное время ожидания поверки эталонов или задержка при подготовке СИ. Повысить эффективность можно за счет оптимизации маршрутов движения СИ в лаборатории, внедрения электронного документооборота и стандартизации процедур калибровки. Анализ операций позволит определить возможности для автоматизации рутинных задач, таких как сбор данных и расчеты, а также для внедрения современных технологий, например, цифровых двойников СИ, что в итоге существенно улучшит качество калибровки и сократит время выполнения.

#### Литература:

1. Новицкий, П. В. Оценка погрешностей результатов измерений / П. В. Новицкий, И. А. Зограф. — Л.: Энергоатомиздат, 1991. — 304 с.
2. Черемных, С. В. Моделирование и анализ систем. IDEF-технологии: практикум / С. В. Черемных, И. О. Семенов // Прикладные информационные технологии. — Москва: Финансы и статистика, 2006. — 192 с.
3. ГОСТ ISO/IEC 17025–2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. — Введ. 2019–09–01. — Москва: Стандартинформ, 2019. — 26 с.

# АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

## Методология реализации девелоперских проектов в малых городах России

Афанасьева Дарья Игоревна, студент магистратуры

Научный руководитель: Власова Мария Федоровна, кандидат экономических наук, доцент  
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

*В статье рассмотрены особенности реализации девелоперских проектов в малых городах Российской Федерации на примере строительства бизнес-центра в городе Урай. Раскрываются принципы комплексного подхода к организации и управлению девелоперскими инициативами в условиях ограниченного спроса, слабой диверсификации экономики и специфики регионального рынка недвижимости. Представлена обоснованная методология, включающая маркетинговое исследование, выбор оптимальной концепции и этапов проектной реализации. Полученные результаты могут быть использованы для повышения эффективности управления девелоперскими проектами в иных малых городах страны.*

**Ключевые слова:** развитие, малые города, бизнес-центр, инвестиции, коммерческая недвижимость, маркетинговое исследование, региональная экономика, офисная недвижимость.

## Methodology of implementation of development projects in small towns of Russia

Afanasieva Darya Igorevna, student master's degree

Scientific advisor: Vlasova Maria Fedorovna, candidate of economic sciences, associate professor  
Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg)

*The article discusses the specifics of the implementation of development projects in small towns of the Russian Federation on the example of the construction of a business center in the city of Urai. The principles of an integrated approach to the organization and management of development initiatives in conditions of limited demand, weak economic diversification and the specifics of the regional real estate market are revealed. A well-founded methodology is presented, including marketing research, selection of the optimal concept and stages of project implementation. The results obtained can be used to improve the management efficiency of development projects in other small towns of the country.*

**Keywords:** development, small towns, business center, investment, commercial real estate, marketing research, regional economy, office real estate.

Девелоперская деятельность представляет собой интеграцию проектирования, инвестирования, строительства и последующей эксплуатации объектов недвижимости. В условиях малых городов России эффективность девелоперских проектов требует учёта локальных факторов: низкой плотности населения, миграционных процессов, моноотраслевой экономики и дефицита качественных коммерческих помещений.

Цель работы заключается в разработке и обоснование методологии реализации девелоперского проекта в малом городе на примере строительства бизнес-центра в Урае.

Гипотеза: предполагается, что применение комплексной методологии, адаптированной к условиям малых городов, позволяет повысить инвестиционную привлекательность и успешность реализации девелоперского проекта.

### Задачи:

- Определить ключевые этапы и инструменты реализации девелоперского проекта;
- Провести маркетинговое и инвестиционное исследование условий города Урай;
- Оценить влияние проекта на социально-экономическое развитие территории.

Методы исследования: исследование основано на системном подходе и включает: анализ статистических данных, оценку макро- и микроэкономических условий, методы инвестиционного и маркетингового анализа.

Малый город — «автономный хозяйствующий территориальный субъект со сформированной инфраструктурой и специфическим социально-психологическим климатом, с численностью населения до 50 тыс. человек,



разделенной на социальные слои и группы согласно сформированной структуре производства» [4].

В научной статье М. В. Ольшанской представлено фундаментальное исследование, результатом которого стало формирование комплексного определения понятия девелопмент.

Девелопмент определяется как особая форма предпринимательской деятельности, которая охватывает полный спектр работ — от приобретения земельных участков до последующего управления объектами недвижимости. Ключевая цель данной деятельности заключается в создании новых объектов недвижимости или развитии существующих с целью повышения эффективности их использования [3].

Девелоперский проект представляет собой комплексную систему взаимосвязанных этапов, требующих профессионального подхода и тщательного планирования на каждом из них.

Процесс реализации начинается с прединвестиционного этапа, который включает всесторонний анализ рынка недвижимости, выбор оптимальной площадки для реализации проекта, разработку концептуальных решений и формирование финансовой модели. На этом этапе проводится оценка инвестиционных рисков и определяется экономическая целесообразность проекта.

Следующим важным этапом является проектная подготовка, в рамках которой осуществляется разработка необходимой технической документации, получение разрешительной документации и согласований от государственных органов, а также создание детального проекта будущего объекта. Особое внимание уделяется соответствию проекта градостроительным нормам и экологическим стандартам.

Строительный этап характеризуется непосредственной реализацией проекта, включающей организацию строительных работ, контроль качества выполняемых работ и эффективное управление подрядными организациями. Важным аспектом является соблюдение установленных сроков и бюджета проекта.

Завершающим этапом выступает эксплуатационная фаза, которая охватывает ввод объекта в эксплуатацию, его последующее обслуживание и управление. На этом этапе особое значение приобретает обеспечение эффективной работы всех систем объекта и удовлетворение потребностей пользователей.

В процессе реализации девелоперского проекта применяются различные инструменты управления. Аналитические инструменты включают маркетинговые исследования рынка, финансовый анализ проекта, оценку рисков и сравнительный анализ с аналогичными объектами. Управленческие инструменты охватывают методы проектного управления, контроль сроков реализации, обеспечение качества работ и координацию деятельности всех участников проекта [1].

Финансовые инструменты представлены механизмами структурирования финансирования, управления денеж-

ными потоками, оптимизации налоговых платежей и проведения инвестиционного анализа. Успешная реализация девелоперского проекта требует системного подхода к управлению, оптимизации затрат на всех этапах, учета интересов всех участников проекта и обеспечения соответствия нормативным требованиям.

Эффективность реализации девелоперского проекта оценивается по ряду критериев, включая финансовую результативность, соблюдение временных параметров, качество выполненных работ, удовлетворенность участников проекта и конкурентоспособность объекта на рынке недвижимости. Постоянное совершенствование применяемых инструментов и методов управления позволяет достигать поставленных целей и обеспечивать успешную реализацию девелоперских проектов в современных условиях. Таким образом, комплексный подход по удержанию молодежи в малых северных городах РФ, который учитывает суровые климатические условия, анализ территории, направлен на создание благоприятных условий для жизни и работы в малых северных городах, что способствует снижению оттока молодежи и повышению привлекательности этих территорий [5].

Город Урай, население которого составляет около 41 тысячи человек, характеризуется определёнными демографическими вызовами, включая депопуляцию. Тем не менее, наблюдается положительная динамика экономических показателей: рост средней заработной платы на 4,91 % за 2024 год и снижение уровня безработицы на 9,09 %. Доминирующее положение в структуре валового продукта занимает нефтегазовый сектор (64,2 %), что формирует высокий платёжеспособный спрос на качественные офисные помещения [6].

Ханты-Мансийский автономный округ — Югра стабильно входит в пятёрку лидеров среди регионов России по инвестиционной привлекательности и уровню благосостояния населения. Урай в рейтинге качества материальной городской среды городов РФ, набрал 244 балла из 360 возможных, результаты представлены на рисунке 1. Несмотря на высокие показатели транспортной инфраструктуры, социально-досуговой сферы и качества организации общественных территорий, общественно-деловая инфраструктура города демонстрирует существенные недостатки, что выражается в низкой оценке (32 балла из 60,) и проявляется в недостаточном количестве коммерческих объектов, отсутствии современных деловых центров и коворкингов, ограниченном развитии торговых площадей и неэффективной организации прилегающих пространств [2]. В 2024 году зафиксирован рост объёма российских инвестиций в Урай на 13,64 %. Существенным фактором, определяющим актуальность проекта, является острый дефицит качественной коммерческой недвижимости: более 95 % существующих офисных помещений соответствуют классу «С» с низкими потребительскими характеристиками.

Анализ рынка офисной недвижимости выявил значительный дисбаланс между спросом и предложением.



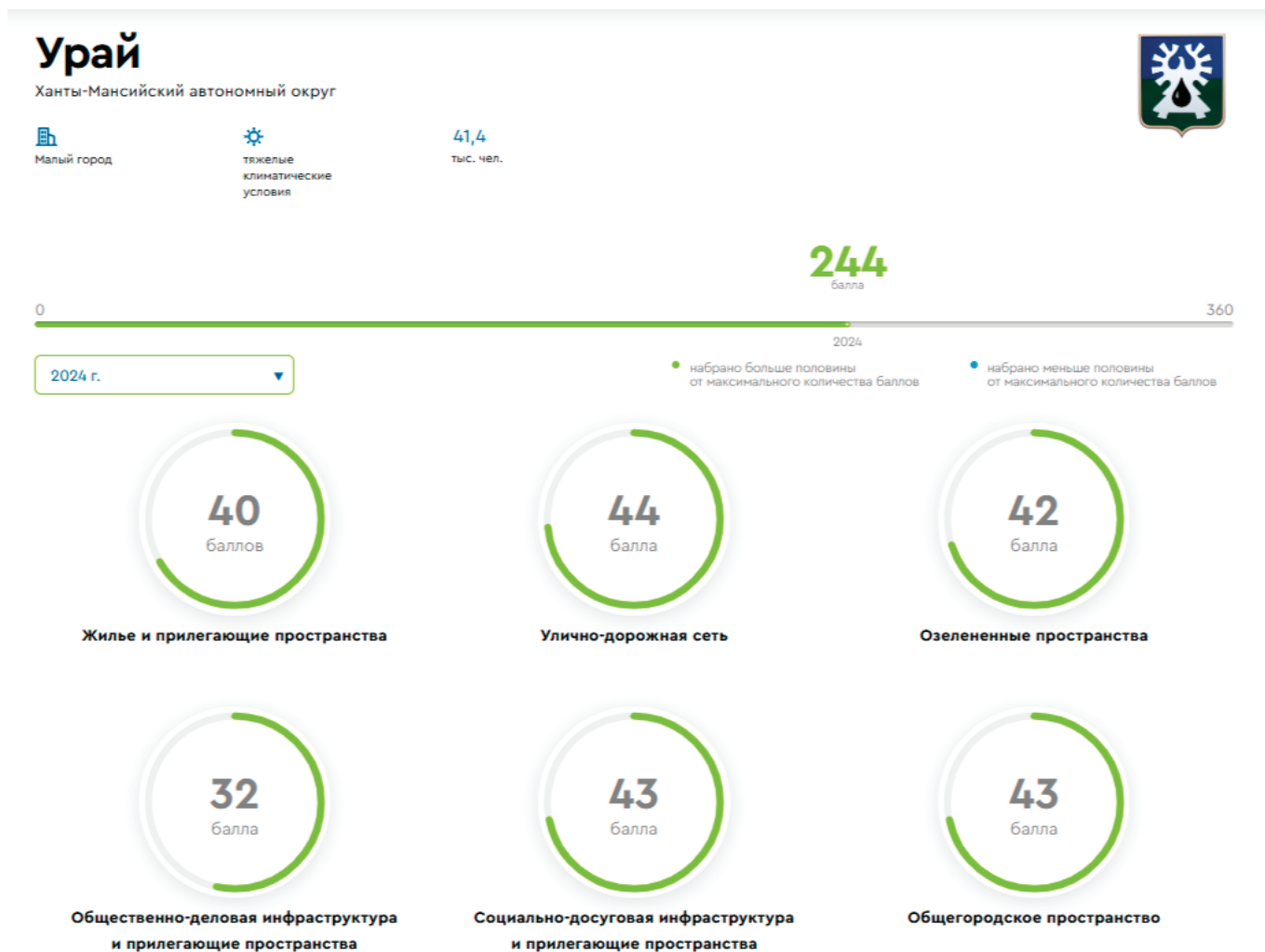


Рис. 1. Положение города Урай в рейтинге качества материальной городской среды городов РФ

На момент исследования в аренду предлагалось всего 6 объектов общей площадью 326 м<sup>2</sup>, а в продаже находилось лишь 3 предложения. Арендные ставки варьируются в диапазоне 300–400 рублей за квадратный метр в месяц. Прогнозируемый дефицит офисных площадей составляет 1500 м<sup>2</sup> при ежегодном росте спроса на 10 %.

Исходя из вышеперечисленной информации, для комплексного развития города Урай критически важно создать экосистему поддержки малого и среднего бизнеса, которая станет драйвером экономического роста и решения социальных проблем. Ключевым элементом такой стратегии должно стать строительство бизнес-центра коммерческой недвижимости, который объединит под одной крышей офисные помещения, торговые площади и коворкинги.

Проект предусматривает строительство четырёхэтажного бизнес-центра класса «В» на участке площадью 10 880 м<sup>2</sup> в центральной части города, местоположение объекта представлено на рисунке 2. Концепция включает свободную планировку помещений, современную систему паркинга, коворкинги и сопутствующую инфраструктуру. Расположение объекта обеспечивает высокую транспортную и пешеходную доступность благодаря близости к социальным объектам и торговому центру.

Реализация проекта предполагает формирование профессиональной команды управления с чёткой функциональной структурой. Срок реализации — 2 года. Прогнозируемый уровень заполняемости после завершения строительства составляет 90 %. Эксплуатационная фаза предусматривает организацию арендных отношений и комплексное управление объектом недвижимости.

Разработка и реализация девелоперских проектов в малых городах требует комплексного подхода, сочетающего анализ локального рынка, проектирование с учётом потребностей бизнеса и эффективное управление инвестициями. Опыт Урая демонстрирует, что даже в условиях ограниченного спроса можно реализовать экономически успешный проект при наличии дефицита предложения, устойчивого спроса на качественные офисные помещения и благоприятной институциональной среды.

Предложенная методология может быть применена в других малых городах, особенно с моноотраслевой структурой экономики и высоким уровнем социальной инфраструктуры. Использование принципов комплексного развития территорий позволяет вовлечь неосвоенные участки в хозяйственный оборот и повысить инвестиционную привлекательность региона.

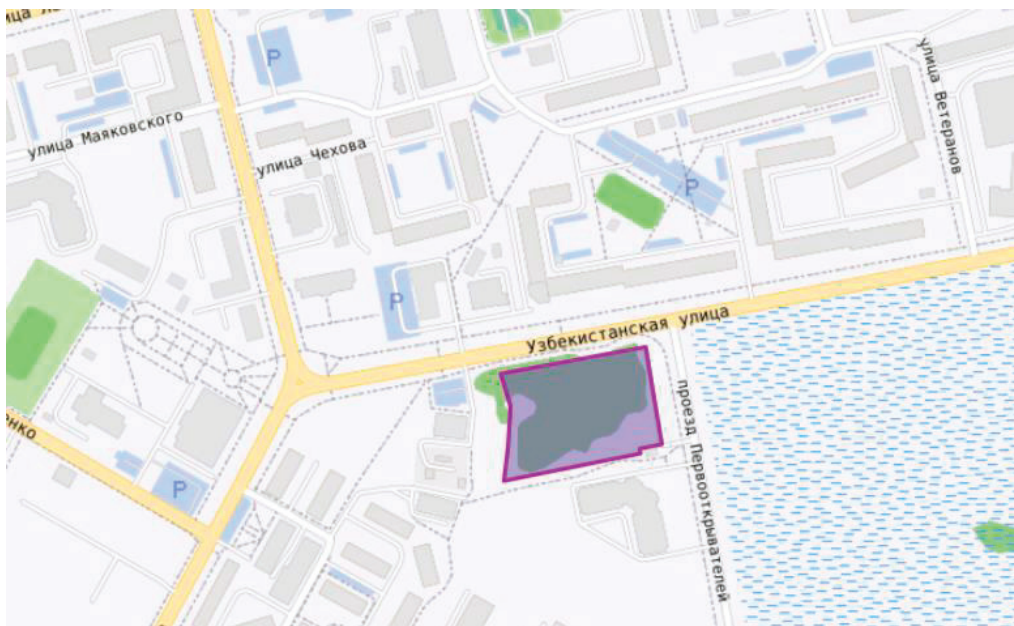


Рис. 2. Участок для строительства бизнес-центра в городе Урай

#### Литература:

1. Алексеев В. Ю., Дедушкина Н. В. Особенности девелопмента и девелоперских проектов на рынке недвижимости России // Вестник Чувашского университета. — 2012. — № 2. — С. 411–417.
2. Индекс качества городской среды — инструмент для оценки качества материальной городской среды и условий её формирования / [Электронный ресурс] // Индекс-городов: [сайт]. — URL: (дата обращения: 07.06.2025).
3. Ольшанская М. В. Девелопмент как особый вид деятельности // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. — 2024. — № 3. — URL: (дата обращения: 20.05.2025).
4. Рассеко Ю. Ю. Активизация роли малых городов в региональном развитии // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Д. Экономические и юридические науки. — 2012. — № 13. — С. 20–23.
5. Сорокина В. А. Градостроительная политика управления территориальным развитием на примере Малого Северного города // Социально-экономические проблемы и перспективы развития территорий. — 2016. — С. 67–70.
6. Официальный сайт города Урай [Электронный ресурс]. — URL: (дата обращения: 06.06.2025).

## Особенности проектирования и классификация каркасных зданий

Скотников Вадим Юрьевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Селезнева Жанна Владимировна, кандидат экономических наук, доцент  
Самарский государственный технический университет

*В статье рассмотрены особенности, преимущества и недостатки каркасных домов.*

**Ключевые слова:** *каркасный дом, технология строительства.*

## Features of design and classification of frame buildings

*The article describes the features, advantages and disadvantages of frame houses.*

**Keywords:** *frame house, construction technology.*

Данная статья о каркасных зданиях включает информацию о технологии строительства, преимуществах

и недостатках каркасных конструкций, а также о материалах и особенностях конструкций.



Рис. 1. Metalloкаркас быстровозводимого здания

### Технология строительства

Строительство каркасных домов включает несколько ключевых этапов, каждый из которых играет важную роль в создании прочной и долговечной конструкции.

Первым шагом является проектирование. На этом этапе разрабатывается архитектурный проект, который включает планировку, выбор материалов и определение всех необходимых инженерных систем.

Следующий этап — подготовка фундамента. Фундамент может быть ленточным, столбчатым или плитным, в зависимости от типа грунта и особенностей проекта. Важно, чтобы фундамент был прочным и устойчивым, так как он будет нести вес всего здания.

После того как фундамент готов, начинается установка каркаса. Каркас может быть выполнен из дерева или металлических профилей. Он представляет собой основную конструкцию дома и обеспечивает его жесткость и устойчивость.

Затем монтируются стеновые панели. Они могут быть сделаны из различных материалов, таких как OSB, фанера или гипсокартон. Эти панели обеспечивают тепло- и звукоизоляцию, а также служат основой для внутренней и внешней отделки.

На следующем этапе устанавливается крыша. Она может быть плоской или скатной, в зависимости от архитектурного решения. Важно обеспечить надежную защиту от осадков и хорошую вентиляцию чердачного пространства.

После завершения основных строительных работ проводится изоляция и отделка. Это включает в себя утепление стен и крыши, а также установку внешней облицовки, которая защищает дом от внешних воздействий и придает ему эстетичный вид.

Заключительный этап — внутренняя отделка и монтаж коммуникаций. На этом этапе устанавливаются электро-

проводка, водопровод, системы отопления и вентиляции, а также производится отделка стен, полов и потолков.

Таким образом, технология строительства каркасных домов включает в себя последовательное выполнение всех этих этапов, что позволяет создать комфортное и надежное жилье.

### Некоторые преимущества каркасных зданий

Каркасные здания обладают рядом значительных преимуществ, которые делают их популярными в современном строительстве. Во-первых, легкость конструкции позволяет значительно сократить затраты на фундамент и облегчить процесс транспортировки материалов. Во-вторых, благодаря использованию предварительно изготовленных элементов, такие здания можно возводить в короткие сроки, что особенно важно для коммерческих проектов.

Кроме того, каркасные здания отличаются высокой энергоэффективностью, что позволяет существенно снизить расходы на отопление и кондиционирование. Гибкость в планировке является еще одним важным аспектом: каркасные конструкции позволяют легко изменять внутреннее пространство по мере необходимости.

Также стоит отметить устойчивость к землетрясениям, что делает такие здания более безопасными в сейсмоопасных районах. Экономия на материалах достигается благодаря оптимизации использования ресурсов, а хорошая тепло- и звукоизоляция обеспечивает комфортное проживание или работу внутри здания. Таким образом, каркасные здания представляют собой эффективное и надежное решение для различных нужд.

- быстрый монтаж (средний срок — до одного месяца);
- относительно низкая стоимость;
- всесезонность строительства (можно строить до -15°C);
- отсутствие усадки;
- ветро-, сейсмо- и термостойкость.

### Некоторые недостатки каркасных зданий

Несмотря на множество преимуществ, каркасные здания имеют и свои недостатки. Во-первых, ограниченная прочность конструкции может стать проблемой при использовании некачественных материалов или в условиях сильных нагрузок. Это делает такие здания менее подходящими для высоких и многоэтажных строений.

Во-вторых, каркасные здания могут быть уязвимы к огню, особенно если используются древесные материалы без дополнительной огнезащиты. Это требует особого внимания при проектировании и строительстве.

Качество теплоизоляции также критично: если оно будет недостаточным, это может привести к высоким затратам на отопление и охлаждение. Кроме того, долговечность каркасных зданий во многом зависит от качества используемых материалов; низкокачественные компоненты могут привести к быстрому износу.

Архитектурные формы каркасных зданий могут быть ограничены, что может не удовлетворить запросы клиентов, стремящихся к уникальному дизайну. Наконец, существует риск появления трещин в стенах и перекрытиях, что требует регулярного контроля и обслуживания. В целом, эти недостатки следует учитывать при выборе типа строительства.

1. Ограниченная прочность.
2. Уязвимость к огню.
3. Необходимость в качественной теплоизоляции.
4. Зависимость от качества материалов.
5. Ограниченные архитектурные формы.
6. Возможные проблемы с долговечностью.
7. Риск появления трещин.

### Основные материалы для каркасного здания

Каркасные здания строятся из различных материалов, каждый из которых имеет свои уникальные свойства и преимущества. Основным материалом является дерево, которое часто используется для создания каркаса благодаря своей легкости, доступности и хорошим теплоизоля-

ционными характеристикам. Однако дерево требует обработки для защиты от влаги и насекомых.

Металлические профили, такие как стальные или алюминиевые конструкции, обеспечивают высокую прочность и долговечность. Они менее подвержены воздействию влаги и не требуют такой же защиты, как дерево, но могут быть более дорогими.

Железобетонные элементы также могут использоваться в каркасных зданиях, обеспечивая дополнительную прочность и устойчивость к нагрузкам. Композитные материалы, такие как стеклопластик, становятся все более популярными благодаря своей легкости и высокой прочности.

Для создания стен часто применяются плиты OSB или фанера, которые обеспечивают хорошую жесткость конструкции. Изоляционные материалы, такие как минеральная вата или пенополистирол, необходимы для обеспечения тепло- и звукоизоляции, что особенно важно для комфортного проживания.

Наконец, облицовочные материалы, такие как сайдинг, кирпич или штукатурка, используются для внешней отделки зданий, придавая им эстетический вид и защищая конструкцию от внешних воздействий. Выбор материалов зависит от требований проекта, бюджета и климатических условий.

– **Каркас.** Чаще всего используют пиломатериалы (брус или доску из сосны или ели), предварительно обработанные антисептиками и антипиренами. Реже применяют металлические каркасы из стального профиля.

– **Утеплитель.** Популярные варианты — минеральная вата, пенополистирол, эковата.

– **Обшивка.** Внешнюю обшивку обычно выполняют из OSB-плит, для внутренней обшивки чаще всего используют гипсокартон.

– **Гидро- и пароизоляция.** Для защиты каркаса и утеплителя от влаги используют специальные плёнки и мембраны.

– **Финишная отделка.** Снаружи каркасные дома отделывают сайдингом, фасадными панелями или декоративной штукатуркой, внутренние стены обычно обрабатывают штукатуркой или отделывают декоративными панелями.

### Литература:

1. Марченкова, С. В. Тенденции инновационного развития строительства многофункциональных жилых комплексов / С. В. Марченкова // Инновации и инвестиции. -2010.-№ 3.-с. 60–62.
2. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89\*. -М.: Минрегион России, 2010.
3. Строительство каркасного дома. Левадный В. С., Самойлов В. С., Изд. Аделант, 2009г.
4. Каркасный дом по канадской технологии. Дорошенко Д., Изд. Питер, 2011г. 5. Строительство каркасных домов. ООО «Светобор», г. Волгоград.



## ЭКОЛОГИЯ

### Сравнительный анализ эффективности биологических прудов на примере очистных сооружений городов Курска и Томска

Иванов Алексей Николаевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Терещенко Наталья Николаевна, доктор биологических наук, профессор  
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

*В статье автор анализирует работу биологических прудов как элемента системы очистки сточных вод. Приведены сравнительные данные эффективности очистки на примере очистных сооружений в городах Курска и Томска. На основании статистических данных проведён расчёт эффективности по ключевым загрязнителям, сделаны выводы о различиях в работе очистных систем.*

**Ключевые слова:** биологические пруды, сточные воды, микроорганизмы, водоросли, очистные сооружения, аэробные процессы, эффективность очистки, железо, нитраты, региональные особенности

Биологические пруды — это открытые резервуары, предназначенные для естественной биологической очистки сточных вод за счёт действия водорослей и микроорганизмов. Такие сооружения работают преимущественно по аэробному или факультативному принципу. Широкое применение они получили на малонагруженных очистных сооружениях в сельских и малых населённых пунктах, а также на предприятиях с неагрессивными сточными водами.

Процесс очистки в биопрудах включает комплексное взаимодействие между водорослями, бактериями и солнечным светом. Органические вещества разлагаются аэробными микроорганизмами, а выделяемый углекислый газ используется водорослями для фотосинтеза. При этом в воду поступает кислород, поддерживающий жизнедеятельность бактерий. Такой симбиоз обеспечивает устойчивую переработку загрязнений [1].

Внутри пруда происходит тесное взаимодействие бактерий и водорослей. Аэробные микроорганизмы разлагают органику и образуют минеральные соединения, которые затем потребляются водорослями. При этом во-

доросли, используя солнечный свет, выделяют кислород прямо в толщу воды.

Согласно исследованиям с ОС ООО «Сахар Золотухино», приведенных в научной статье по экологическим биотехнологиям, за авторством Д. И. Лукьянчикова [2, С. 55–57], составим таблицу 1.

Анализ исследуемых показателей на ОС г. Томска проводился на основе данных, представленных ООО «Экойл», в рамках программы мониторинга, контракт по экологическому сопровождению процессов биологической очистки сточных вод на территории очистных сооружениях. Рассчитаем процент изменения загрязнителей перед очисткой и после прудов, результаты представим в таблице 2.

Общие показатели изобразим в виде диаграммы (рис. 1). Чем выше процент, тем большее изменение имел показатель после прудов в сравнении с состоянием до очистки.

Различия на диаграммах обусловлены более тёплым климатом в Курске, отличиями в протекании технологических процессов, различиями в качестве систем аэрации. Повышенное содержание железа в Томске связано с при-

Таблица 1. Эффективность очистки сточных вод в биологических прудах очистных сооружений  
ООО «Сахар Золотухино» г. Курска на выбранные показатели

Показатель	Взв. в-ва	NH4	N02	N03	P	Нефтепродукты	Fe	Cu	БПК	S	Cl
Эффективность до — после прудов (%)	69,0	44,57	95,87	10,71	31,50	63,22	51,1	20,7	31,8	29,07	10,83



Таблица 2. Эффективность очистки сточных вод в биологических прудах очистных сооружений г. Томска на выбранные показатели

Показатель	Взвешенные вещества	Сухой остаток	ХПК	БПК	Аммоний-ион	Азот нитритный	Нитрат-ион
Эффективность до — после прудов (%)	91,59	34,22	87,86	87,9	58,56	79,89	-867,55

Показатель	Сульфат-ион	Хлорид-ион	Фосфат-ион	Железо	АПАВ	Нефтепродукты	Фенолы
Эффективность до — после прудов (%)	57,86	65,82	48,34	-30,31	84,66	31,07	82,77

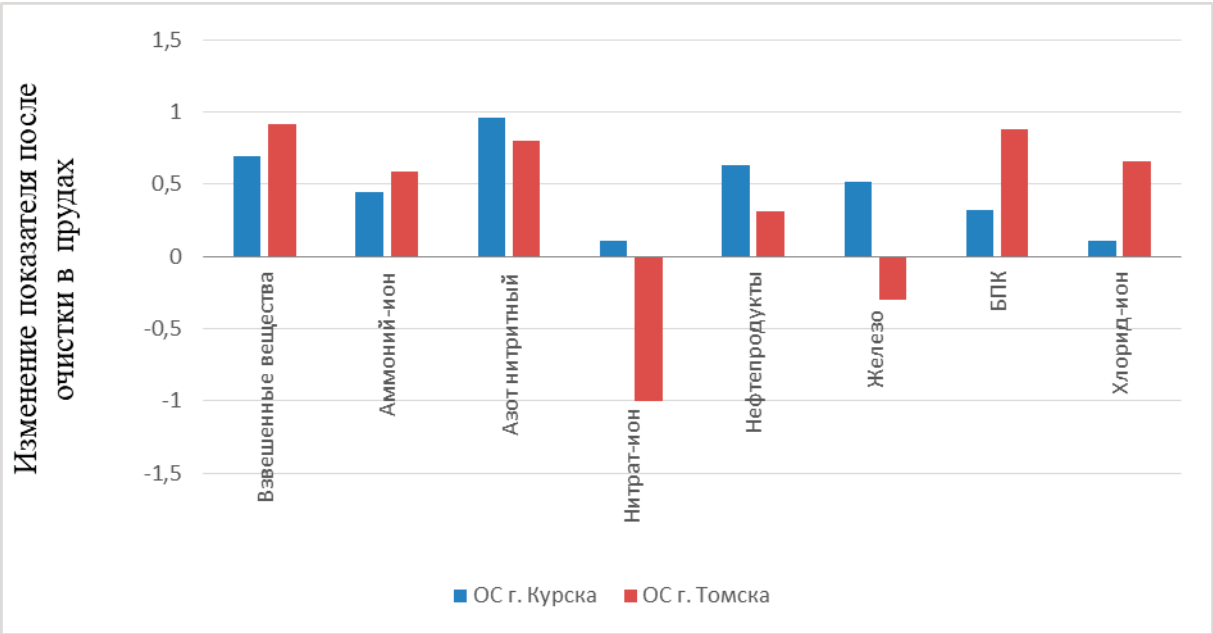


Рис. 1. Диаграмма изменения показателей в процентах на разных ОС

родными особенностями региона, где высока его концентрация в природных водах. В таких условиях железо удаляется преимущественно путём осаждения. Колебания содержания нитратов, вероятно, вызваны эпизодическими неконтролируемыми сбросами сточных, содержащих повышенные концентрации данного соединения.

Литература:

1. Альмунейфи А. А. Очистка сточных вод в биологических прудах в условиях Йемена // Техносфера. URL: <https://tekhnosfera.com/ochistka-stochnyh-vod-v-biologicheskikh-prudah-v-usloviyah-yemena> (дата обращения: 19.06.2025)

2. Лукьянчиков Д. И. Использование биологических прудов в процессе очистки промышленных вод от загрязнений и использование их илистых осадков в сельском хозяйстве // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2010. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-biologicheskikh-prudov-v-protssesse-ochistki-promyshlennyh-vod-ot-zagryazneniy-i-ispolzovanie-ih-ilstykh-osadkov-v-selskom> (дата обращения: 21.06.2025)



# Молодой ученый

## Международный научный журнал

### № 25 (576) / 2025

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

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

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

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

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

Номер подписан в печать 02.07.2025. Дата выхода в свет: 09.07.2025.

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

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

Фактический адрес редакции: 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

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

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.